CTIRAD SCHEJBAL

metodologie geologického průzkumu

Recenzenti: Prof. Ing. Miloslav Dopita, DrSc.
Prof. Ing. Tibor Sasvari, PhD

© *Ctirad Schejbal 2003*

Metodologie geologického průzkumu
Autor : Ctirad Schejbal
ISBN 80 – 88922 – 73 – 9

„Pro praktický život jest znalost vrstev skalních veledůležitost, neboť poukazuje horníka na místa, kde by své štěstí zkusiti mohl nejen na pouhé „Zdař Bůh", nýbrž na základě rozumného pozorování hornin a skamenělin v nich obsažených. Rolník těmito vědomostmi obohacený lépe naučí se vyhověti poli, an si povšimne i skály, na jakéž pole jeho leží, a mnohý průmyslník nemusil by často v dáli hledati, co mu na blízku leží, kdyby o skalách a horách svého okolí se byl poučil."

(Antonín Frič, 1869)

Tato kniha je určena jak vysokoškolským posluchačům geologických a hornických oborů, tak odborným a řídícím pracovníkům všech organizací, které se zabývají geologickým průzkumem a využíváním přírodních zdrojů. Jejím cílem je seznámit čtenáře s komplexní metodikou geologických prací.

Prvá část je zaměřena na obecné metodologické problémy a teoretické otázky vyhledávání a průzkumu. Druhá část podává přehled teoretických základů a praktických postupů jak tradičních, tak moderních metodik a technických postupů. Velká pozornost je věnována optimalizaci složitých, časově, technicky a ekonomicky náročných průzkumných programů a právním a environmentálním otázkám spojených s jejich prováděním.

Vydání této knihy s velkým porozuměním a vstřícností podpořily následující organizace, za což bych chtěl jejím představitelům touto cestou upřímně poděkovat.

Děkuji také váženému příteli Prof. Ing. Eduardu Štroffekovi, CSc., za pomoc při zajištění vydání knihy.

V neposlední řadě děkuji své manželce Janě za trpělivost a kritické poznámky při pročítání rukopisu knihy.

1. ÚVOD.

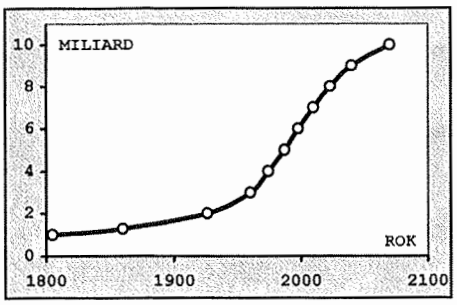
V posledních desetiletích probíhá v odborné i laické veřejnosti rozsáhlá diskuse zaměřená na koexistenci lidské společnosti s přírodními systémy. Nejde o myšlenku novou. Už raně křesťanský filozof Tertullianus napsal před více než 1800 roky: *„Zatěžujeme svět, jeho zdroje nás sotva stačí uživit. Naše potřeby rostou rychleji a stejně tak rostou i naše nářky, že nás příroda neuživí."* Obecně známá, ale vlivem marxistické interpretace silně ideologizovaná Malthusova populační teorie z konce 17. století upozornila na rozpor mezi růstem lidstva a jeho existenčními prostředky. Brownova skupina z Worldwatch Institute ve Washingtonu označila v devadesátých letech minulého století růst lidstva spojený s růstem jeho potřeb za hlavní hrozbu naší budoucnosti. Proto moderní ekonomie mluví o optimální populaci, při které je úroveň důchodu na osobu největší.

Člověk ke své existenci nutně potřebuje vedle vzduchu potraviny, vodu, obydlí, oblečení a - nerostné suroviny, bez kterých by nebyl sto si zajistit zmíněné nezbytnosti. Lidé mají v zásadě pouze dvě základní cesty získávání nezbytných surovin pro svou existenci. Prvou z nich představuje získávání obnovitelných surovin zemědělskou činností a lovem, druhou získávání neobnovitelných surovin hornictvím. Využití surovin je pak odvislé od aplikovaných technologií a jejich rozvoje. Nezanedbatelnou úlohu hraje v tomto směru i životní styl lidské společnosti. V současné době lze např. považovat za jeho symboly mobilní telefon, počítač, televizor, osobní automobil a rodinný dům. Každá z uvedených věcí je vyrobena z velkého počtu nerostných surovin. Mobilní telefon obsahuje více než 40 chemických prvků, počítač a televizor okolo 35 prvků. Osobní automobil představuje 1000 až 1500 kg kovů (železa, hliníku, mědi, olova, zinku, platiny, chrómu, křemíku atd.) a plastických hmot vyrobených z rud, uhlí a ropy. Rodinný dům je skladiště nerostných surovin, od jílů, vápenců a kameniva ve stavbě přes kaolin a žárovzdorné jíly v obkladech a vybavení koupelen či asfaltu v izolacích až k velké řadě kovů (železo ve stavební konstrukci, měď a hliník v elektrických součástech atd.).

Zásadní otázkou se tedy jeví problém ***základní strategie rozvoje lidské společnosti.*** Jejími determinanty jsou z našeho hlediska následující skutečnosti:

⇒ explozivní a nerovnoměrný růst lidstva;
⇒ plná závislost lidstva na nerostných surovinách a vodních zdrojích;
⇒ krajně nerovnoměrné prostorové rozmístění surovinových zdrojů, které vede k závislosti zemí na surovinovém obchodu;
⇒ určující význam energetických zdrojů;
⇒ neustále se urychlující technologický vývoj, který bezprostředně souvisí s péčí o životní prostředí;
⇒ podstatné změny spektra potřebných surovinových zdrojů v důsledku rozvoje technologií;
⇒ významný růst recyklace a bezodpadových technologií;

Lidská společnost prochází turbulentním demografickým vývojem, který se projeví nárůstem populace ze současných cca 6 miliard na více než 8 miliard v roce 2025. Podíl vyspělých zemí poklesne z 20.4 % v roce 1995 na 14.9 % v roce 2025; v případě rozvojových zemí tedy v daném období vzroste ze 79.6 % na 85.1 % (obr.1.1). Přitom existuje obrovská nerovnováha ve stupni dosaženého ekonomického rozvoje ve vyspělých a rozvojových zemích. Např. v roce 1993 se o celosvětový průměrný HDP 4010 USD v podstatě zasloužilo 15.4 % obyvatelstva, přičemž více než 58 % patřilo do skupiny s nízkým příjmem, která podle

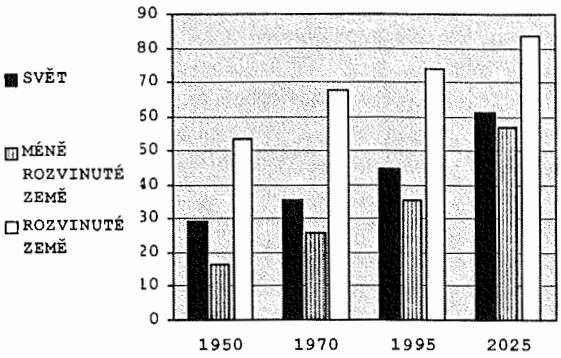


současných populačních trendů velmi významně poroste. Nebudou-li se tyto trendy příliš měnit, pak lze předpokládat, že do roku 2025 vzroste počet obyvatel oproti roku 2000:

- v zemích s nízkými příjmy o 40.6 %,
- v zemích se středními příjmy o 37.1 %,
- v zemích s vysokými příjmy o 6.7 %.
-

Obr.1.1 Růst lidské populace (Guinessova encyklopedie, 1990)

Charakteristickým rysem rozvoje lidské populace v posledních desetiletích je prudký nárůst počtu lidí žijících ve městech. Jestliže v roce 1900 činil jejich podíl 14 %, pak v roce 1990 dosáhl celosvětově 43 %, přičemž tento podíl je větší v rozvojových zemích (obr.1.2, tab.1.1). Hlavně velko- a megaměsta nejsou z hlediska podpůrných systémů soběstačná (potraviny, teplo, elektřina a voda). Obrovské problémy způsobuje vysoká produkce tuhých a tekutých odpadů (města jich produkují 80 %). To vše vyžaduje budování rozsáhlých distribučních sítí a výrobních a likvidačních zařízení.



Obr.1.2 Vývoj podílu městské populace

Klasickým příkladem je Las Vegas ležící v polopouštní oblasti, které by bez vody a elektrické energie zabezpečované Hooverovou přehradou na řece Colorado nemohlo existovat. Problémem je značně znečištěné ovzduší velkých měst v důsledku automobilové dopravy.

Tab.1.1 Příklady růstu megaměst

město	stát	1950	1960	1975	1990	1995	2015
Mexico City	Mexiko	3.1	4.9	11.2	15.3	16.6	26.0
Sao Paulo	Brazílie	2.3		10.0	14.8	16.5	21.0
Bogota	Bolívie		1.7	3.0	5.2	6.1	8.4
Velká Káhira	Egypt		3.7	6.0	7.7	9.7	14.4
- aglomerace					18.0		24.5
Lagos	Nigérie		0.8	3.3	7.5	10.3	24.5
Kinshasa	DR Kongo			1.7		4.2	9.4
Shanghai	Čína	5.3	8.6	11.4	12.6	13.6	23.4
Velká Bombay	Indie	2.8	4.1	6.8	12.2	15.1	26.2
Dilí			2.3	4.4	9.1	10.0	16.9
Karáčí	Pakistán		1.8	4.0		10.5	20.5
Dhaka	Bangladéš			1.9	6.7	8.6	19.5
Soul	Jižní Korea		2.4	6.8		11.6	13.0
Jakarta	Indonézie		2.7	4.8		8.6	13.9
Manila	Filipíny		2.2	5.0		9.3	14.7

Spotřeba nerostných surovin je obecně přímo úměrná životní úrovni, tzn. ekonomické vyspělosti státu. S rozvojem industriální společnosti vzniklý rozsáhlý průmyslový komplex,

který byl a je nezbytný pro zajištění potřeb lidské populace, vyžaduje surovinové a energetické zajištění. Požadavky na nerostné suroviny až do nedávné doby výrazně stoupaly, spotřeba energie stoupá stále. Podle známých údajů každý obyvatel vyspělých zemí spotřebuje za rok 15 až 20 tun nerostných surovin při celosvětovém průměru cca 3 tuny (tab.1.2).

stát	rok	roční (t)			celoživotní (t)		
		celkem	z toho		celkem	z toho	
			stavební	energet.		stavební	energet.
Německo.	1987	16.86	8.53	6.55	1180	597	459
Česká rep.	1993	16.71	6.35	9.77	1220	463	713
USA	1987	17.82	9.05	7.65	1336	679	574
	1998	19.50			1482		

Tab.1.2. Spotřeba nerostných surovin na osobu

Pro jakékoliv formy života je naprosto nezbytná voda. Z celkového množství vody v hydrosféře je cca 97 % soustředěno v oceánech a mořích a cca 2 % v ledovcích (tab.1.3).

Tab.1.3 Rozdělení vody v hydrosféře (Montgomery, 1995)

Typ akumulace		% celkových zdrojů	% sladké vody	% nezmrzlé sladké vody
oceány		97.54	-	-
ledovce		1.81	76.90	-
spodní voda		0.63	25.70	98.4
jezera a řeky	slané	0.007	-	-
	sladké	0.009	0.36	1.4
atmosféra		0.001	0.04	0.2

Pouze 2.5 % tvoří sladká voda, která je ale rozmístěna prostorově velmi nerovnoměrně. Roční světové obnovitelné zdroje činí 7 420 m^3 na osobu, s rozptylem od desítek po statisíce m^3 (tab.1.4).

Tab.1.4. Roční obnovitelné zdroje vody v m^3 na osobu (Conte et al., 1997)

země	m^3	země	m^3
Egypt	50	Brazílie	33 680
Saudská Arábie	140	Kanada	106 000
Sjedn.arab.emiráty	180	Gabun	132 580
Mauretánie	190	Guyana	298 270
Jordánsko	240	Surinam	456 620
USA	9 710	Island	653 850

Vodní zdroje nabývají na stále větším významu. Někdy se stávají předmětem mezistátních dohod (využívání energetického potenciálu řeky Paraná Brazílií a Paraguaí hydroelektrárnou Itaipu) nebo i sporů, jako v případě řeky Jordán v arabsko-izraelském konfliktu v roce 1967. Celá řada přímořských států si zajišťuje svou spotřebu odsolováním mořské vody. Intenzívní využívání zdrojů podzemních vod může ale mít i negativní dopady. Např. v Mexico City došlo k poklesu povrchu cca o 2 m, v San Joaquin Valley v Kalifornii více než o 9 m).

Snaha rozvojových zemí alespoň se přiblížit vyspělejším zemím vede k růstu surovinových a hlavně energetických potřeb. Jejich současná spotřeba je krajně nerovnoměrná. Např. v prvé polovině devadesátých let 24 % obyvatel průmyslově vyspělých

zemí využívala 72 % světových energetických zdrojů.

Právě zajištění lidské populace potřebnou energií je zcela jednoznačně nejvážnějším problémem v souvislosti s koncepcí udržitelného rozvoje. Problémy spojené se zajišťováním dostatku energie se dostaly do středu zájmu při vzniku energetické krize v sedmdesátých letech minulého století. Do té doby byl dostatek paliv a energie víceméně považován za samozřejmost. Podíl využití jednotlivých palivoenergetických zdrojů se mění s časem a je rozdílný v různých zemích v závislosti na struktuře jejich zdrojů (tab.1.5).

Tab.1.5 Vývoj struktury palivoenergetických zdrojů (v %)

rok	uhlí	ropa	plyn	rašelina	dřevo	vodní	jaderná	ostatní
1900	76.1	3.0	0.9	0.7	17.6	1.7	-	-
1913	78.0	4.0	1.4	0.4	13.3	2.9	-	-
1937	64.5	16.9	4.4	0.6	8.2	5.4	-	-
1950	54.2	23.8	9.0	0.6	5.9	6.5	-	-
1965	39.6	34.0	16.5	0.5	3.7	5.7	-	-
1980	31.5	43.1	17.1	0.3	2.5	5.3	0.2	-
1991	29.0	39.2	22.0	-	-	2.4	7.0	0.4
2000	28.7	38.6	22.1	-	-	2.7	6.9	0.9
2010	29.1	37.2	23.5	-	-	2.9	6.1	1.2
2020	24.0	28.0	21.0	-	-	7.0	6.0	14.0

Hlavními energetickými zdroji jsou v současnosti fosilní paliva. Vyjdeme-li ze současné úrovně těžeb a známých zdrojů, pak je průměrná životnost zdrojů uhlí cca 250 let, ropy cca 40 let a zemního plynu cca 70 let. V případě ropy a plynu je ovšem skutečností, že existují rozsáhlá teritoria v málo přístupných územích na pevninách a zejména v oblastech kontinentálních šelfů, která jsou velmi málo či zcela neprozkoumána. Rovněž známá ložisková pole nejsou často prozkoumána v plném rozsahu. Intenzívně se hledají možnosti využití dalších a to zejména obnovitelných energetických zdrojů, i když seriózní analýzy nejsou v tomto směru příliš optimistické. Dílčí význam se připisuje vodní a jaderné energetice a využití biomasy hlavně v kogeneraci. V případě větrné a vodní energie jsou limitující lokální a časové podmínky.

Faktorem, který zcela zásadním způsobem ovlivňuje spotřebu nerostných surovin, je technologický pokrok. Např. přechod k malopánevní metalurgii a výrobě speciálních slitin s vysokými užitnými vlastnostmi významně snižuje spotřebu kovů. Životnost uhelných zdrojů se prodlužuje zvyšováním účinnosti energetických zařízení ze současných 35 až 40 % na 45 až 50 % při současném snižování energetické náročnosti výrob, životnost zdrojů ropy a plynu kvalifikovanějším využitím uhlí (příklad JAR), resp. využíváním netradičních zdrojů (Kanada).

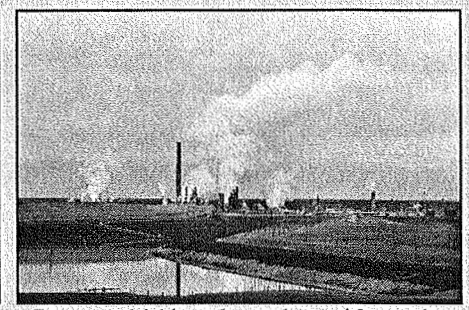
Je nutno zdůraznit, že nejde jen o množství surovin, ale také o jejich spektrum, které stále vzrůstá (obr.1.3). Klasickým příkladem mohou být např. zdroje niobu, tantalu či vzácných zemin, perlit, zeolity apod. Před několika málo desetiletími tyto suroviny byly známy jako zajímavé nerosty s velmi komplikovaným složením nebo vulkanické horniny. V současnosti jsou prvky vzácných zemin nezbytné pro pokročilé technologie. Perlit představuje stavební surovinu s vynikajícími izolačními vlastnostmi, zeolit agrotechnickou surovinu pro zlepšování půdní struktury a součást krmiv. Soubor základních surovin, u kterých jsou v současné době průběžně sledovány světové ceny, zahrnuje zhruba 150 položek, přičemž v tom nejsou zahrnuty ceny běžných stavebních surovin.

BITUMENOVÉ PÍSKY ALBERTY - UNIKÁTNÍ ZDROJ ROPY V KANADĚ.

Výskyty bitumenů v písčitých sedimentech v zářezech řeky Athabasca v oblasti města Fort McMurray v severní části provincie Alberta byly už dávno známy Indiánům (používali je ve směsi s pryskyřicí smrků a borovic při utěsňování kanoí a jejich medicinmani pro léčebné účely). Prvý Evropan, který viděl výskyty bitumenů v této oblasti, byl obchodník Peter Pond v roce 1778. Prvou vládou podporovanou geologickou studii zpracoval v roce 1875 John Macoun. V roce 1889 kronikář Lairdovy expedice poznamenal: „Že tento region obsahuje substanci velké ekonomické hodnoty, je beze všech pochyb. Věřím, že to bude jeden ze zázraků severní Kanady." Prvé průzkumné vrty byly realizovány počátkem 20. století severně od Fort McMurray. Pokusy o separaci bitumenu z písků horkou vodou byly prováděny od 20. let minulého století, dokonce v poloprovozním měřítku, resp. pro výrobu střešní krytiny, asfaltování cest apod. Výzkum extrakčních a zpracovatelských metod s podporou provincie Alberty vzrostl v padesátých letech. Od roku 1955 se postupně formovaly těžební a zpracovatelské organizace. V roce 1964 vznikl podnik Syncrude Canada Ltd. a o 3 roky později podnik Syncor, který ovšem navazoval na pionýrskou produkci podniku Great Canadian Oil Sands Ltd.

Roponosné písky se vyskytují ve čtyřech oblastech na ploše 78 865 km^2, srovnatelné s plochou České republiky. Nejvýznamnější je ložisková oblast Athabasca (plocha 42 350 km^2, mocnost 20-50 m, hloubka uložení 5-750 m, celkové zásoby 243 a těžitelné zásoby 43 miliard tun). Další oblasti jsou Cold Lake, Peace River a Wabasca. Zdrojem bitumenů byly křídové břidlice s vysokým obsahem organické hmoty v jižní části sedimentární pánve Alberty. V dalším vývoji vzniklé kapalné a plynné uhlovodíky migrovaly do terciérních písčitých sedimentů formace McMurray. Roponosné písky se skládají převážně z křemenného písku, jílových nerostů, bitumenu a vody. Obsah bitumenu kolísá od 0 do 18 % a v průměru činí 10.5 %. To znamená, že na výrobu 1 barelu ropy (159 litrů) je zapotřebí cca 2 tuny písků. Bitumen je tvořen 40-60 % ropy, 30-35 % pryskyřice, 10-20 % asfaltu a až 5 % příměsí (hlavně síry).

Nadloží a svrchní část vrstvy bitumenových písků. North mine, společnost Syncrude (foto C.Schejbal)

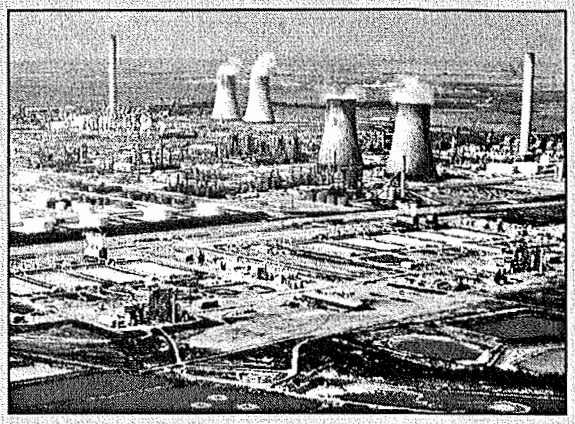


Zpracovatelský komplex společnosti Syncrude, v popředí rekultivovaný lom (foto C.Schejbal)

Průmysl využívání roponosných písků představuje významnou složku kanadské ekonomiky. Písky se těží povrchovými lomy. Vývoj technologických komplexů od systému [dragline/kolesové rypadlo + pásový dopravník] přes systém [čelní nakladač + dumper + pásový dopravník] k nejmodernějšímu systému [čelní nakladač + dumper + hydrotransport] vedl k významnému snížení výrobních nákladů při současném nárůstu těžby. Průměrné výrobní náklady klesly z 25.81 Cdol/barel v roce 1979 na cca 12 Cdol/barel na konci devadesátých let. Ve fázi pilotních zkoušek je těžba pomocí vrtů, ve stadiu projekce je hlubinná těžba.

Konverze bitumenu na lehkou syntetickou ropu se provádí hydrogenací a krakováním. Zušlechtěný produkt, který je zbaven síry, se skládá z těžkého benzinu, lehké a těžké nafty. Výtěžnost je 92 %.

ZUŠLECHŤOVÁNÍ UHLÍ – SASOL (JAR)



Část továrního komplexu firmy Sasol v Sasolburgu, JAR

V důsledku ropného embarga uvaleného OSN na JAR v souvislosti s apartheidem byla věnována velká pozornost výrobě kapalných paliv z uhlí, jehož zásoby jsou v této zemi obrovské. V padesátých letech 20. století vznikl z počátku státní a poté soukromý výzkumně-výrobní podnik SASOL (South African Coal, Oil and Gas Corporation), který rozvinul technologii zpracování. V r. 1955 byla uvedena do provozu továrna Sasol I v Sasolburgu, v r. 1976 Sasol II a v r. 1979 Sasol III v Secundě. Podnik zpracovává více než 40 Mt uhlí ročně na benzin, letecký benzin, naftu a zkapalněný plyn. V roce 1997 činila výroba uhlovodíků 6.7 Mt, tj. 44 % spotřeby JAR. Uhlí si pro tuto výrobu těží podnik svými povrchovými a hlubinnými doly Sigma Colliery v Sasolburgu (v r. 1997 5.5 Mt, zásoby na 20 let) a Secunda Collieries (v témže roce 39 Mt, zásoby na 40 let).

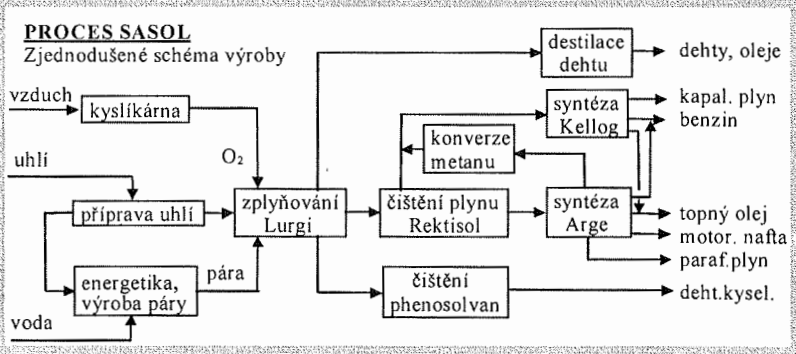
Konverze uhlí vychází ze syntézy podle postupu Fischera a Tropsche. Ze směsi oxidu uhelnatého a vodíku vznikají při středních tlacích za přítomnosti katalyzátoru Co uhlovodíky podle zjednodušených rovnic

při poměru $CO/H_2 = 0.5 \rightarrow n\,CO + 2n\,H_2 = (CH_2)_n + n\,H_2O$

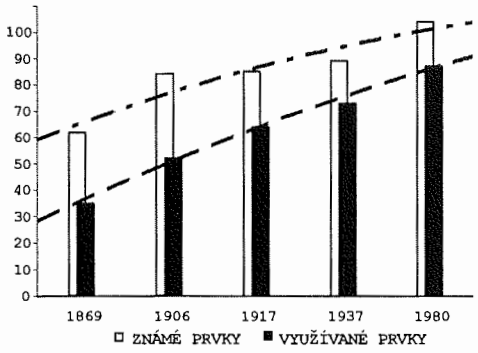
při poměru $CO/H_2 = 2 \rightarrow 2n\,CO + n\,H_2 = (CH_2)_n + n\,CO_2$

Podle podmínek reakce a druhu katalyzátoru vzniká řada produktů. Hlavním produktem je benzín, letecký benzín, nafta, propan-butan, topný olej, kapalný plyn, dále suroviny pro výrobu umělých hmot, léčiv, různých chemikálií, hnojiv, výbušnin atd.

Proces SASOL představuje kombinaci německého postupu s pevným ložem a amerického postupu s fluidním ložem. V prvé etapě probíhá zplyňování v Lurgiho generátoru. Výsledný generátorový plyn ($CO+H_2$ s podílem CO_2, N_2, H_2S, NH_4 a dehet) je ve druhé etapě podroben nízkotlaké a vysokotlaké konverzi. Výsledkem je produkce prvých dvaceti členů metanové řady, které jsou dále zpracovávány.



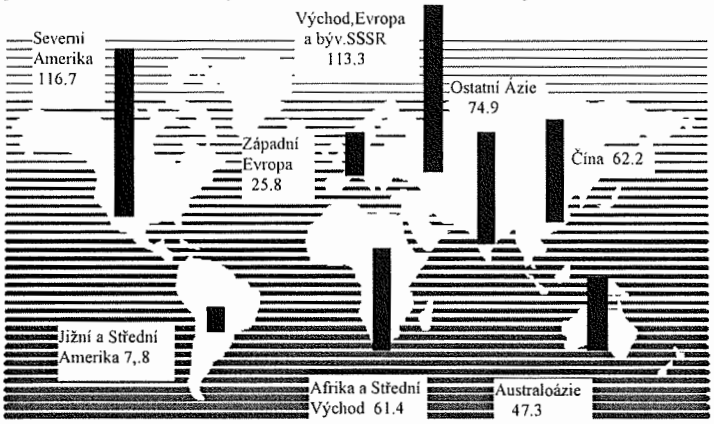
Nerostné surovinové zdroje jsou v důsledku vývoje Země rozmístěny krajně nerovnoměrně a navíc často v oblastech politicky a ekonomicky nejistých (obr.1.4 a 1.5).



Obr.1.3.

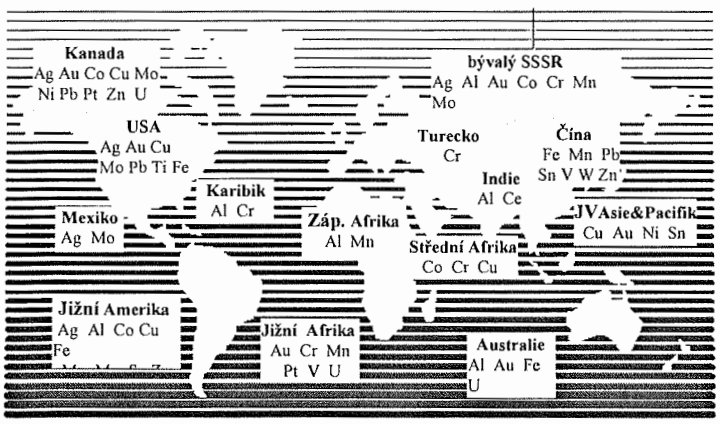
Vývoj počtu známých a využívaných prvků

Rozvoj prognostických technik a geotektonických a metalogenetických koncepcí umožnil vybudovat globální metodologii vyhledávání a hodnocení zdrojů a dosti spolehlivé prognózy jejich časové a prostorové distribuce jak v rámci základních geotektonických jednotek, tak v regionálním a lokálním měřítku. To umožňuje provádět dlouhodobé úvahy a predikce možností zajišťování surovinových zdrojů.



Obr.1.4

Ověřené celkové zásoby černého uhlí v r.1998 v mlrd. tun podle WCI (2000)

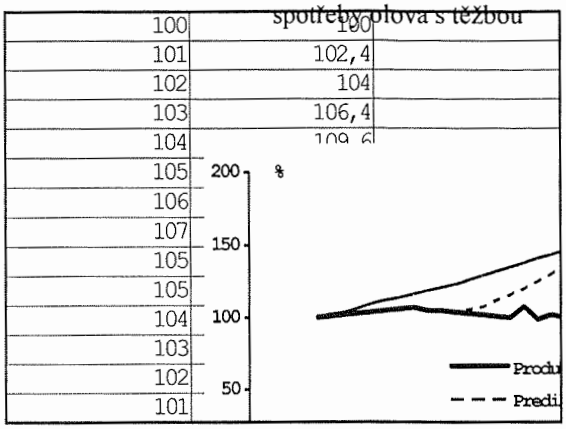


Obr.1.5
Hlavní oblasti těžby kovů (UNEP IE, 1997, doplněno)

Přirozená krajní nerovnoměrnost prostorové distribuce nerostných surovinových zdrojů je umocněna prostorově velmi nestejnorodým prozkoumáním a využíváním těchto zdrojů. Nelze porovnávat míru poznání a využití zdrojů v oblastech dlouhodobého lidského působení s oblastmi klimaticky nevhodnými nebo obtížně přístupnými. Ale právě tyto oblasti se spolu s mořskými pánvemi vyznačují v řadě případů značným nerostným potenciálem, a to zejména proto, že ložiskové akumulace stály v takovýchto oblastech z příčin technických, ekonomických a ekologických na okraji pozornosti. Tato situace se ale mění, což dokládají

výsledky geologického průzkumu. Např. v brazilské Amazonii ve státě Pará byla objevena jedna z největších rudních provincií na světě se zdroji železa, hliníku, mědi, zlata atd., s největším dnes těženým ložiskem železných rud Carajás, v džunglích Indonézie a Papui-Nové Guinei velmi významná ložiska mědi a zlata, v Kanadě u Hudsonova zálivu rozsáhlé ložisko Voisey´s Bay atd.

Obr.1.6 Porovnání predikcí spotřeby olova s těžbou



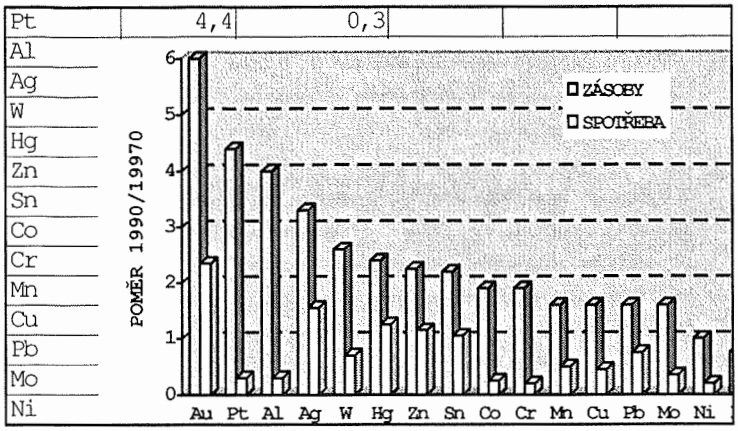
Často je diskutován problém konečnosti nerostných surovinových zdrojů, který velmi ostře nastolil tzv. Římský klub, resp. výsledky jeho analýz zveřejněné v knize „Meze růstu" v roce 1972. Hlavní zásluhou uvedené studie bylo, že s plnou vážností obrátila pozornost odborníků i celé světové veřejnosti na otázky využívání surovinových zdrojů. Je ale skutečností, že výsledky těchto analýz neobstály. Predikovaný kritický nedostatek některých kovů a enormní nárůst cen nerostných surovin se nepotvrdil. To ilustruje porovnání predikcí z roku 1970 a 1980 se skutečnou spotřebou olova (obr.1.6). Očekávané životnosti zdrojů řady kovů se v posledních padesáti letech příliš neměnily, či dokonce vzrůstaly. Relativní vzrůst ověřených zásob a spotřeby v roce 1990 oproti roku 1970 pro 16 nejdůležitějších kovů ve všech případech vykazuje významný předstih ověřených zásob (obr.1.7). Podobný obraz poskytuje vývoj životnosti průmyslových a geologických zásob uhlí a stavebních a nerudních nerostných surovin České republiky. Pro dynamiku vývoje surovinových zdrojů a jejich využívání jsou v principu určující dvě tendence, a to jednak možnosti zajišťování zdrojů, jednak vývoj výrobních technologií.

V posledních desetiletích byly zásadním způsobem přeformulovány modely vývoje zemského korového obalu a koncepce tvorby a prostorové lokalizace ložiskových koncentrací, což se projevilo ve změně filozofie jejich vyhledávání a ověřování a vedlo k objevení celé řady nových ložiskových oblastí a ložiskových koncentrací dosud neznámých ložiskových typů (ložiska typu Carlin či Olympic Dam). Vývoj průmyslových technologií respektuje obecný trend ekonomie zdrojů, který v důsledku základních ekonomických a v posledním období i environmentálních principů vede k vývoji a zavádění technologií se stále nižšími surovinovými a energetickými měrnými náklady.

Vývoj známých zdrojů a očekávané spotřeby nesignalizuje žádný vážný problém a to i při současných technologických znalostech. Tézi o zhroucení lidské civilizace v důsledku vyčerpání surovinových zdrojů odmítla i Světová komise pro životní prostředí a rozvoj v knize „Naše společná budoucnost" vydané v roce 1987. Jediný problém se možná projeví v případě zdrojů ropy a plynu, kde ovšem narážíme na současnou nedostatečnou prozkoumanost jak známých, tak perspektivních pánví.

Při diskusi o životnosti surovinových zdrojů se musíme uvědomit, že nerostných zdrojů je na Zemi právě tolik, kolik je za ně ochotna nebo okolnostmi nucena lidská společnost zaplatit. Konečně je třeba uvážit, že s přechodem na čistší produkci, na recyklaci odpadů, resp. na uzavřené materiálové cykly dochází k zásadnímu zvratu v bilanci

surovinových zdrojů, který velmi podstatně ovlivní očekávané životnosti nerostných surovinových zdrojů.



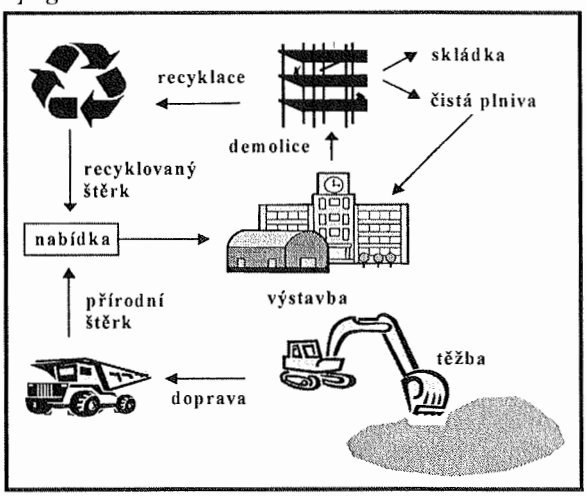
Obr.1.7

Porovnání přírůstku zásob a kumulativní spotřeby se stavem 1970 a 1990

(Takashi Nishiyama a Tsuyoshi Adachi, 1995)

Tento vývoj můžeme už dnes pozorovat u řady kovů (např. olova či zinku), ale i v případě nekovových surovin, stavebních a konstrukčních materiálů (obr.1.8), výrobků z přírodních kaustobiolitů atd. Odpady se stávají hodnotnými surovinami, často cenově a především energeticky výhodnějšími, než primární suroviny (tab.1.6). Proto také *úložiště odpadů lze považovat za specifická antropogenní ložiska.*

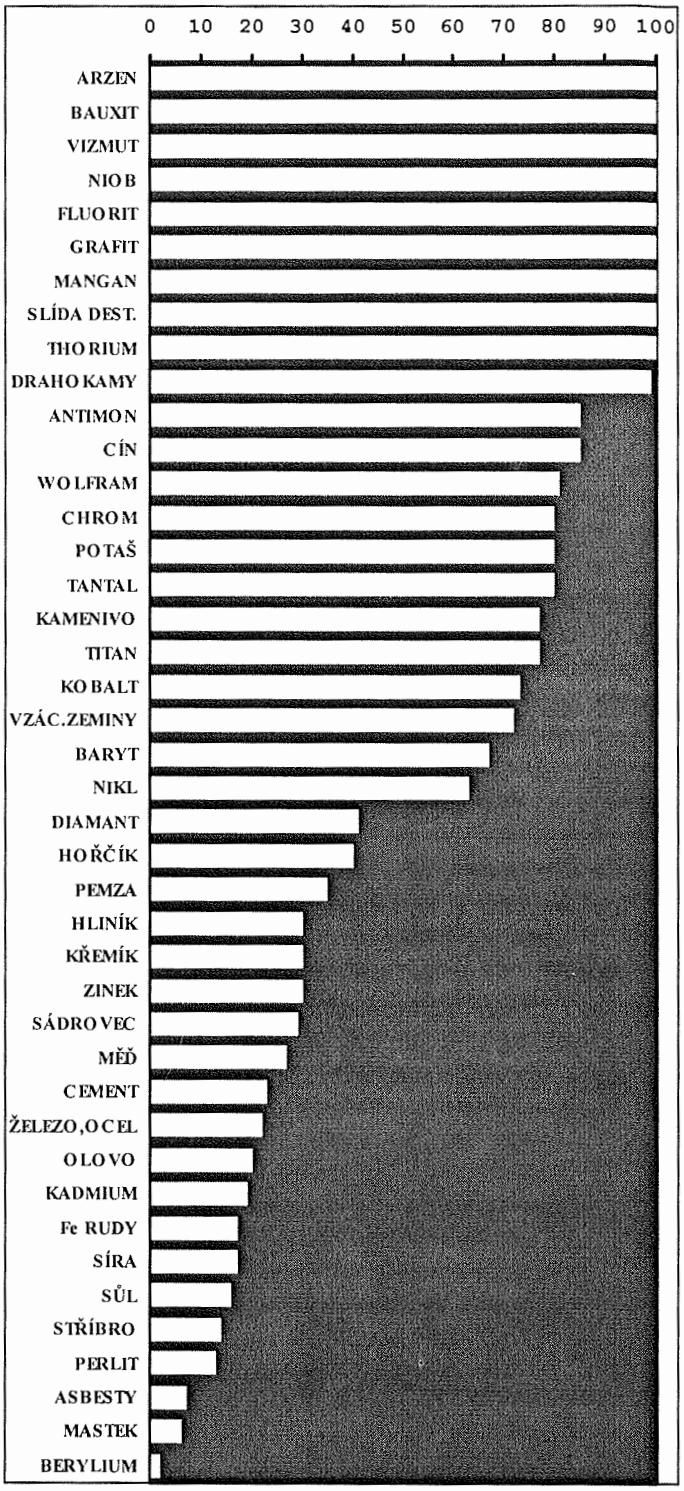
Obr.1.8 Materiálový tok štěrků pro výrobu betonových konstrukcí Upraveno podle USGS.



kov	z rudy (kWh/t)	z odpadů (kWh/t)	úspora %
titan	126 000	52 000	59
hořčík	90 000	2 000	98
hliník	65 000	2 000	97
nikl	44 500	2 400	95
železo	16 000	7 500	53
měď	13 500	1 700	97
zinek	10 000	500	95
cín	19 500	500	97
olovo	9 500	500	95

Tab.1.6 Porovnání spotřeby energie při výrobě kovů z primárních rud a z odpadů

Je skutečností, že v současnosti a v blízké budoucnosti je a bude prakticky každá země více či méně závislá na dovozu nerostných surovin. To se týká i zemí tak surovinově bohatých, jako jsou nepochybně USA (obr.1.9). V případě našeho státu je importní závislost velmi vysoká, neboť celá řada typů akumulací nerostných surovin se s ohledem na geologickou stavbu a vývoj na našem státním území vyskytovat nemůže, zdroje jiných jsou pak v důsledku dlouhodobé těžby sahající v řadě případů do středověku nebo až do starověku prakticky vyčerpány. Je nespornou skutečností, že náš stát je téměř čistý importér nerostných surovin, což jasně dokládá saldo surovinového obchodu (viz Statistická ročenka). Proto je nezbytnou podmínkou dalšího vývoje volný obchod nerostnými surovinami, samozřejmě v rámci reálných možností a zvoleného scénáře hospodářské orientace našeho státu.

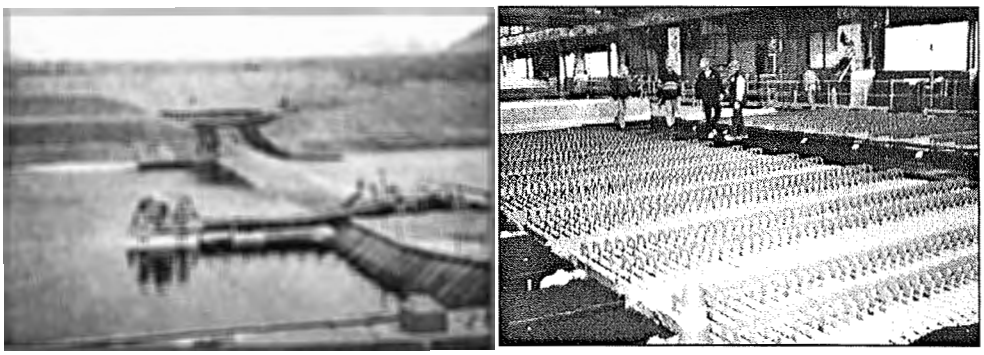


Obr.1.9 Importní závislost USA v % v r. 1999

Nerostný surovinový komplex se musí rychle adaptovat na všechny uvedené tendence a technologické změny vedoucí k nové struktuře surovinových požadavků. Stejně tak musí reagovat geologické vědy. Podle U.S. National Mining Association (1998) jsou hlavní cíle geologického průzkumu následující:

* *levný a účinný průzkumný proces založený na pokročilých technologiích;*
* *vývoj postupů objevení a ohodnocení velkých vysocekvalitních zásob s minimálními negativními vlivy na přírodní prostředí.*

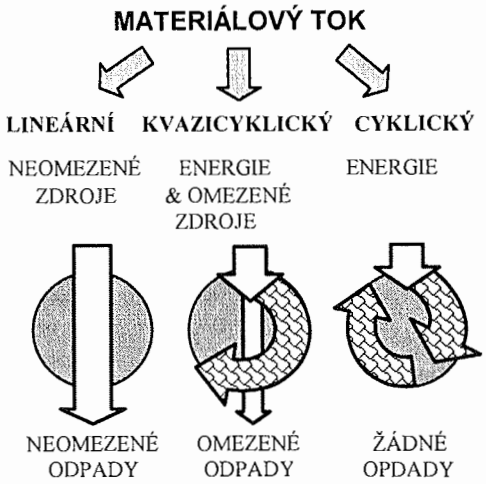
Objevení ložiska světové třídy je složitý úkol. Průzkumné organizace nalezly řadu málo významných či komplikovaných ložisek, nebo ložisek lokalizovaných v blízkosti sídlišť či v environmentálně citlivých oblastech. Současné hornické a úpravnické technologie jsou schopny se vyrovnat i s takovými problémy. Hydrometalurgické a biologické procesy s návazným chemickým či elektrolytickým zpracováním umožňují získávat měď, zlato, uran a jiné kovy bez zhutňování. Tyto stále zdokonalované technologie jsou v porovnání s klasickými báňskými a hutními postupy environmentálně a ekonomicky efektivnější. Např. na významném Cu-porfyrovém ložisku Cerro Verde u města Arequipa (Peru) náhrada klasického úpravnického a hutního zpracování bio/hydrometalurgií a elektrolytickým zpracováním vzniklých roztoků vedla k pětinásobnému zvýšení roční produkce čisté mědi při trojnásobném snížení počtu zaměstnanců. Stále větší úlohu hrají informační technologie. Počítačové zpracování multispektrálního skenování s vysokým počtem kanálů v kombinaci s GPS umožňuje velmi detailní mapování s rozlišením minerálního složení objektů metrových rozměrů. Nové technologické možnosti přinášejí systémy dálkového řízení těžebních mechanismů, jako např. systém CAES (Caterpillar Computer-aided Earth moving System).



Obr.1.10 Biochemické loužení drcené rubaniny (vlevo) a elektrolytické zpracování výluhů (vpravo) na Cu porfyrovém ložisku Cerro Verde v Peru (foto C.Schejbal)

V posledních desetiletích velmi zesílil tlak na péči o životní prostředí, speciálně ve sféře hornictví, metalurgie a energetiky. Světově známý odborník na rekultivaci severočeské pohornické krajiny Stanislav Štýs v roce 2000 napsal: „*Civilizační úroveň každé společenské etapy bude v budoucnu hodnocena nejen podle toho, co poskytovala přítomným generacím, ale hlavně podle toho, co zanechala potomkům, a to nejen ve sféře hmotných statků, ale především v komplexní oblasti životního prostředí.*“ Americká koordinační pracovní skupina orientovaná na problematiku průmyslové ekologie a materiálových a energetických toků publikovala v roce 1999 následující: „*S růstem globální populace a industrializace se musíme snažit dělat více s menšími prostředky, produkovat potřebné zboží a služby s menší spotřebou energie a materiálů a s menšími environmentálními dopady, zanechat více přírodních zdrojů budoucím generacím ... výzkum se musí zaměřit na zvýšení našich znalostí materiálových a*

energetických toků a vytvoření nové generace efektivních výrobků a procesů s použitím environmentálně nezávadných materiálů. Vědecky podložená průmyslová ekologie bude základem uzavřených materiálových a energetických toků a zlepšené účinnosti výroby a využití zdrojů."



Obr.1.11 Teoretické typy materiálových a energetických toků (upraveno podle Interagency working group, 2000)

Řešení těchto problémů vyjadřuje heslo

„recycling, remanufacturing, redesign, rethink"

- tj. recyklace, nové výrobní procesy, nové typy výrobků a důkladné rozmyšlení.

LEPŠÍ MYŠLENKA

Počátkem sedmdesátých let byly miliardy korunkových uzávěrů - oněch malých zubatých kousků hliníku - poházeny podél cest, v parcích a po plážích a stávaly se obávanou hrozbou bosých rekreantů nebo zvědavých batolat. V roce 1976 Daniel F. Cudzik, zaměstnanec společnosti Reynolds Metal Company, zachránil hliníkové plechovky. Jeho vynález trhacího uzávěru dal spotřebitelům snadno otevíratelné hliníkové plechovky. Cudzikův vynález měl ještě jiné neočekávané přínosy. Onen velmi malý kousek hliníku, který byl kdysi obvykle zahazován, nyní zůstával součástí každé recyklované plechovky. Cudzikova prostá změna provedení umožnila od roku 1980 dodatečnou recyklaci asi 200000 tun hliníku, což se rovná asi 3 miliardám kVh ušetřené elektřiny. Snížení spotřeby elektrické energie tepelné elektrárny této velikosti znamená snížení produkce škodlivin o více než 400 tun CO_2, 400 tun popílku, 8700 tun NO_x.

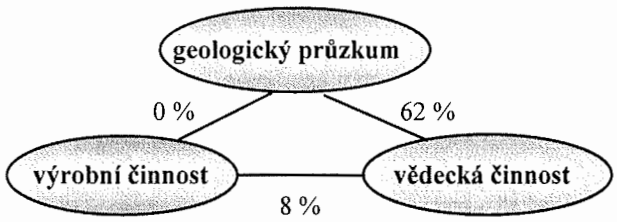
(Zdroj: Materials. - A report of the U.S. interagency working group on industrial ecology, material and energy flows. - Washington, DC, November 1999)

V průběhu historie vyhledávání a dobývání nerostných surovin formovalo cesty civilizace, od doby kamenné přes dobu bronzovou a železnou až k současné době plastických hmot a informací. Hornická kolonizace byla nejdůležitější etapou středověkého osídlování jak v historických regionech Evropy a Asie, tak později na americkém a australském kontinentu. Vyhledávání nerostných surovin a jejich dobývání vždy vyžadovalo vzdělané a zkušené pracovníky, kteří byli nositeli pokroku. Stručně řečeno - ***hornictví bylo a je o kvalitě života***.

2 CHARAKTERISTIKA GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU.

Geologický průzkum představuje samostatné odvětví s velmi různorodou činností interdisciplinární povahy, podmíněnou charakterem přírodního prostředí a velmi proměnlivými vnějšími a vnitřními technicko-ekonomickými podmínkami. Vyznačuje se vlastní teoretickou bází, metodologií a pracovními postupy. Cíle průzkumné geologie, která v našem pojetí zahrnuje geologický výzkum a průzkum, jsou rovněž velice rozdílné, od výzkumu složení a zákonitostí vývoje geologicko-strukturní stavby zemského korového obalu přes vyhledávání a průzkum zdrojů nerostných surovin a podzemních vod, zjišťování podkladů pro územní plánování a výstavbu až k řešení široké škály environmentálních problémů.

Zkoumáme-li obecné charakteristiky činnosti, pak je zřejmé, že geologický průzkum je bližší vědecké než výrobní sféře (obr.2.1). Z třinácti hodnocených hledisek se projevuje v téměř 62 % shoda geologicko-průzkumné činnosti s vědeckou, kdežto shoda s výrobou prakticky neexistuje (tab.2.1).



Obr.2.1 Příbuznost výrobní, vědecké a geologicko-průzkumné činnosti

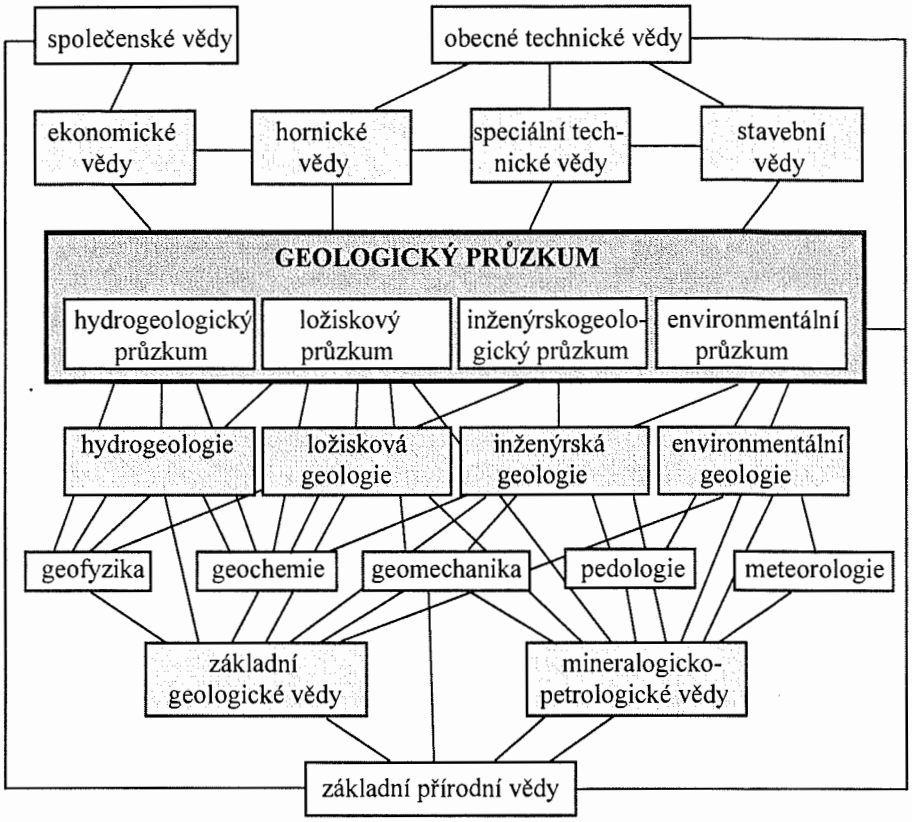
Řešení geologicko-průzkumných úkolů probíhá ve velmi variabilním geologickém prostředí, přičemž požadovaných cílů může být dosaženo různými postupy a prostředky.

hledisko	výroba	věda	geol. průzkum
jasnost formulace cílů	vysoká	střední	střední
různost objektů činnosti	malá	střední	vysoká
standardizace objektů činnosti	vysoká	malá	malá
různost podmínek činnosti	malá	malá	vysoká
stupeň rizika	malý	střední	vysoký
jasnost přípustných schémat činnosti	vysoká	střední	střední
jasnost kritérií hodnocení činnosti	vysoká	střední	střední
možnost plánování	vysoká	střední	malá
stupeň normativnosti	vysoký	střední	střední
možnost zavedení normativních nákladů	vysoká	střední	střední
míra objektivnosti výsledků	vysoká	střední	střední
reprodukovatelnost výsledků	vysoká	střední	střední
závislost výsledků na subjektu	vysoká	střední	malá

Tab.2.1 Významnost vybraných charakteristik výroby, vědy a geologického průzkumu (upraveno dle Voronina 1983)

To znamená, že přes obecně známé principy plánování a řízení představuje každý geologicko-průzkumný úkol individuální, v podstatě neopakovatelný výrobní program, který klade značné nároky na odbornou erudici pracovníků. Je samozřejmé, že se projevuje snaha o rozpracování typových řešení pro určité úkoly geologické situace, v rámci nichž se využívají standardizované úkony.

Geologický průzkum je tedy aplikovaná geologická věda, která studuje podmínky a způsoby efektivního řešení všech praktických ložiskových, hydrogeologických, inženýrsko-geologických a environmentálních úkolů a která se zabývá projektováním, prováděním a vyhodnocováním geologických prací. Prakticky používá poznatků ze všech geologických disciplín a z ekonomických, hornických, úpravárensko-zpracovatelských a dalších hraničních oborů (obr.2.2).



Obr.2.2 Vztahy mezi geologickým průzkumem a geologickými, technickými, ekonomickými a základními přírodními vědami

V posledních desetiletích dochází k velmi intenzivnímu rozvoji metodologie geologického průzkumu. Je to v prvé řadě důsledkem přestavby teoretických základů geologických věd, která je založena na využití fyzikálně-chemických a matematických modelů a na globálním výzkumu planet zemského typu. Nemenší význam má vědecko-technický pokrok, který se projevil jak ve změnách požadavků na okruhy geologických prací v souvislosti se systémovým pojetím antroposféry, tak v rozšiřování technických a metodických možností geologických prací. Došlo k zásadní změně základního filozofického principu průzkumu, tzn. k přechodu na globální strategii průzkumu. Podle Griffithse (1967) lze počátek tohoto procesu hledat na přelomu 50. a 60. let, kdy se začaly formovat principy optimalizace strategie a taktiky ložiskového průzkumu, využívající mimo jiné techniky operačního výzkumu.

Hned na počátku je třeba zdůraznit, že ***geologicko-průzkumná činnost má charakter informační služby***. Cílem je získávání, evidence, uchovávání a transformace průzkumných

dat a vyvozování a prezentace požadovaných informací o zkoumaných geologických objektech, ať jde o horninový masiv, ložisko nerostné suroviny, vodonosný horizont, regionálně geologickou či metalogenetickou jednotku nebo o státní území jako celek. Optimalizace průzkumu je tedy snaha o získání co nejúplnějších, nejpřesnějších, nejspolehlivějších a zároveň včasných a rozumně nákladných informací o zkoumaném objektu pro jeho co nejefektivnější využití. Specifickým rysem zvláště ložiskového průzkumu je jeho dlouhodobý cyklus. To vede k potřebě specifických plánovacích a realizačních procedur, jejichž nezbytnou složkou je retrognóza, tj. soustavné vyhodnocování minulých činností a znalostí (Voronin 1983).

2.1. HLAVNÍ PROBLÉMY GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU.

Každý teoretik i praktik ví, že v rámci geologického průzkumu se setkáváme s nesmírně širokým spektrem problémů, což je důsledkem velice komplikovaného vývoje a stavby geosystémů, na kterých provádíme svá pozorování. Stejně tak je neobyčejně rozsáhlý a proměnlivý soubor požadavků, které lidská společnost staví před geovědce. Důsledným systémovým rozborem lze ale vydedukovat, že řešení jakéhokoliv průzkumného úkolu znamená v zásadě nalézt odpověď na čtyři velmi prosté otázky:

- *co je cílem průzkumu,*
- *kde budeme provádět průzkum,*
- *jak budeme provádět průzkum,*
- *jaký mají získané výsledky význam.*

Odpovědi na tyto jednoduché otázky ale nejsou v žádném případě triviální. Navíc je zřejmé, že jejich obsah se v ložiskovém, hydrogeologickém a inženýrsko-geologickém průzkumu významně odlišuje (tab.2.2). Nejkomplikovanější situace je v ložiskovém průzkumu, což vyplývá z veliké pestrosti morfogenetických, průzkumných a surovinových typů nerostných akumulací a faktorů určujících jejich prostorovou a časovou lokalizaci. Prvou podmínkou úspěšného řešení průzkumných úkolů je správné stanovení cílů prací, resp. výběr problémů, které je třeba pro dosažení těchto cílů vyřešit. V oblasti ložiskového průzkumu to např. znamená orientovat se na průmyslové typy ložisek definované pro určitý geologicko-strukturní element nebo region či státní území. Objekt průzkumu může být přímo stanoven zadavatelem prací, ale velmi často je výsledkem prognózních úvah. Význam správného výběru cílových objektů lze dokumentovat následujícími údaji z ložiskového průzkumu. Podle Krasnikova (1965) je z 1000 nadějných objektů převáděno do průzkumu cca 10 a jen jediný představuje průmyslově využitelné ložisko. Na základě dlouholetých zkušeností z leteckého geofyzikálního průzkumu sulfidických ložisek v Austrálii bylo konstatováno, že z 5000 anomálií je 50 vyvoláno sulfidickou mineralizací a pouze jedna odpovídá ložisku. Výběr racionálního metodického komplexu se řeší individuálně pro každý průzkumný úkol podle konkrétních geologických poměrů a omezujících technickoekonomických a časových podmínek. Se změnou zaměření prací na řešení stále komplikovanějších úkolů (např. ložisek nevycházejících na povrch nebo podmínek výstavby velmi náročných inženýrských a průmyslových staveb) stoupá význam optimalizace průzkumných systémů. S tím souvisí využívání procedur matematického modelování a simulace průzkumných procesů a budování geoinformačních systémů. Hodnocení výsledků prací představuje závěrečnou fázi řešení jakéhokoliv průzkumného úkolu. Přes rozdílnou náplň je třeba věnovat velkou pozornost

posouzení praktické využitelnosti provedených prací formou studie životaschopnosti projektu (viability study) v počátečních etapách nebo formou technickoekonomické studie proveditelnosti projektu (feasibility study) po ukončení průzkumu.

průzkum	ložiskový průzkum	hydrogeol. průzkum	inž.-geol. průzkum
CO	• vyhledání a průzkum průmysl. ložisek • příprava podkladů pro jejich využití • ochrana zásob	• vyhledání a průzkum zdrojů podzemních vod • ochrana zdrojů vod • eliminace vlivů důlních vod	• inženýrsko geologické poměry objektů • podklady pro územní plánování • geofaktory životního prostředí
KDE	• podle zadání • podle výsledků prognózního ocenění geologicko-strukturních a problémově příslušných poměrů zájmového území		
JAK	• výběr racionálního metodického komplexu průzkumných prací		
JAKÝ JE PŘÍNOS	• výpočet zásob • ekonom. hodnocení	• výpočet zdrojů vod • hydrogeol. poměry	• inž.geolog. podmínky realizace staveb

Tab.2.2 Hlavní úkoly ložiskového, hydrogeologického a inženýrsko-geologického průzkumu

2.2. PRINCIPY METODOLOGIE PRŮZKUMU.

Pod metodologickými základy vědního oboru - ***metateorií*** - se obecně chápe ***souhrn metod a forem vědeckého poznání***. Metodologii geologického průzkumu tvoří používané teorie, modely a schémata přípustných činností, používané způsoby popisu objektů a jevů, principy organizace a specializace, pravidla výběru objektů výzkumu a průzkumu a pravidla plánování a provádění prací a hodnocení objektů. ***Analýza metodologických základů geologického průzkumu*** provedená Voroninem (1976, 1983) se projevuje ***výraznými změnami metodologických základů*** geologického průzkumu, které se podle Kosygina et al. (1964), Griffithse (1971), Schejbala (1980, 1985) Voronina (1976) a dalších projevují:

- rozpracováním postupů tvorby teoretických koncepcí a modelů geologických objektů a jevů, které respektují logická pravidla,
- snahou o vytvoření matematicko-fyzikálních základů geologických věd,
- pokusy o rozpracování nového „jazyka", založeného na představě teoretického geologického časoprostoru, což by vedlo ke snazší formulaci úkolů a popisu a hodnocení objektů,
- přechodem na počítačově orientované systémy sběru, uchovávání a zpracování dat,
- příklonem k agenetickému principu v těch oblastech studia, kde je geneze zdrojem nejistoty,
- soustavným využíváním retrognózy jako základu prognóz,
- rozvojem stávajících a zaváděním nových metodologických a metodických principů, využívajících procedur modelování, simulace a optimalizace objektů a procesů.

Praktická odezva analýz metodologie geologického průzkumu se projevuje v několika oblastech. Za nejvýznamnější lze považovat následující:

⇒ *přechod na globální strategii geologického průzkumu*, která vychází z přestavby samotných základů geologických věd (metalogenetických, geotektonických, geochemických a petrologických koncepcí),

⇒ *rozpracování a stále širší praktické využívání prognostických postupů* jako prvé fáze řešení geologických programů,

⇒ *rozvoj integrovaných počítačově orientovaných postupů práce s geodaty*,

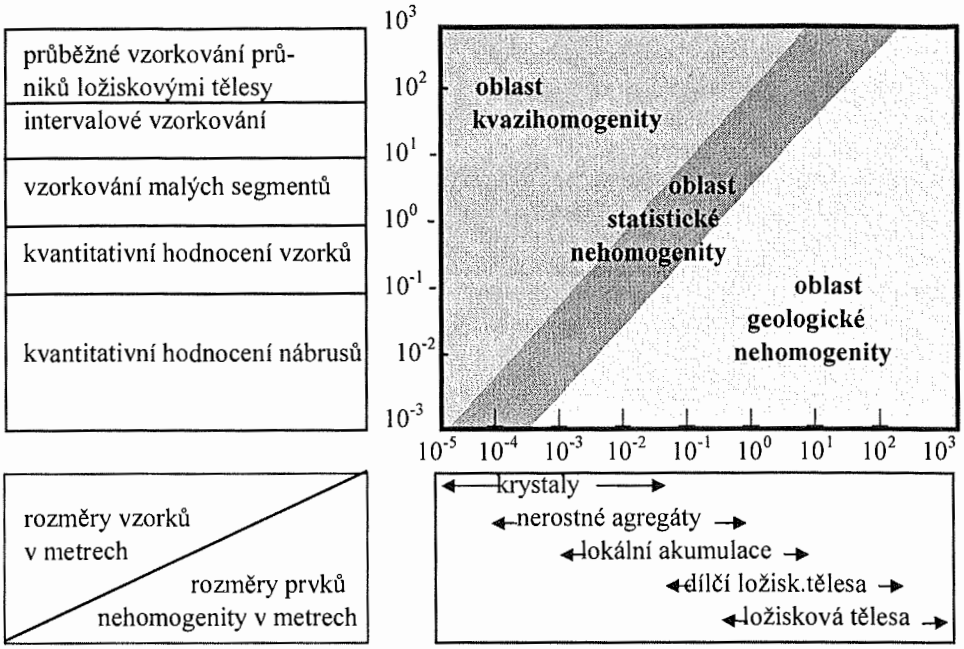
⇒ *začleňování optimalizačních procedur* při projektování a řízení prací.

Příprava, provádění a vyhodnocování geologických prací se řídí určitými obecně přijatými principy, které vycházejí ze základního paradigmatu geologických věd - systémovosti a historismu. Můžeme je rozdělit na principy metodologické a principy metodicko-organizační.

2.2.1. METODOLOGICKÉ PRINCIPY.

Metodologické principy, které jsou jednou ze složek metateorie geologického průzkumu, určují celkovou koncepci řešení průzkumných programů. Tyto principy byly postupně formulovány od základního principu analogie až k současně velmi využívanému principu relativní homogenity. Je ale zřejmé, že i nadále bude hrát důležitou úlohu nejdéle využívaný princip analogie, který umožňuje začlenit do geologicko-matematických modelů objektů a simulačních a optimalizačních modelů „doplňkové" informace. Dále je uvedena stručná charakteristika současných metodologických principů.

* ***Princip globální strategie*** představuje zásadní princip současného přístupu, který je založen na systémové analýze globálních geosystémů. V případě ložiskového průzkumu strategie vychází z geotektonických a metalogenetických idejí, v případě hydrogeologického průzkumu z koncepcí oběhových cyklů apod. Praktickým odrazem je zavedení metodiky prognózního hodnocení zájmových území a budování geoinformačních a rozhodovacích systémů.
* ***Princip analogie*** je využíván nejen v geologických vědách, ale prakticky ve všech sférách lidské činnosti. V rámci geologického průzkumu se používá při tvorbě modelů geologických objektů a koncepcí geologickostrukturní stavby, při prognózování, projektování, optimalizaci, provádění a vyhodnocování průzkumných prací. Nejúplněji se projevuje ve snahách vedoucích k vymezování typových geologických situací a postupů řešení úkolů. K aplikaci tohoto principu je třeba přistupovat uvážlivě, neboť geologické objekty jsou velice různorodé a procesy jejich formování komplikované a obtížně dešifrovatelné.
* ***Princip postupného zpřesňování informací*** tvoří metodologický základ etapového postupu řešení průzkumných úkolů, který vychází z postupné detailizace míry poznání při zužování zájmové oblasti. Často se takto postupuje pouze na vybraných úsecích nebo nejdůležitějších objektech (výběrová detailizace v ložiskovém průzkumu, metoda klíčových úseků v hydrogeologii apod.), což někteří autoři považují za samostatný metodologický princip.
* ***Princip relativní homogenity*** vychází z hierarchické struktury geologických objektů. Spočívá v pojetí určitých úseků horninového prostředí či ložiskových těles jako kvazihomogenních objektů v závislosti na měřítku pozorování, tj. na parametrech průzkumného systému (obr.2.3).



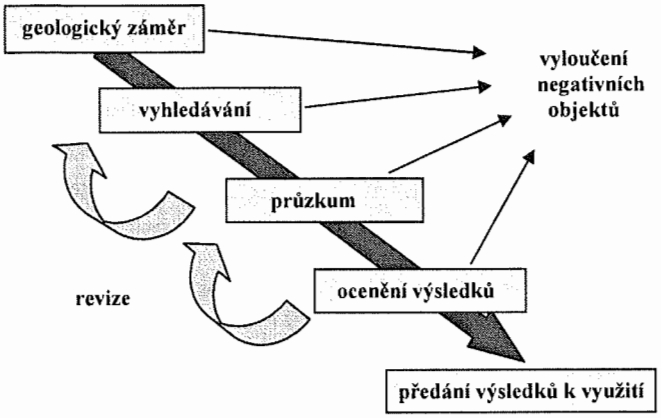
Obr.2.3 Klasifikace nehomogenity a kvazihomogenity ložiskových těles (Každan 1974)

2.2.2. METODICKO-ORGANIZAČNÍ PRINCIPY.

Tyto principy se formovaly po dlouhá desetiletí od dvacátých let tohoto století a jsou v různých podobách uplatňovány po celém světě. Jsou obecně známé a uváděné v řadě zákonných norem a metodických příruček a proto jsou dále jen stručně charakterizovány.

* ***Princip hospodářské potřeby*** je nejobecnějším metodicko-organizačním principem, od kterého se odvíjejí úvahy o zaměření a rozsahu geologického průzkumu obvykle v rámci státní surovinové a energetické politiky. Jeho základem jsou makroekonomické scénáře státní ekonomiky a trendy státního i mezinárodního surovinového trhu. Vzhledem k dlouhodobému cyklu ložiskového průzkumu a návazné výstavby a výroby je nutné, aby požadavky na geologické práce zajišťující tyto scénáře vycházely ze seriózních dlouhodobých prognóz.
* ***Princip etapovosti*** je uplatňován v různých variantách celosvětově, neboť jeho podstatou je myšlenka věcné, časové a nákladové optimalizace a zajištění potřebného předstihu a objektů a jejich uspořádání podle stupně nadějnosti a prověření zvoleným metodickým komplexem jejich ocenění a postupné vylučování neperspektivních objektů. Princip představuje jistou formu plánovitého řízení, kdy řešení úkolů probíhá v obsahově, metodicky, finančně a časově omezených úsecích zakončovaných hodnocením dosažených výsledků s následným rozhodnutím o jejich využití či případném pokračování prací. Tento přístup odráží specifičnost geologického průzkumu danou vysokým stupněm nejistoty vyplývajícím z přírodních podmínek. Základní schéma vyjadřuje obr.2.4. Etapy mají určitou společnou cyklickou strukturu, která zahrnuje prognózní, přípravnou, terénní a vyhodnocovací fázi. Počet etap resp. podetap a fází se může měnit v závislosti na složitosti úkolu a dosahovaných výsledcích, v odůvodněných případech může docházet i k jejich slučování nebo vypouštění. podle potřeb odběratelských subjektů. Uvedený princip je zakotven i v návrhu zpracovaném společnou komisí pod vedením OSN. Oproti schématu

na obr. 2.4 je v návrhu začleněna jako prvá etapa rekognoskace. Všechny etapy jsou doplněny požadavky na metodickou náplň a zejména na technicko-ekonomické hodnocení typu studie proveditelnosti (feasibility study).



Obr.2.4 Základní schéma etapové struktury průzkumných prací

* ***Princip komplexnosti*** je obecně znám, i když jeho praktické respektování už v rámci projektování průzkumu není vždy samozřejmostí, ať už z důvodů subjektivních (stupeň erudovanosti projektanta a řešitele) nebo objektivních (vybavenost průzkumné společnosti odbornými složkami a průzkumnou a laboratorní technikou, což lze ovšem řešit formou subdodávek prací). Princip komplexnosti musíme chápat jednak ve smyslu metodickém, jednak vyhodnocovacím. *Metodická komplexnost* znamená, že do soustavy projektovaných prací musí být v účelné funkční a časové návaznosti zahrnuty všechny metody a prostředky, které mohou přispět k hospodárnému vyřešení úkolu. Při praktickém řešení narážíme na komplikovaný problém volby racionálního metodického komplexu, tedy posloupnosti metod zajišťujících řešení. *Komplexní zhodnocení* znamená podchycení a vyhodnocení všech geologických skutečností (např. všech druhů nerostných surovin, zdrojů vod, půdních poměrů apod.), které jsou v průběhu řešení úkolu zastiženy. Smyslem je plné využití nákladných prací a zamezení duplicitním výkonům.
* ***Princip efektivnosti*** požaduje, aby projektování a řešení zadaných úkolů vedlo při respektování všech ukazatelů (zejména kvality prací) k dodržení nákladových a termínových podmínek. Hodnocení efektivnosti je ale ztíženo dosud panující neujasněností o způsobu vyjádření tohoto kritéria v rámci geologického podnikání. Velmi složitá diskuse probíhala např. kolem problému hodnoty prozkoumaných zásob nerostných surovin, která je jedním z rozhodujících podkladů pro posouzení ekonomické efektivnosti nákladů na jejich průzkum. Podobně se dosud při posuzování efektivnosti nedostatečně odráží nepochybná skutečnost, že výsledkem průzkumné činnosti jsou informace. Vzniká otázka, jak hodnotit jejich cenu. Ve skutečnosti je totiž efektivnost průzkumu určena efektivností využití získaných výsledků v návazných rozhodovacích procesech nebo v případě nerostných surovin efektivností jejich využití v průmyslu a ve společnosti. Jde tedy o složitý problém, který je ale nutno řešit, neboť se na geologický průzkum vynakládají celosvětově obrovské prostředky ze státních i soukromých zdrojů.

3. PRÁVNÍ PROSTŘEDÍ GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU A VYUŽÍVÁNÍ NEROSTNÝCH SUROVINOVÝCH ZDROJŮ.

Geologického průzkumu a využívání nerostných surovinových zdrojů se dotýká celá řada právních úprav, které je nutno plně respektovat (např. v ČR je to cca 90 právních norem). Z nich nejdůležitější je s ohledem na rozsah činnosti oblast průzkumu a těžby nerostných surovin a vodních zdrojů. Ve většině států je geologická legislativa součástí horního práva (výjimkou je např. Polsko a ČR).

Báňská legislativa slouží vládám k regulaci aktivit v rámci nerostného průmyslu. Hlavní funkce horních zákonů jsou zaměřeny na vztahy mezi hornictvím a vlastnictvím pozemků a na státní regulaci průzkumných a hornických aktivit v kontextu hospodářské politiky státu. Ložiskový průzkum a nerostný průmysl je vysoce citlivý na legislativní a hospodářskou politiku státu. Dlouholeté zkušenosti ukazují, že nejlépe prosperuje v těch zemích, které poskytují domácím i zahraničním podnikatelským subjektům stejná práva tím, že:

- zajišťují dlouhodobě stabilní politický režim,
- vylučují nebo alespoň minimalizují nebezpečí nacionalizace průmyslového podnikání,
- garantují právo objevu a rozvoje,
- poskytují jasné, přesné a nediskriminační daňové režimy,
- zajišťují, že vládní závazky mají dlouhodobou platnost, chápou složitost, rizikovost a dlouhodobost podnikání v této sféře, tj. od průzkumu až po zpracování nerostné suroviny do prodejného stavu, zároveň také uznávají významnou roli zisku a přiměřený návrat investic.

Legislativní prostředí nerostného průmyslu se v jednotlivých státech pochopitelně odlišuje a je často proměnlivé i v čase. Mezi hlavní příčiny těchto rozdílů patří:

- politicko-hospodářská orientace státu (země s tržní nebo centrálně plánovanou ekonomikou, resp. přechodné formy),
- celková průmyslová vyspělost státu,
- význam nerostných surovin pro ekonomiku státu,
- míra propracovanosti nerostné surovinové a energetické politiky země,
- historické tradice.

Ložiskový průzkum a hornictví jsou upravovány zákonnými normami a návaznými předpisy v plném rozsahu svých aktivit. V mnoha zemích existují zevrubné horní zákony (mining law, mining act, mining code), které zahrnují plný rozsah činností. V některých zemích jsou speciální zákony týkající se geologického průzkumu. Environmentální problematika a otázky řešení střetů zájmů a způsobu vypořádání vznikajících škod jsou začleněny buď přímo do horních zákonů, nebo v zemích s rozvinutější legislativou jsou řešeny v samostatných zákonech, např. v zákonech o ochraně přírody, ochraně vod, ovzduší, o zdraví a bezpečnosti apod. Lze konstatovat, že právě rozvoj moderní báňské legislativy byl jedním z hlavních faktorů rychlého rozvoje průzkumu a hornictví v posledních letech. Např. státy transformujících se ekonomik bývalého socialistického bloku změnily nebo upravily své horní zákony tak, aby umožnily všem fyzickým a právnickým subjektům vyhledávat a využívat surovinové zdroje. Státy západní a střední Afriky upravily v devadesátých letech horní zákony nebo přijaly nové. Jejich základním principem je státní vlastnictví nerostů, průzkum a těžba je prováděna na základě udělených licencí soukromými právními a fyzickými subjekty. Zvláště výrazně se uvedený trend projevil v nárůstu produkce nerostných surovin v afrických, jihoamerických a asijských zemích.

Moderní horní zákony se státním vlastnictvím nerostných práv tedy umožňují vyhledávání, průzkum a dobývání a využívání zdrojů nerostných surovin hospodářsky, sociálně a environmentálně přijatelným způsobem.

3.1. PRINCIPY HORNÍCH ZÁKONŮ.

Existují dvě základní pojetí horního práva a to středoevropské a britsko-americké, které se liší především vztahem k vlastnictví zdrojů nerostných surovin.

Středoevropské pojetí má kořeny v *římském právu* a přímo navazuje na prvé psané *horní právo jihlavské* (Iura montium et montanorum) z roku 1249 a zejména na *právo kutnohorské* (Ius regale montanorum) z roku 1300. Zvláště druhé z nich představovalo ucelený horní kodex, shrnující dosavadní znalosti právních aspektů středověkého hornictví. Z jeho principů vycházejí horní zákony ve většině států. Základem jsou dva principy a to princip horního regálu a princip horní svobody. Podstatou horního regálu je oddělení vyhrazených nerostů od vlastnictví k půdě. Vyhrazené nerosty, jejichž výčet se měnil v průběhu času, byly od 12. století ve vlastnictví panovníka nebo státu. *Horní regál* ve svém souhrnu vyjadřoval všechny formy ingerence panovníka, resp. státu do procesu vyhledávání, těžby a úpravy vyhrazených nerostů. Na tomto principu je založeno současné horní právo ve většině států, kdy právo na průzkum a těžbu je státem přidělováno formou licencí za stanovených podmínek (v případě těžby jistou úhradou z hodnoty vytěžené nerostné suroviny). *Horní svoboda* umožňovala vyhledávání a dobývání vyhrazených nerostů nezávisle na vůli vlastníka pozemků, pochopitelně za náhradu jistým podílem na těžbě. Uvedené principy se plně projevily ve francouzském Napoleonově horním zákoně z roku 1810 a Všeobecném pruském horním zákoně z roku 1865, který byl v platnosti po století období.

Druhé pojetí vychází z *britského práva*, které považuje zdroje nerostných surovin za součást pozemku. Vlastník pozemku je tedy i vlastníkem akumulace nerostné suroviny, která se v něm nalézá. Má tudíž právo na jejich využití. Tento princip je ve své podstatě typický i pro horní zákony Kanady, Austrálie a USA, kde ovšem vedle toho existuje i státní svrchovanost nad nerostnými surovinami na pozemcích ve federálním či státním vlastnictví (jistou výjimku představují indiánské rezervace).

Stojí za zmínku uvést citát z rezoluce OSN č.3201 z roku 1974, který se dotýká diskutované problematiky: *„Pro zajištění těchto zdrojů je každý stát oprávněn provádět efektivní kontrolu nad nimi a jejich těžbou s prostředky odpovídajícími jeho vlastní situaci, včetně práva nacionalizovat nebo přenést vlastnictví na své státní příslušníky, což je vyjádřením jeho plné státní suverenity“*.

Horní právo se dotýká oficielního průzkumu a hornictví, provozovaného na základě příslušných povolení. Vedle toho existuje drobná hornická činnost označovaná jako „artisanal“, která je velmi rozvinutá v afrických, asijských a jihoamerických zemích. Jde o drobnou těžbu především zlata a drahokamů, která je v některých zemích upravována zákony (horními či separátními), v jiných je prováděna ilegálně. V případě zákonného postavení tohoto typu hornických aktivit jsou všechny povolovací a upravující akty zjednodušeny a zkráceny, daně jsou omezeny jen na důlní poplatky (royalties). Musíme ale konstatovat, že jde o velmi významnou součást hornictví, jak dosvědčují např. údaje o produkci zlata v Brazílii, Peru či řadě afrických států, nebo údaje o produkci diamantů ve státech západní a střední Afriky (tab.3.1), které jsou do jisté míry zkresleny v důsledku pašování produktů do zemí s výhodnějšími obchodními poměry.

ZLATÁ HOREČKA SERRA PELADA.

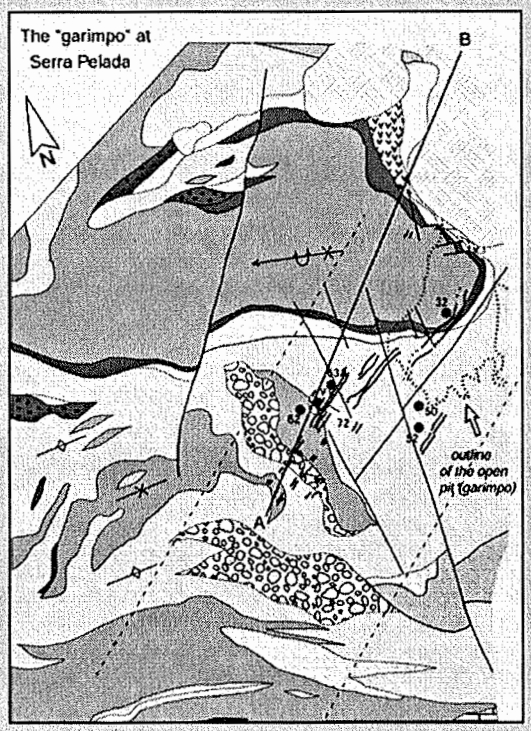
(podle podkladů M.Christieho 1996, C.Ravela 1996, M. Moroniho et al. 2001 a dalších)

V 80.-90. letech zažila Brazílie největší zlatou horečku od dob nálezů zlata na řece Klondike v kanadské provincii Yukon na konci 19. století. V roce 1980 bylo objeveno hluboko v amazonské džungli západně od Marabá ve státě Pará v rudní provincii Carajás obrovské ložisko Serra Pelada.

Ložisko zlata Serra Pelada významně obohacené prvky platinové skupiny leží spolu s dalšími ložiska zlata v regionu (Igarapé Bahia, Águas Claras) v geologicky a strukturně komplikované oblasti ve slabě metamorfovaných sedimentech svrchního archaika. Horniny jsou postiženy silnou supergenní alterací, zasahující až do hloubky 200 i více m. Mineralizace je koncentrována do směrných posunů v drcených prachovcích a pískovcích zámkové části vrásy. Významně zvýšené obsahy vzácných kovů se vyskytují v železito-grafitických zónách místně zvaných „hidrotermalito".

Po oznámení nálezu ložiska se sem z celé Brazílie stáhlo neuvěřitelné množství zlatokopů („garimpeiros"), překupníků a různých příživníků. V roce 1984 jejich počet dosáhl 400 tisíc osob!! Vidina zlata je hnala doslova k otrocké ruční práci. Postupně hloubená jáma připomínala lidské mraveniště. Za sedm let zde bylo vytěženo 60 tun zlata. Zbyla zde obrovská zatopená jáma a zkomírající městečko. Počátkem 90. let ale bylo ve vzdálenosti pouhých dvou km od starého ložiska objeveno další a to ještě větší, s odhadovanými 150 tunami zlata. Tisíce dobrodruhů opět přijíždělo na nákladačích. Městečko vyhlíželo jako po invazi. Opět začala otrocká práce.

Po celou dobu ale existoval jeden velmi vážný problém. Důlní práva na těžbu ložiska vlastnila od roku 1974 těžební společnost CVRD. Ta se snažila prosadit svá práva, což vedlo k právním sporům i faktickým srážkám a vyhrůžkám ze strany prospektorů. Vláda už v roce 1984 zvolila kompromis: zaplatila společnosti kompenzaci ve výši 60 mil. dolarů a uznala claimy prospektorů. Spory opět propukly po nálezu nového ložiska. Skutečností ale je, že údržba a odvodňování povrchového dolu se stalo pro prospektory příliš nákladné a nebezpečné. V roce 1995 tady přežívalo pouze 3000 horníků. Další dolování v hlubších partiích lze jen řádným hornickým způsobem.



aluviální sedimenty
železitá lateritická kůra (canga)
gabro
formace Rio Fresco/Aquas Claras
dolomitické vápence
manganičité břidlice a pískovce
grafitické břidlice
vrstvy brekcií
prachovce
křemité pískovce
slepence
zelenokamové pásmo Rio Novo
chlorit-fuchsit. krystalické břidlice

směr rudní zóny protnuté vrty
zlomy
osy vrás
vrty
Geologický řez
A B

Geologická mapa ložiska Serra Pelada (Moroni et al. 2001)

Tab.3.1 „Ruční" hornictví v globálním, regionálním a lokálním měřítku (Statistika OSN)

Region / Země	Pracovníci (v tis.)	Hlavní nerost
AFRIKA		
Burkina Faso	60	zlato
Burundi	10	zato, cín
Středoafrická republikac	10	diamanty
Demokratická republika Kongo	500	zlato, diamanty
Etiopie	10	zlato
Ghana	30	zlato, diamanty
Guinea	60	zlato, diamanty
Madagaskar	10	zlato
Mali	100	zlato
Namibie	1	cín
Niger	15	zlato
Rwanda	10	cín
Senegal	3	zlato
Sierra Leone	100	zlato, diamanty
Tanzanie	100	zlato
Zambie	30	drahokamy
Zimbabwe	30	zlato, chromit
Afrika celkem	1,079	
ASIE		
Čína	3,000	Železo,uhlí,cín,wolfram
Indie	500	Uhlí,železo,cín,boráty
Indonésie	465	zlato, cín
Filipíny	250	Zlato, uhlí, chromity
Ásie celkem	4,215	
LATINSKÁ AMERIKA		
Brazílie	1,000	Zlato,chromity,drahokamy
Bolívie	70	Olovo,zlato,síra
Peru	20	Olovo,diatomity,zlato,měď
Latinská Amerika celkem	1,090	
Svět celkem	6,384	

3.2. ZÁSADY POSTUPU PŘI ZAJIŠŤOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ PRŮZKUMU A TĚŽBY.

Horní zákony v podstatě zajišťují přesun práva na průzkum potenciálně ložiskonosných území a využití nalezených ložisek od vlastníků pozemků (státu, soukromých osob) k průzkumným a těžebním firmám za přesně stanovených podmínek, které je nutno striktně dodržovat (Long 1995). Z hlediska provádění ložiskového průzkumu je třeba postupovat podle právních norem, které platí v tom či onom státu, se kterými je nezbytné se dobře seznámit. *Procedury udělování průzkumných povolení* (koncesí, licencí) jsou upraveny horními nebo geologickými zákony. Výkonem těchto pravomocí jsou pověřeny státní autority typu ministerstev hornictví, ministerstev průmyslu, ministerstev životního prostředí apod. v závislosti na organizaci státní geologické služby a státní báňské správy. *Povolování hornické činnosti* je upraveno horními zákony a zajišťují je státní báňské správy. Zdůrazňujeme, že z průzkumných koncesí ve většině případů nevyplývá automaticky právo na udělení těžební koncese, i když je v řadě případů deklarováno přednostní právo. Existují různé typy koncesních systémů, které se liší mírou vázanosti státními požadavky:

- *systém přímého výběru* (discretionary system), kdy je výběr vhodného koncesionáře prováděn přímo pověřeným orgánem státní správy na základě posouzení odborné, technické a obchodní kompetence uchazeče,
- *systém veřejné soutěže* (auction system), kdy koncesi získává ten uchazeč, který za předpokladu záruky potřebné odbornosti a vybavenosti nabízí v soutěži (tendru) nejvýhodnější podmínky.

Koncesní podmínky stanovují práva a povinnosti držitele. V případě udělování koncesí na velké investiční projekty lze pozorovat rozdíly mezi státy ovlivněnými horními zákony středoevropského (francouzského) typu, které upravují dohody detailněji, než v případě států odvozujících své horní právo od britského typu, který preferuje dohody „ad hoc".

Všechny úkony spojené s udělováním koncesí jsou spojeny s placením určitých poplatků, které jsou stanovovány buď přímo horním zákonem, nebo návaznými předpisy, vydávanými pověřeným orgánem státní správy.

Je třeba zdůraznit, že *při průzkumných a těžebních činnostech musíme respektovat velkou řadu dalších zákonných norem*, které se dotýkají půd, lesů, vodstva, ovzduší, dopravy, zástavby, vojenských objektů, produktovodů, ochrany životního prostředí či zdraví lidu, zákony upravující podnikání, zdaňování, finanční a obchodní styk atd. Znalost těchto norem je nezbytná, neboť jednak je podmínkou správně sestaveného projektu geologického průzkumu a těžby a získání povolení k jeho realizaci, jednak usměrňuje chování průzkumného či těžebního podniku při provádění prací. V praxi to znamená, že při projektování a provádění průzkumu a návazné hornické činnosti je nezbytné postupovat ve shodě se všemi dotčenými orgány státní správy, od místních autorit po centrální úřady. V řadě zemí (zejména rozvojových) k tomu přistupuje nutnost respektování místních zvyklostí (zvykové právo).

Geologický průzkum a využívání zdrojů nerostných surovin se provádí v souladu s *územním plánováním*, které je např. v zemích Evropské unie klíčem k rozhodování o využití surovinových zdrojů. Územní plán, který integruje státní a veřejné zájmy se zájmy podnikatelských subjektů, má z hlediska nerostných zdrojů ve středně a dlouhodobém časovém horizontu nejen restriktivní, ale i důležitou konstruktivní úlohu.

Poměrně novou oblast práva, dotýkajícího se průzkumu a těžby nerostných surovin, je *mořské právo*. Podle Úmluvy, přijaté na Třetí konferenci OSN o zákonu o moři z roku 1982, podléhá asi 40 % světových oceánů jurisdikci příbřežních států (12 mílové pásmo teritoriálních vod, 200 mílové pásmo výlučné ekonomické zóny a kontinentální šelf do vzdálenosti maximálně 350 námořních mil). Zbývající plocha oceánů podle následných dohod je pod kontrolou Mezinárodního úřadu pro mořské dno v Kingstonu (Jamaika), který uděluje potřebné koncese. V dodatcích k Úmluvě, která představuje významný krok v péči o oceány a využití nerostných zdrojů, jsou stanoveny základní podmínky průzkumu a následné budoucí těžby.

3.3. PRÁVNÍ, METODICKÉ A TECHNICKÉ PŘEDPISY V ČR.

Pro správné provádění geologického průzkumu je velmi důležitá znalost a soustavné využívání všech právních norem, ustanovení, předpisů a směrnic, které mají přímou i nepřímou souvislost s geologickými pracemi a návaznou hornickou, stavební a průmyslovou činností. V podstatě se jedná o tři skupiny legislativních norem a to:

1. ***předpisy vymezující předmět činnosti a pole působnosti organizací*** (právnických či fyzických osob) oprávněných k provádění geologických prací (horní zákon, zákon o územním plánování a dále řada zákonů obsahujících určitá omezení, např. zákon o

zemědělské půdě, lesích, vodách, komunikacích, energetických zařízeních a rozvodech, ochraně přírody, životním prostředí atd.)

1. ***předpisy pro projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací*** (horní zákon, novela geologického zákona, předpisy ČBÚ, MŽP, MPO atd.),
2. ***předpisy pro řešení střetů zájmů a náhrad škod*** vznikajících při provádění geologických a zejména návazných dobývacích pracích.

Geologickými pracemi se ve smyslu zákona chápe geologický výzkum a průzkum, tj. zkoumání a hodnocení vývoje a složení geologické stavby státního území, vyhledávání, průzkum a hodnocení akumulací nerostných surovin a zdrojů podzemních vod, zjišťování a ověřování inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrů území a podmínek pro uskladňování plynů, kapalin a odpadů v horninovém prostředí a podzemních prostorech, pro využívání geotermální energie a pro zajišťování a likvidaci starých důlních děl. Převážná část geologických průzkumných prací je zároveň hornickou činností nebo činností prováděnou hornickým způsobem a proto se na ně vztahují ustanovení báňského práva, jak je zřejmé z tab.2.1.

Tab.2.2 Porovnání geologického a báňského práva ve vztahu ke geologickým činnostem (podle Šponara 2000)

Zákon o geologických pracích	**Zákon o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě**
§ 2 – geologické práce	§ 2 – hornické práce
Vyhledávání a průzkum nerostů	Vyhledávání a průzkum ložisek vyhrazených nerostů
	§ 3 – činnost prováděná hornickým způsobem
Vyhledávání a průzkum zdrojů podzemních vod, zajišťování a ověřování inženýrsko-geologických a hydrogeologických poměrů území	Inženýrsko-geologický a hydrogeologický průzkum, kromě geologických prací prováděných za účelem získání doplňujících údajů pro dokumentaci staveb

Základní instituty, které ve vztahu ke geologickému průzkumu a návazným činnostem uvedené zákony zavádějí, jsou:

- *Oprávnění k provádění geologických prací*
  Práce geologického výzkumu může provádět státní geologická služba, vědecké ústavy a odborné školy v rámci plnění vědeckých a pedagogických úkolů. Ostatní právnické a fyzické osoby mohou tyto práce provádět v rámci podnikatelské činnosti za podmínky, že na úkolu pracuje odborně způsobilý pracovník jako zodpovědný řešitel.

- *Osvědčení odborné způsobilosti*
  Vydává ve správním řízení MŽP ČR. Zákonnými předpoklady odborné způsobilosti, které posuzují odborní garanti, jsou odborné vzdělání, odborná praxe a znalost příslušných předpisů.

- *Povolení geologických prací.*
  Jde o udělení výlučných práv na průzkum v jistém průzkumném území žadateli, který se tím stává zadavatelem konkrétních prací. Vztahuje se na ložiskový průzkum vyhrazených nerostů a dříve stanovených výhradních ložisek nevyhrazených nerostů. V ostatních případech je nutná dohoda s vlastníkem pozemků. Povolení, ve kterém je stanoveno území, nerost a podmínky provádění prací, uděluje ve správním řízení MŽP ČR. Zadavatel platí z plochy území úhradu, která je příjmem obcí, na jejichž katastrech se území nachází.

- *Registrace geologických prací,*
  kterou provádí Geofond ČR, slouží ke kontrole prováděných prací s cílem zabránění duplicitám. Žádost o registraci podává organizace provádějící geologické práce, s výjimkou prací v dobývacích prostorech a prací, které nejsou vázány na zásah do horninového prostředí.
- *Chráněné ložiskové území.*
  Stanovení chráněného ložiskového území, které vydává MŽP ČR, zajišťuje ochranu výhradního ložiska před znemožněním nebo ztížením jeho využití.
- *Osvědčení o výhradním ložisku.*
  Vydává MŽP ČR.
- *Předchozí souhlas k podání návrhu na stanovení dobývacího prostoru,*
  které vydává MŽP ČR, opravňuje podnikatele k podání žádosti o stanovení dobývacího prostoru.
- *Dobývací prostor*
  Stanovuje v součinnosti s dotčenými orgány státní správy územního plánování, životního prostředí a stavebním úřadem příslušný OBÚ. Účastníky řízení jsou vedle navrhovatele fyzické a právnické osoby, jejichž práva k nemovitostem mohou být dotčena, dále obce, na jejichž katastru se navrhovaný prostor nachází. Návrh musí být posouzen z hlediska vlivů na životní prostředí. V rozhodnutí, které je zároveň rozhodnutím o využití území, jsou ukládány podmínky pro následnou hornickou činnost.
- *Povolení hornické činnosti.*
  Povolení uděluje na základě řízení, jehož účastníky jsou vedle navrhovatele vlastníci nemovitostí a obce, příslušný OBÚ na základě předloženého POPD.

Práce geologického průzkumu a dobývání je nutno provádět podle horního a stavebního zákona *v souladu s územním plánem.* Především jde o řešení možných rozporů vyvolaných rozdílnými směry využití území, stanovení priorit využití, uplatnění ochrany známých nerostných zdrojů a naopak vymezení území, kde nesmí být těžba prováděna, posouzení dopadů na životní prostředí, stanovení podmínek revitalizace území atd.

IUS REGALE MONTANORUM.

V roce 1300 vydal král Václav II. Kutnohorský horní kodex, který navazoval na Jihlavské horní právo z roku 1249 a ve kterém byly uplatněny pokrokové prvky římskokánonického práva. Zákon byl založen na zásadě horního regálu, který zde na rozdíl od jihlavského práva král výslovně vyhlásil. Druhým základním principem bylo podobně jako v právu jihlavském právo horní svobody. O pokrokovosti a dokonalosti kutnohorského kodexu svědčí skutečnost, že se stal základem horního práva nejen ve střední a poté i v západní Evropě, ale i ve Střední a Jižní Americe.

„Na vědomí se dává všem horníkům, že nikterak nepřipustíme, aby byly hornické práce nějakým zákazem přerušeny, kromě případů, kdy by to bylo uloženo z všeobecných důvodů a v zájmu obecného blaha.“ *– (Kniha 3., kapitola 5.)*

„O hormistrech. Pod tímto názvem rozumíme toho, kdo dohlíží na všechny pracovníky dolu. Má jím být ten, koho těžaři ze svého středu vyberou jako nejvhodnějšího, věrného, pracovitého a zkušeného; musí mu patřit nejméně 1/32 tohoto dolu. Urburéři ho vezmou pod přísahu, že se bude co nejlépe starat o prospěch krále a těžařů. Jeho povinností je nejméně jednou týdně prořárat celý důl, nařídit odstranění nepořádků a poradit se s podřízenými o tom, co se má udělat příští týden. Jestliže by se ukázal liknavým, mají těžaři neprodleně zvolit jiného; opominou-li to, mají se o to postarat urburéři“. *- (Kniha 1., kapitola 8)*

4. TEORETICKÉ ZÁKLADY GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

Ve druhé kapitole bylo konstatováno, že teoretickým základem geologického průzkumu jsou koncepce založené zpravidla na historicko-genetickém přístupu k systemizaci objektů a jevů. Z těchto koncepcí jsou pak odvozována schémata posuzování geosystémů a postupy řešení úkolů geologického průzkumu.

4.1. LOŽISKOVÝ PRŮZKUM.

Při provádění ložiskového průzkumu se setkáváme s nejrůznějšími typy akumulací nerostných surovin, které se liší svou genezí, morfologií a kvalitativními i kvantitativními charakteristikami. Tyto akumulace se mohou vyskytovat ve velmi odlišných geologicko-strukturních a krajinných podmínkách a v oblastech různého stupně ekonomického rozvoje. V závislosti na úložních poměrech a postavení ložiskonosného horninového komplexu se projevují na zemském povrchu různým způsobem a vytvářejí tak odlišné průzkumné typy. Všechny uvedené faktory určují spolu s řadou technicko-ekonomických a sociálních podmínek hospodářský význam každé konkrétní surovinové akumulace a nadějnost jejího objevení. Tím zásadně ovlivňují výběr území a objektů, na které se geologické práce zaměřují. V důsledku vývoje negeologických faktorů, kam se řadí vliv vědeckého a technologického vývoje na soubor nerostných surovin využívaných lidskou společností, stupeň rozvoje průzkumné, hornické, úpravnické a zpracovatelské technologie, změny životního stylu a lidských preferencí, vývoj cen surovin a výrobků, politické poměry apod., se orientace ložiskového průzkumu v čase mění. S ohledem na dlouhodobý cyklus průzkumu a výstavby těžebních a úpravárenských kapacit je proto nezbytné sledovat všechny vývojové trendy. Do teoretických základů průzkumu tedy náleží řešení prvých dvou základních problémů uvedených v předchozí kapitole, tj. otázek "***co je cílem průzkumu***" ***a "kde provádět průzkumné práce***". Cílem ložiskového průzkumu je nalézt takové nerostné akumulace, které budou prakticky využitelné. Pozornost se zaměřuje na tzv. ***průmyslové typy ložisek***, tj. takové morfogenetické typy, které vytvářejí akumulace vyhovující požadavkům využití z hlediska hmotnosti, kvality a koncentrace zásob, báňsko-technických podmínek dobývání a ceny produkované nerostné suroviny v porovnání s cenami na světových trzích.

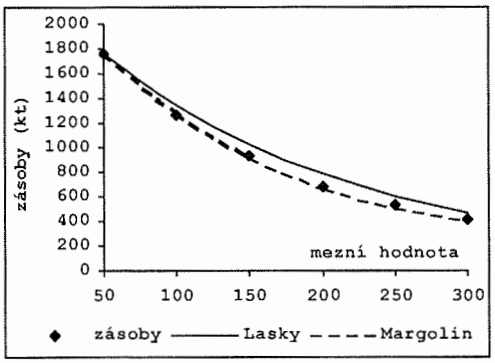
4.1.1. PRŮMYSLOVÉ TYPY LOŽISKOVÝCH AKUMULACÍ.

Průmyslový význam akumulací nerostných surovin je určován řadou geologických i negeologických faktorů, které lze shrnout do pěti skupin:

I. *Velikost ložiska* je dána hmotností jeho celkových zásob (vytěžených, ověřených a předpokládaných). Podle tohoto kritéria se ložiska rozdělují obvykle do pěti skupin (unikátní, velká, střední, malá a velmi malá, tj. bez průmyslového významu). Konkrétní klasifikace existují v celosvětovém, státním či regionálním měřítku. Např. v našich zemích byla uplatňována klasifikace s kategoriemi ložisek velkých, středních a malých.

II. *Kvalita nerostné suroviny* závisí na jejich chemických, mineralogických, fyzikálních a technologických vlastnostech a charakteru prostorového rozmístění jednotlivých složek a nerostů, což v souhrnu určuje použitelnost, resp. zpracovatelnost suroviny. Hlavními kvalitativními ukazateli jsou:
   a) u rudních, chemických a agrochemických surovin zastoupení užitkových a škodlivých složek;
   b) u kaustobiolitů tuhých výhřevnost či popelnatost a chemicko-technologické vlastnosti u tekutých a plynných výhřevnost a chemické složení;
   c) u ostatních nerudních surovin zastoupení užitkových nerostů a soubor ukazatelů, charakterizujících jejich specifické fyzikální vlastnosti;
   d) u stavebních nerostných surovin soubor technických vlastností podle způsobu použití.

Kvalitativní charakteristiku rudních surovin mohou příznivě ovlivnit doprovodné užitkové složky a nepříznivě škodlivé složky. Proto se u komplexních rud používá pro vyjádření kvality buď přepočet na hlavní užitkovou složku nebo vyjádření úhrnné užitné hodnoty. Kvantitativní a kvalitativní charakteristiky ložisek jsou spolu nepřímo spjaty: s růstem kvality klesá hmotnost zásob. To vyjadřuje tzv. Laskyho zákon (obr.4.1). Podle tohoto hlediska se obvykle rozlišují ložiska s vysokou, průměrnou a nízkou kvalitou.



Obr.4.1

Závislost hmotnosti zásob na užitné hodnotě obsahu kovů v rudě na ložisku Hodruša-Hamre (Schejbal – Güttner, 1990)

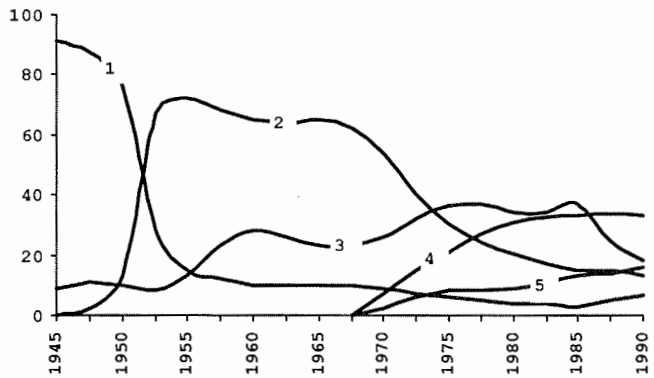
III. *Stupeň koncentrace zásob nerostné suroviny v ložisku* charakterizuje jednak produktivnost ložiskových těles, jednak produktivnost ložiska. Sledování těchto faktorů má velký význam při volbě systému otvírky, přípravy a dobývání ložiska.
   a) Produktivnost ložiskových těles se vyjadřuje:
      i) poměrem hmotnosti zásob na jednotku plochy tělesa u tence deskovitých těles;
      ii) poměrem hmotnosti zásob na jednotku objemu tělesa u mocných deskovitých, čočkovitých a izometrických těles;
      iii)akumulací - metrprocentem u deskovitých těles.
   b) Produktivnost ložisek se v závislosti na počtu ložiskových těles vyjadřuje:
      i) při vysokém (počet těles pod 10) až středním stupni zkoncentrování (počet těles pod 50) a strmém úklonu poměrnými vertikálními zásobami na 1 m hloubkového rozsahu ložiska;
      ii) při nízkém stupni zkoncentrování (počet těles nad 50) a strmém úklonu poměrnými objemovými zásobami v bloku ložiska;
      iii)při ploše uloženými ložiskovými tělesy poměrnými plošnými zásobami na jednotku plochy ložiska.

IV. *Geologické báňsko-technické ukazatele* určují možnost a způsob využití ložiska, ovlivňují náklady na využití a tedy geologicko-ekonomické ocenění ložiska. Nejdůležitější jsou: tvar a rozměry ložiskových těles, úložní poměry, krajinný typ okolí ložiska, vnitřní stavba ložiskových těles, charakter a četnost tektonických deformací, fyzikálně-mechanické vlastnosti nerostné suroviny a geomechanický charakter ložiskonosného horninového komplexu, hydrogeologické a plynové poměry, požadavky na ochranu povrchových objektů a životního prostředí. Podle těchto ukazatelů lze rozlišit ložiska se zvláště příhodnými, normálními a nepříhodnými podmínkami.

V. *Vnitřní a vnější ekonomické podmínky* jsou další významnou skupinou faktorů. Náleží sem ekonomický rozvoj a dostupnosti ložiskové oblasti, charakter a úroveň ekonomiky státu, mezinárodní politicko-ekonomické vztahy, poptávka a nabídka na surovinovém trhu atd. Ložiska se podle těchto charakteristik třídí do tří skupin jako v předešlém případě.

Všechny uvedené skupiny faktorů je nutno posuzovat společně, i když v některých případech může být každá z nich sama o sobě určující.

Ve světové bilanci známých surovinových zdrojů a jejich využívání mají význam ložiska pouze některých geneticko-morfologických typů, zatímco ostatní jsou prakticky bezvýznamné. Tyto typy jsou považovány za ***průmyslové ložiskové typy***. Je třeba zdůraznit, že nejde o kategorie stálé. Jejich složení se může měnit objevením dalších ložisek známých nebo nových genetických typů, vyčerpáním ložisek některých průmyslových typů, převedením neprůmyslových typů mezi průmyslové v důsledku pokroku techniky a technologie dobývání, úpravy a zpracování, změnou struktury zpracovávaných nerostných surovin atd. Velmi názorným příkladem jsou přesuny v zastoupení hlavních průmyslových typů uranových ložisek (obr.4.2).



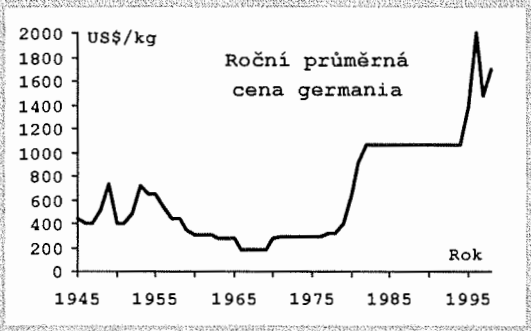
Obr.4.2

Změny v zastoupení průmyslových typů uranových ložisek v zásobách západních a rozvojových států.

1 - hydrotermální žilná a zónová ložiska;
2 - metamorfované uranonosné konglomeráty;
3 - ložiska pískovcového typu;
4 - ložiska typu unconformity;
5 - intramagmatická ložiska

V posledních desetiletích a do budoucna představuje velmi významný faktor technologický pokrok, který určuje jak spektrum, tak množství využívaných nerostných surovin. To dobře ilustruje využívání germania (obr.4.3).

Obr.4.3. Vývoj využití a cen germania



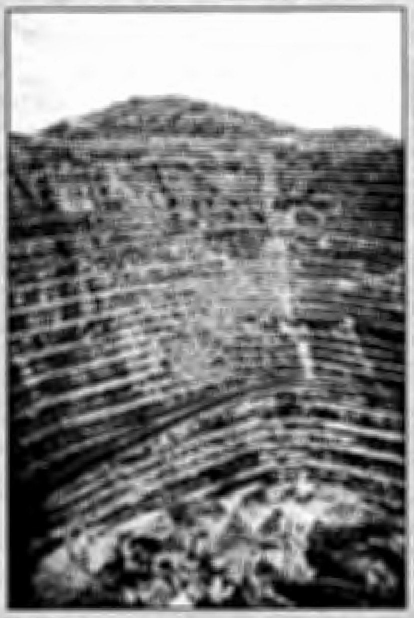
GERMANIUM STORY

Germanium objevil Clemens Winkler v r. 1886. Do 2. světové války bylo germanium a jeho sloučeniny pouze předmětem vědeckého zájmu, s výjimkou pokusu o použití dioxidu germania při léčbě anemie v roce 1922. Důležitým se stalo po objevení krystalové diody a transistoru ve 40. letech. Množství germania produkovaného do roku 1945 bylo velmi malé. Použití v elektronice v období 1945 až 1949 vedlo v podstatnému vzrůstu produkce germania a k nárůstu cen. Po roce 1955 ceny germania klesly až na 175 US$/kg kovu v roce 1966 v důsledku poklesu spotřeby v elektronice vlivem náhrady křemíkem. To však bylo překryto dramatickým zvýšením spotřeby ve výrobě optických komunikačních sítích, v infračervených systémech nočního vidění a polymerizačních katalyzátorech. V roce 1998 použití jako "high-tech" materiál představovala 77 % světové spotřeby germania. Rostoucí spotřeba a omezená nabídka vedly k dramatickému růstu ceny počínaje rokem 1979. V USA bylo germanium zařazeno mezi strategické a kritické materiály. Od roku 1995 producentská cena opět vzrostla a kolísala kolem 1500 US za kilogram, s maximem 2000 US$ v roce 1996. Nárůst ceny byl důsledkem zvýšené spotřeby a omezení produkce. Postupné uvolnění germania ze zásob USA, Ruska a Ukrajiny spolu s mezinárodním uvolněním vedlo ke stabilizaci cen.

PALABORA - PŘÍKLAD KOMPLEXNÍHO VYUŽITÍ NEROSTNÉ SUROVINY

Karbonatitové ložisko Palabora, které leží na východě JAR na hranici Krugerova národního parku, představuje unikátní [illegible] akumulaci mědi, zirkonia, uranu, fosforu, magnetitu, apatitu, vermikulitu dále také niklu, zlata, platiny a palladia.

Karbonatitové ložisko je vázáno na palaborský alkalicko-ultrabazický magmatický komplex o rozměrech 6,5 x 2,5 km uložený v archaických žulorulách. Složitě diferencovaný cca 2 miliardy let starý komplex vznikl ve čtyřech fázích. Nejstarší jsou pyroxenity s vnější zónou živcových pyroxenitů. Následná fáze je představována intruzí syenitu na periferii a třemi trubkovitými strukturami ve vnitřní zóně, v jejichž středu je tvořena páskovaným karbonatitem (Loolekop) a další [illegible] pyroxenitovými pegmatity s flogopitem (vermikulitem). Ve čtvrté fázi vznikl transgresivní karbonatit s Cu zrudněním. Konečná fáze je zastoupena SV-JZ doleritovými žílami.



Centrální těleso bylo od roku 1956 do konce roku 2002 těženo povrchově. Celkové rozměry 750 m hlubokého lomu jsou 1850 m ve směru V-Z a 1600 m ve směru S-J. Denní těžba činila průměrně 80 kt rudy. Komplexní zrudnění pokračuje dále do hloubky a ověřené zásoby zajišťují minimálně dalších dvacet let životnosti ložiska při denní hlubinné těžbě 30 kt rudy. Dále pokračuje těžba dalších dvou těles, které jsou zdrojem apatitu a vermikulitu.

Úprava a zpracování těžených rud je příkladem komplexního využití nerostné suroviny. Rozsáhlá úpravna a několik zpracovatelských podniků produkuje měď ve formě anod, plechů a drátů, kyselinu sírovou, magnetitový koncentrát (metalurgie, hutní suroviny), apatit na výrobu superfosfátových hnojiv, vermikulit na výrobu tepelně izolačních stavebních a výplňových hmot, v menší míře oxid uranu, baddeleyitový koncentrát (Zr), síran niklu, atd.

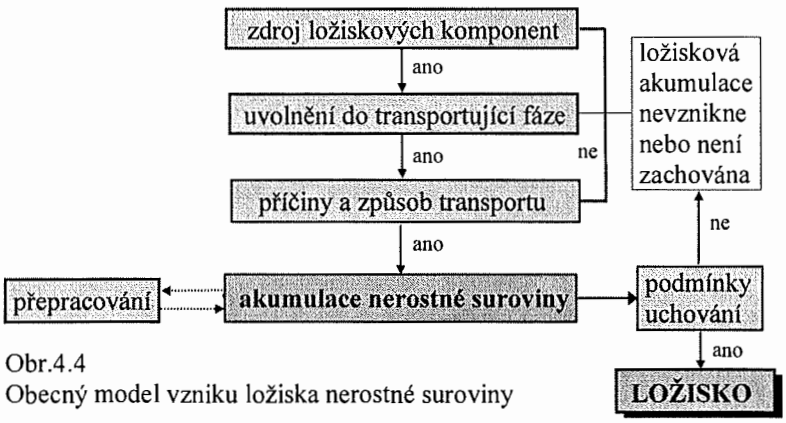
Nahoře celkový pohled na lomy (z materiálů Palabora Mining Co.), vlevo pohled do centrálního lomu (foto C.Schejbal)

4.1.2. VYHLEDÁVACÍ KRITÉRIA.

Teoretickým základem výběru zájmových objektů (tedy řešením otázky "kde hledat") je ***studium časových a prostorových zákonitostí lokalizace nerostných akumulací v zemském korovém obalu,*** resp. jeho geotektonických složkách, tj. ***metalogeneze***. Velmi stručně můžeme shrnout známé poznatky do několika tezí:

a) vznik ložiskových akumulací je nutno klást do souvislosti s celkovým vývojem Země a zejména jednotlivých pater zemské kůry,
b) ložiska se mohou utvářet až na určitém stupni vývoje zemské kůry, který je pro různé typy ložisek rozdílný,
c) s vývojem Země se projevuje stále komplikovanější geochemický charakter minerogenetických provincií, který je odrazem evoluce litosféry, hydrosféry, atmosféry a biosféry,
d) v průběhu geologické historie se objevuje stále větší počet genetických typů ložisek se stále složitějším chemismem a texturně-strukturními druhy ložiskové výplně,
e) vznik a prostorová lokalizace nerostných akumulací je závislá na geotektonickém postavení dané geologické jednotky, která určuje charakter geologických procesů v ní probíhajících.

Při rozboru procesů formování ložiskových akumulací je nutný komplexní přístup, který spočívá v posouzení možného zdroje ložiskových komponent, analýze mobilizačních procesů, příčin a charakteru transportu, depozice a případného následného přepracování a podmínek uchování akumulace (obr.4.4). Všechny uvedené procesy jsou velice variabilní a navíc probíhaly odlišně v jednotlivých geotektonických jednotkách kontinentů, oceánů a tranzitálních oblastí. Při jejich posuzování je nutno reálně uvážit vliv atmosféry, hydrosféry a následně i biosféry, který byl zejména v počátečních obdobích vývoje Země zcela zásadní, neboť charakter těchto sfér určoval průběh oxidačně-redukčních procesů vedoucích ke vzniku enormních ložiskových akumulací řady prvků.



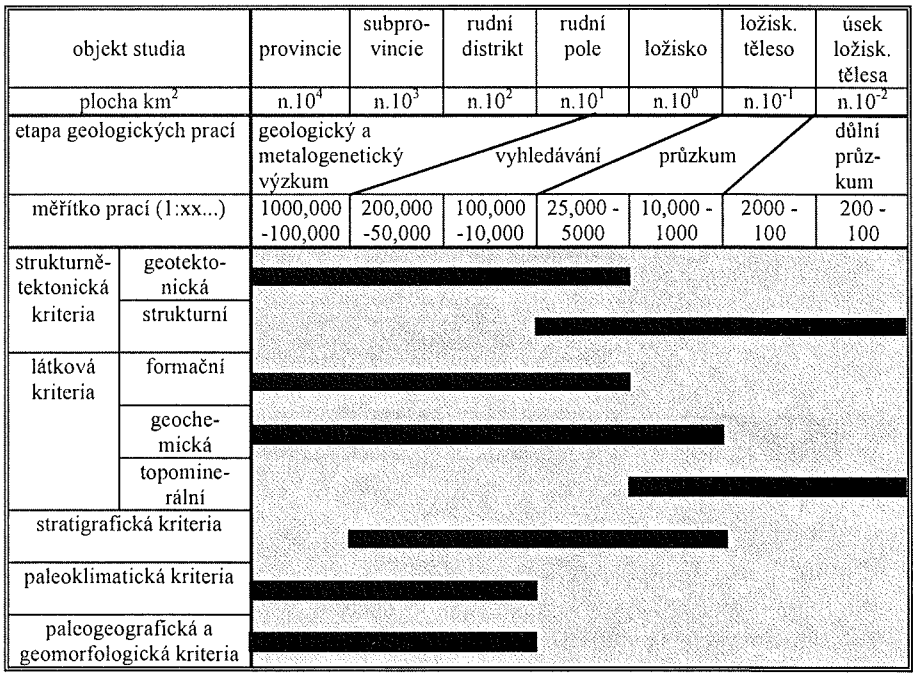
Obr.4.4
Obecný model vzniku ložiska nerostné suroviny

Pro potřeby ložiskového průzkumu jsou poznatky o časoprostorových zákonitostech rozmístění surovinových akumulací transformovány do pojmu ***vyhledávací kritéria***, pod kterým chápeme *faktory, které podmiňují rozmístění a lokalizaci nerostných akumulací* (v zahraniční literatuře označovány "ore-controlling factors", "minerogenetische faktoren", "metallotectes", "rudokontrolirujuščije faktory" apod.). Lze je podle vědního oboru uspořádat do pěti skupin (tab.4.1).

Tab.4.1. Přehled vyhledávacích kritérií ložiskového průzkumu

kritéria strukturně-tektonická	geotektonická	
	strukturní	
kritéria látková	formační	litologická
		magmatická
		metamorfní
	geochemická	
	topominerální a petrofyzikální	
kritéria stratigrafická		
kritéria paleoklimatická		
kritéria paleogeografická a geomorfologická		

Prostorové rozmístění nerostných akumulací je určováno vždy komplexem kritérií. Jejich význam se ale u různých genetických a surovinových ložiskových typů liší. Např. u ložisek magmatických se uplatňují především kritéria magmatická a strukturně-tektonická, u ložisek hydrotermálních kritéria strukturně-tektonická, topominerální a petrofyzikální, u ložisek sedimentárních kritéria litologická, stratigrafická, geomorfologická a paleoklimatická apod. Proto lze rozlišovat kritéria hlavní, vedlejší a negativní. Jednotlivé skupiny vyhledávacích kritérií se mohou uplatňovat v obecném, regionálním nebo lokálním měřítku. Obecná kritéria se využívají při oceňování základních a dílčích geotektonických jednotek, kritéria regionální při prognózování a vyhledávání v rámci ložiskových oblastí a kritéria lokální při provádění průzkumných prací v ložiskových polích a na ložiskách. V průběhu cyklu etap geologických prací se uplatnění jednotlivých skupin vyhledávacích kritérií mění (obr.4.5).



Obr.4.5 Závislost významu vyhledávacích kritérií na objektech a etapách průzkumu

4.1.2.1. STRUKTURNĚ-TEKTONICKÁ KRITÉRIA

mají prvořadý význam pro lokalizaci ložiskových akumulací všech genetických a surovinových typů. Při studiu je třeba rozlišovat jejich vliv na:

- postavení ložiskových provincií, subprovincií a polí,
- rozmístění ložisek v ložiskových oblastech, uzlech a polích,
- lokalizaci ložiskových těles v ložisku.

Podle toho se rozlišují kritéria obecná, regionální a lokální (obr.4.6). Prvé dvě skupiny jsou využívány především při prognózních úvahách a v počátečních etapách geologických prací, třetí má význam v průzkumných etapách a v rámci těžby.

Geotektonickým kritériím se věnuje velká pozornost, neboť zásadním způsobem souvisejí s charakterem všech geologických, a tedy i ložiskotvorných procesů probíhajících v každé geotektonické jednotce. Pro usnadnění volby strategie ložiskového průzkumu byly v polovině minulého století navrženy základní typy geologických prostředí vycházející z metalogenetické koncepce geosynklinál a platform a později z koncepce litosférických desek a blokové stavby. Připomeňme, že pouze geometricky posuzovaná strukturně-tektonická stavba nepostačuje, že je nutná historická analýza vývoje jednotlivých jednotek založená na paleogeografických a paleogeologických studiích. Značná pozornost se věnuje sepětí ložiskotvorných procesů a endogenních nerostných akumulací s hlubinnými zlomy, které dlouhodobě propojují různé úrovně zemské kůry a plášť a umožňují tak jejich energetickou a látkovou komunikaci.

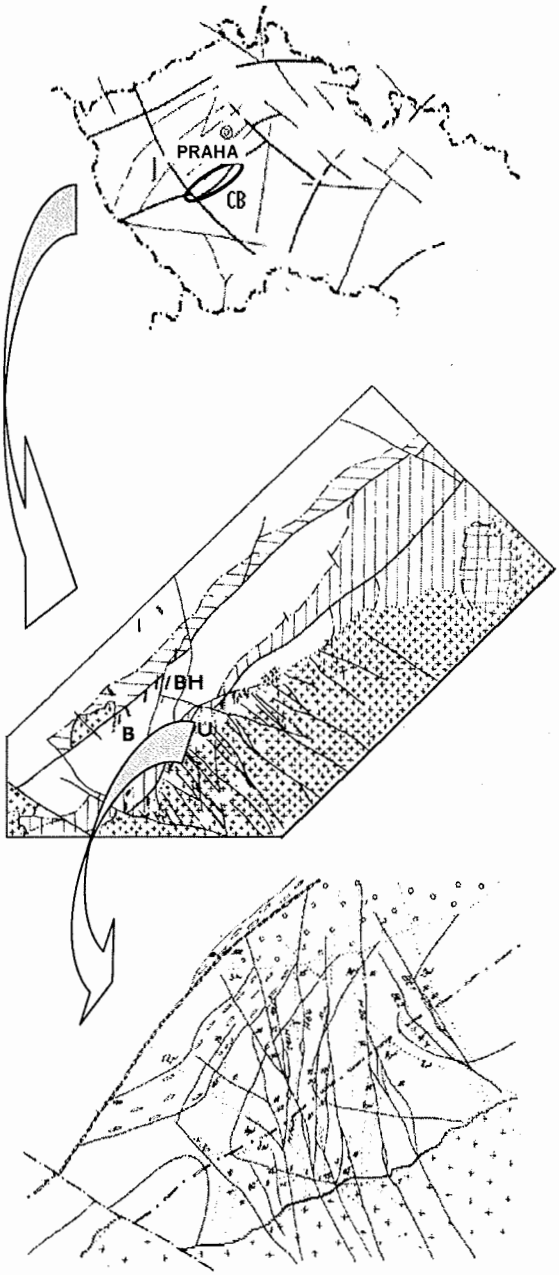
Při prováděni vyhledávacích prací má velký význam vyjasnění vlivu strukturních kritérii na lokalizací ložiskových poli a ložisek (obr.4.7).

Ze strukturně morfologického hlediska lze vymezit pole vázaná na:

a) zlomové struktury (zóny tektonického namožení a drcení doprovázející velké regionální zlomy, úseky jejich směrných ohybů, křížení a větvení, úseky protínání komplexů příznivých hornin, systémy příkopových propadlin a hrástí);
b) vrásové struktury (uzávěry brachystruktur, pásma osních ploch velkých antiklinálních zón, flexurní ohyby atd.);
c) magmatické a vulkanické struktury (kontakty a lokální elevace granitoidních masívů, stratifikované bazické, ultrabazické a alkalické ultrabazické masívy a vulkanické aparáty);
d) kombinované struktury.

Toto obecné schéma je vypracována pro ložiska rudná, ložiska uhelná a ložiska přírodních uhlovodíků. Rozmístění ložisek v rámci ložiskových poli a jednotlivých těles v ložiskách je určováno lokálními strukturními kritérii, jejichž studium má největší význam při podrobnějších geologicko-průzkumných pracích Tato kritéria jsou prostudována především u hydrotermálních ložisek, kde se také nejvíce uplatňují. Rozlišují se ložisková tělesa vázaná na konkordantní struktury vrstevnatých hornin, diskordantní zlomové struktury, struktury kontaktů vyvřelin, primární struktury vyvřelin a kombinované struktury (obr.4.8 a 4.9).

Současné metalogenetické koncepce jsou v principu založeny na deskové tektonice jako univerzální teorii, která dobře vyhovuje a vysvětluje většinu známých skutečností. Velký význam má vymezení metalogenetických zón ležících při okraji štítových oblastí, neboť celá řada rozsáhlých ložisek je vázána na hranici archaikum – spodní proterozoikum. Vysvětlení je nutno hledat v charakteru procesů ovlivňovaných odlišnými vlastnostmi atmosféry a hydrosféry (tab.4.2), v odlišném složení sedimentů, charakteru submarinního vulkanismu a ve stupni rozvoje organického světa.



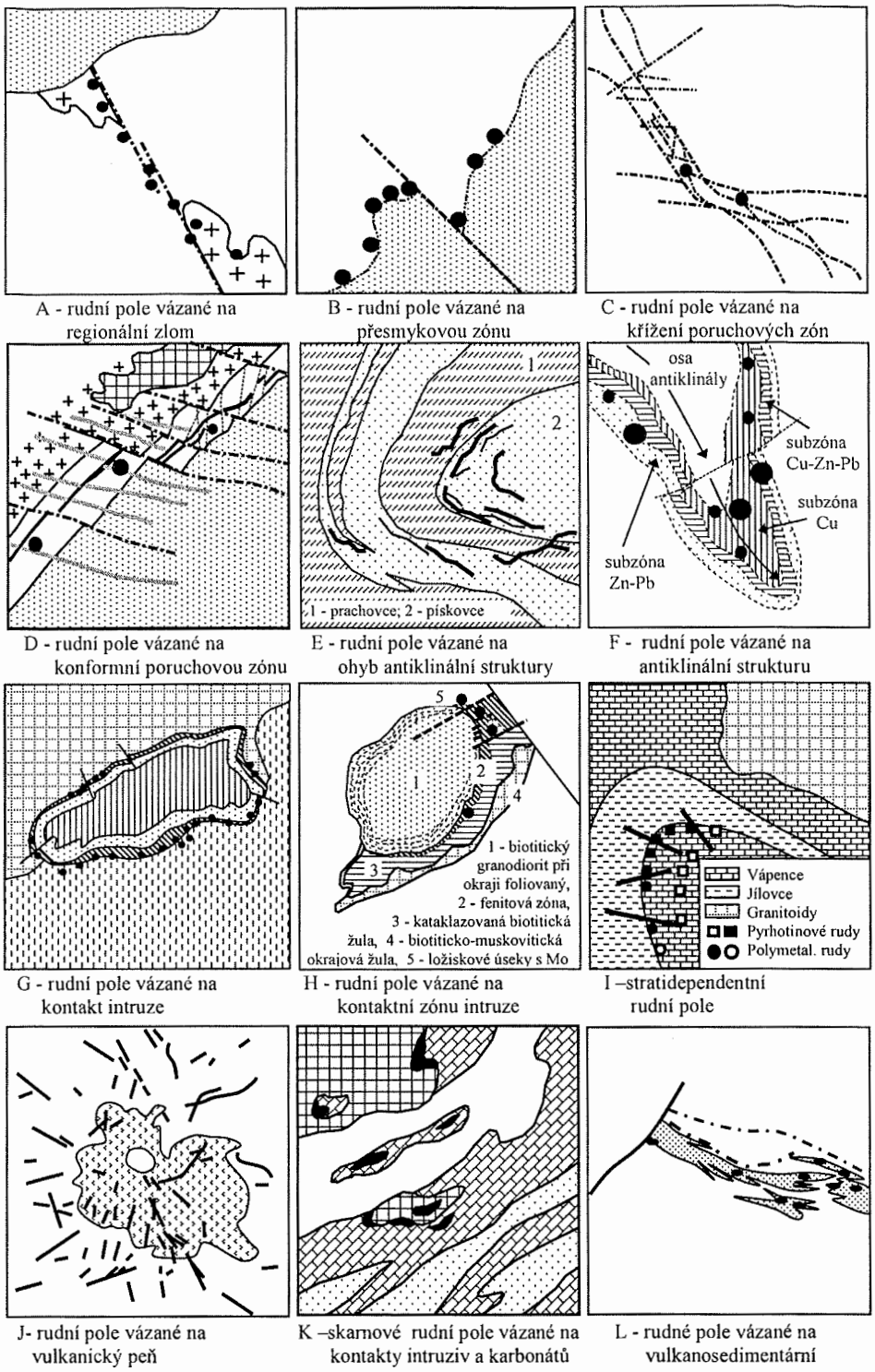
STRUKTURNÍ KRITÉRIA V PŘÍBRAMSKÉM RUDNÍM REVÍRU.

A) Postavení rudního revíru je determinováno křížením SV-JZ středočeského (ČB) a SZ-JV jáchymovského zlomu (J) a jemu podřízeného příbramského zlomu.

B) Rudní revír se dělí na uranové a polymetalické rudní pole. Uranové pole (U) leží v proterozoických slabě metamorfovaných břidlicích v těsném sousedství středočeského žulového masívu. Distribuce uranových ložisek (žilných uzlů) je určena buď úseky změn směru či sklonu SV-JZ regionálních zlomů, nebo undulací osy příbramské SV-JZ antiklinály v přímém pokračování SZ-JV tektonických zón doprovázejících příbramský hlubinný zlom. Polymetalické pole se skládá ze dvou klasických žilných ložisek Březové Hory (BH) a Bohutín (B), které jsou spjaty se SV-JZ regionálním zlomem zvaným jílová rozsedlina (součást klatovského hlubinného zlomu). Březohorské ložisko leží v úseku porušení jílové rozsedliny S-J zlomem, Bohutínské ložisko v oblasti styku zlomu s malým dioritovým tělesem.

C) Výskyt jednotlivých rudních těles v uranonosných žilách je limitován hranicemi břidličného pásma, jejich distribuce pak charakterem kontaktu granitu, polohou osní plochy příbramské antiklinály, křížením a různým větvením žil, intraformačními konglomeráty a horninovými žilami atd. Podobnou roli hraje v polymetalickém poli křížení a větvení žil, změny jejich směru a sklonu a složení okolního hornin.

Obr.4.6 Příklad strukturně-tektonických kritérií v Příbramském rudním revíru.



A - rudní pole vázané na regionální zlom

B - rudní pole vázané na přesmykovou zónu

C - rudní pole vázané na křížení poruchových zón

D - rudní pole vázané na konformní poruchovou zónu

E - rudní pole vázané na ohyb antiklinální struktury

F - rudní pole vázané na antiklinální strukturu

G - rudní pole vázané na kontakt intruze

H - rudní pole vázané na kontaktní zónu intruze

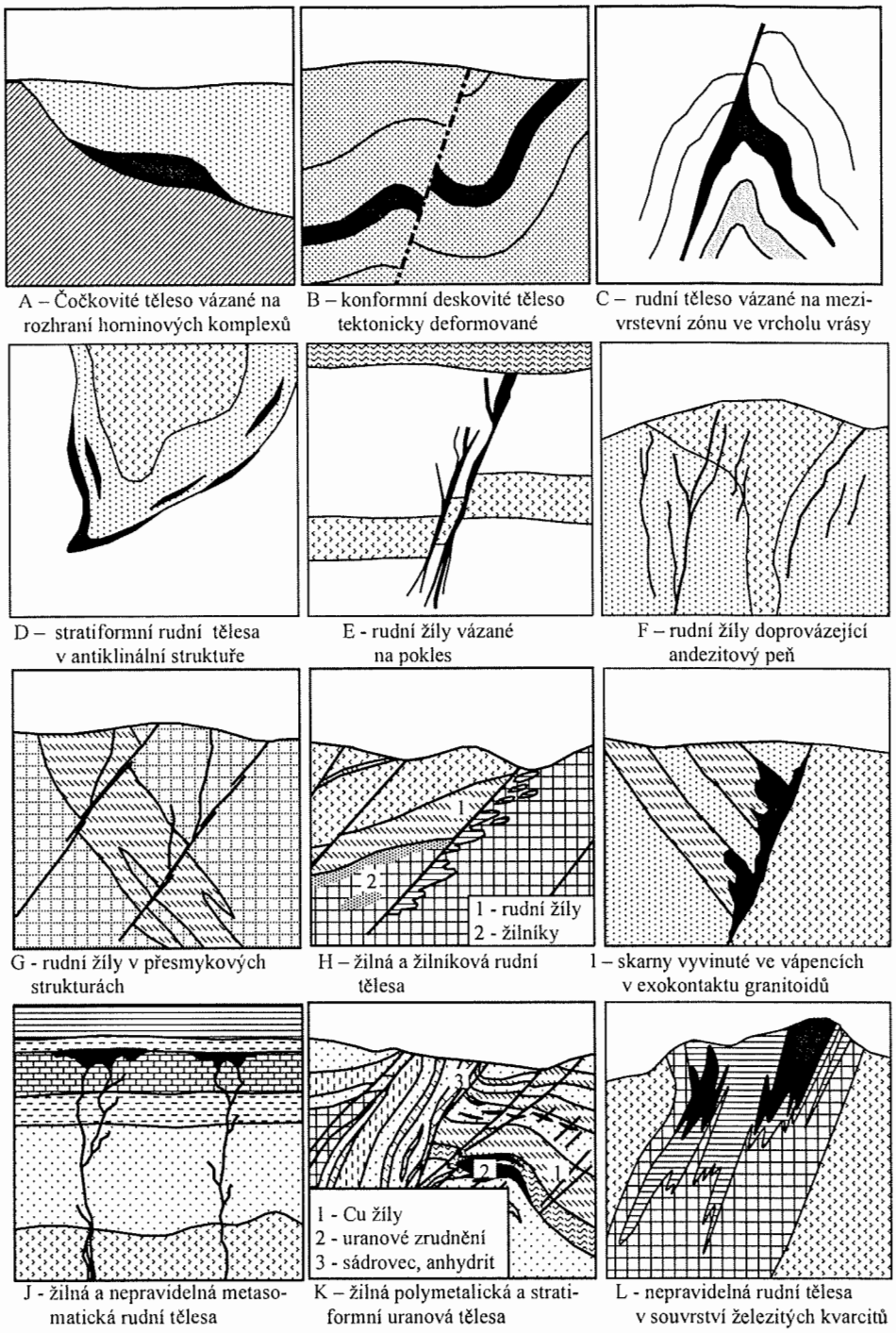
I –stratidependentní rudní pole

J- rudní pole vázané na vulkanický peň

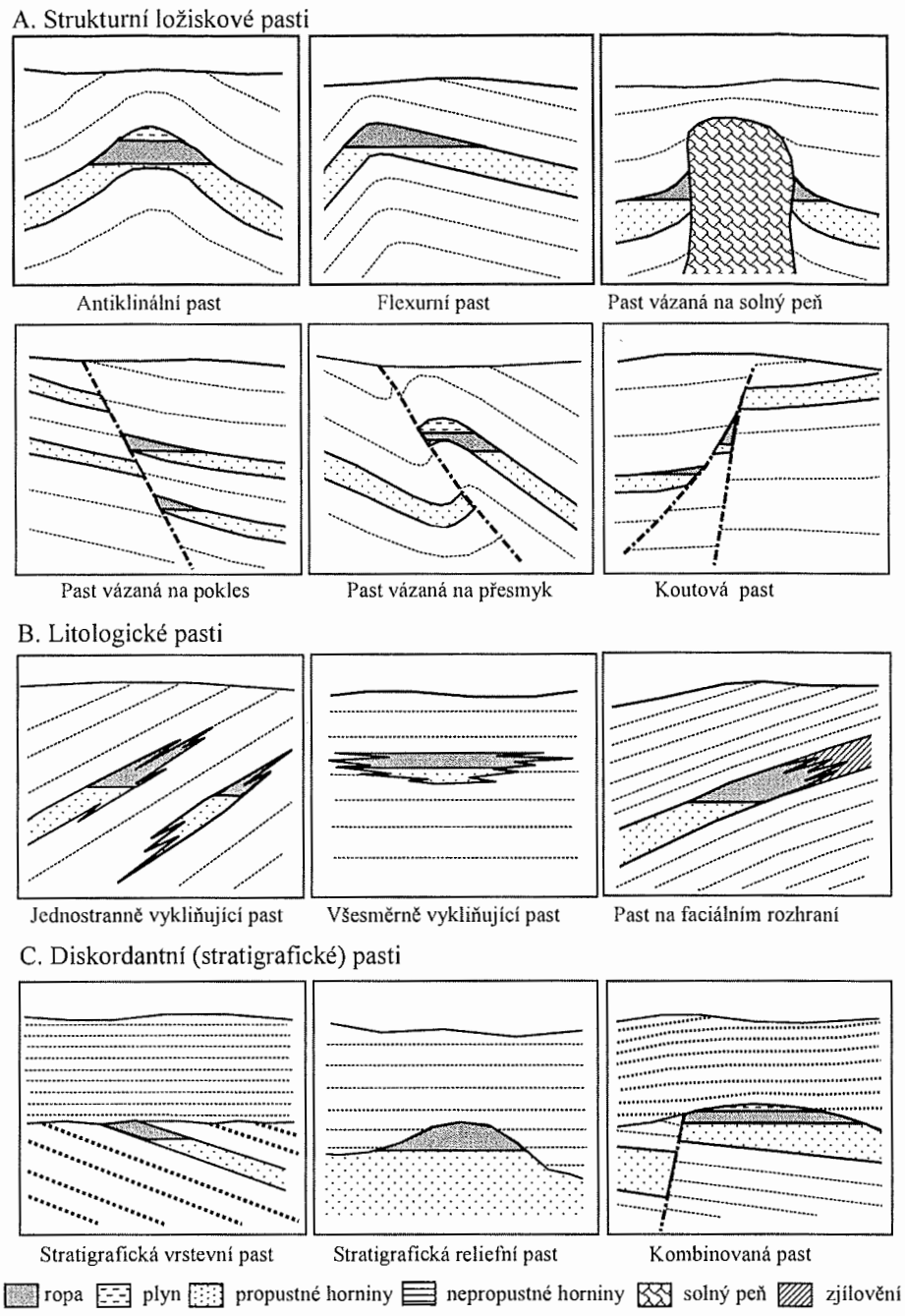
K –skarnové rudní pole vázané na kontakty intruziv a karbonátů

L - rudné pole vázané na vulkanosedimentární

Obr.4.7. Příklady struktur ložiskových polí



Obr.4.8 Příklady struktur ložisek pevných nerostných surovin



Obr.4.9 Základní typy ložiskových struktur kapalných a plynných uhlovodíků

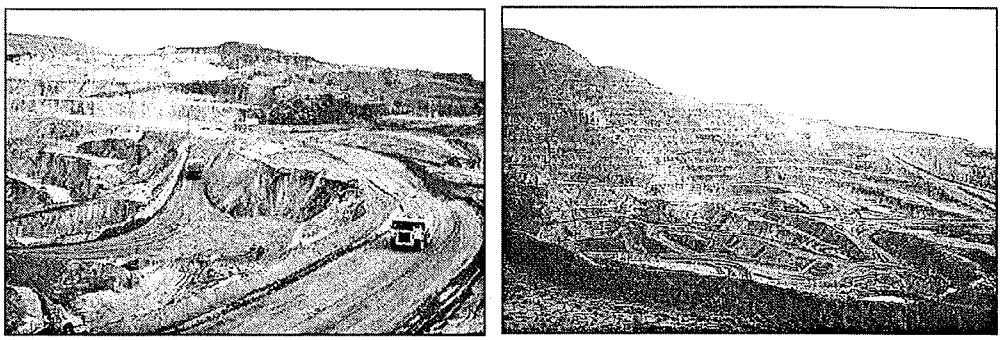
Enormní akumulace zlata a uranu (Witwatersrand, JAR; Serra de Jacobina, Brazílie; Elliott Lake, Kanada, atd.) na hranici archaikum/proterozoikum a zejména železných rud (Železorudný čtyřúhelník v Minas Gerais, Brazílie – obr.4.10; takonity v oblasti Velkých

jezer, USA; Krivoj Rog, Ukrajina; Hammersville, Austrálie; atd.) v bazálních sériích spodního proterozoika vznikly v důsledku těchto specifických podmínek. Intenzívní rozvoj biosféry byl novým a zcela zásadním faktorem, který vedl ke změně redox potenciálu hydro a atmosféry, což se projevilooxidací Fe^{2+} to Fe^{3+} a v důsledku toho ve změnách zbarvení sedimentů ze šedo až zelenošedého na červenavé, žlutočervené nebo hnědé a objevením se obrovských ložisek železa (tab.4.3).

Složka %	Prekambirum	Současnost
H_2O	80	0 - 4
CO_2	17	0.03
O_2	0	21
N_2	0.02	78.1
HCl	1.7	0
Ar	trace	0.93

Tab.4.2

Změny složení atmosféry v geologické historii. (Paturi et al., 1996)



Obr.4.10 Itabiritový lom Caue (vlevo) a Conceição (vpravo), Itabira, Brazílie (foto C.Schejbal)

Tab.4.3 Typické schema geologické stavby Au-U a Fe ložisek v bazální části spodního proterozoika

horninový komplex	**nerostná surovina**	**prostředí**	**organismy**
vulkano-sedimentární série		oxidické	Algophytae
železité kvarcity, itabirity	hematitové rudy		
červeně zbarvené klastické sedimenty			Cyanophytae
šedozelené křemité konglomeráty	uraninit, brannerit, zlato, sulfidy, monazit	redukční	Cyanophytae, Bacteriophytae
diskordance			
metasedimenty, metabazity, žuloruly, ruly			Bacteriophytae

Musíme připomenout, že staré metalogenetické zóny mohou být překryty mladšími horninovými komplexy a transformovány mladšími geologickými pprocesy.

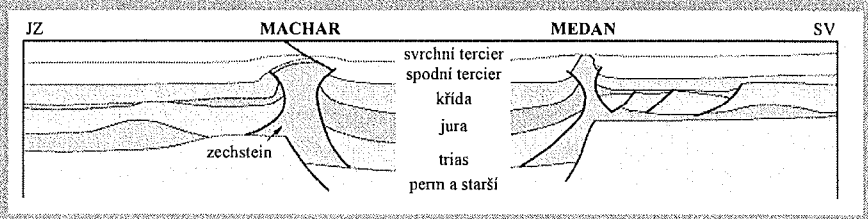
SEVERNÍ MOŘE - NEJVĚTŠÍ ZDROJ ROPY A ZEMNÍHO PLYNU V EVROPĚ

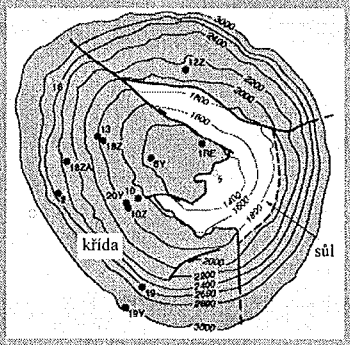
Pod Severním mořem leží největší zásoby ropy a zemního plynu v oblasti Evropského kontinentu, které k největším producentům mimo OPEC. Většina zásob patří Norsku a Velké Británii. Tyto země jsou největšími producenty ropy, zatímco největšími producenty plynu jsou Holandsko a Norsko. Přes nehostinné klimatické podmínky a značné hloubky výskytu zvyšují důležitost regionu politická stabilita a blízkost evropských trhů.

Vyhledávání akumulací přírodních uhlovodíků v Severním moři započalo počátkem šedesátých let minulého století, na základě ověření významného plynonosného pole Groningen v severním Holandsku. Jedno z největších světových ložisek bylo uvedeno do těžby v roce 1963. Významné akumulace ropy a plynu byly postupně objeveny v několika stratigrafických horizontech a to v různých typech ložiskových struktur. V počátečním období byl práce soustředěny na průzkum permských a později triasových plynonosných pískovců v jižní části Severního moře. Koncem šedesátých let se zájem rozšířil do severních oblastí. Ložiskové akumulace byly objeveny v paleocenních a později v jurských pískovcích britského sektoru a v paleocenních pískovcích, křídových vápencích a jurských pískovcích norského sektoru.

Strukturní výzkum sedimentárních pánví vycházel z interpretace seismického průzkumu a výsledků orientačních vrtů. Základem vyhledávacích a průzkumných prací je vrtný průzkum doplněný karotážními měřeními. Karotážní komplex se poněkud liší u průzkumných a otvírkových vrtů.

Jako příklad je dále uveden postup vyhledávání a průzkumu roponosného pole MACHAR, které leží ve východním okrajovém příkopu centrálního Severního moře, v zóně svrchnopermských solných pňů v blízkosti hranice britské a norské zóny. Tato diapirová struktura, která je překryta cca 1500 m mocnými terciérními sedimenty, byla objevena vrtem 23/26a-1 v roce 1976. Struktura byla ověřena řadou sledných vrtů. Hlavní kolektor je tvořen drceným křídovým vápencem, další pak paleocenními písky a diagenetickým celestinovým horizontem v těsném nadloží solného pně. Po vysledování pole byly ve dvou fázích provedeny v letech 1995 - 1995 dlouhodobé produkční testy, které byly úspěšné.





Horní obrázek znázorňuje schematický řez přes diapirové struktury Machar a Medan. Obrázek vlevo ukazuje strukturu Machar na úrovni křídového pokryvu solného pně a systém jeho průzkumu ložiska přírodních uhlovodíků.

4.1.2.2. LÁTKOVÁ KRITÉRIA

4.1.2.2.1. Formační kritéria

jsou založena na studiu vztahů horninových a ložiskových formací. Pod pojmem *horninová formace* se chápe přirozená asociace hornin daná společnými podmínkami vzniku v určitých geotektonických jednotkách. Podobně můžeme vymezit *ložiskovou formaci* jako komplex ložiskových akumulací, spjatých podobností hlavních užitkových prvků nebo nerostných asociací a geologickými faktury, které určují jejich zákonitou časoprostorovou pozici v dané geotektonické jednotce. Jako *ložiskonosnou formaci* označujeme horninovou formaci nebo formační řadu, jejíž součástí nebo odvozeninou je odpovídající ložisková formace. Při detailních studiích je nutné hodnotit i *faciální charakter* formace.

Vztahy mezi horninovými a ložiskovými formacemi mají velký prognózní význam, neboť každé ložisko je specifickou součástí určitého prostředí, které nejen že determinovalo lokalizaci a morfologii ložiskových polí, ložisek a ložiskových těles a jejich nerostné složení, ale ve větší či menší míře také bylo jeho zdrojem. Poněvadž se odlišuje jak charakter pochodů, tak míra těsností vztahů u ložisek různých skupin, rozlišují se formační kritéria litologická, metamorfní a magmatická. Při posuzování formačních kritérií je nutné vedle studia sepětí ložiskové a horninové formace brát také v úvahu:

- u kritérií magmatických a metamorfních polohu a vertikální rozpětí intervalu vzniku ložiskových akumulací a úroveň denudace horninových komplexů;
- u kritérií litologických hloubku denudace horninového komplexu.

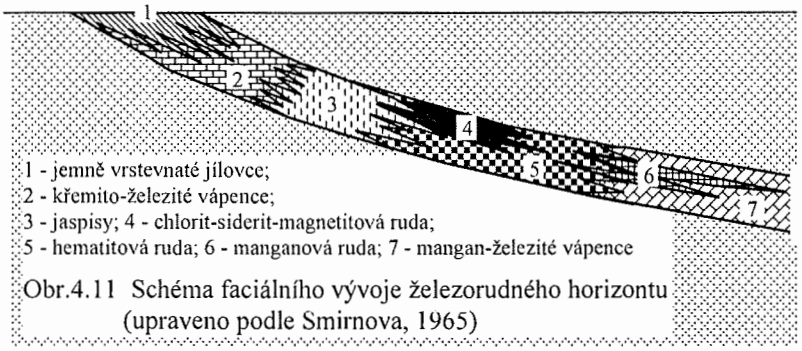
Tyto faktory určují spolu s rozměry a úložními poměry ložiskových těles podmínky uchování vzniklých ložiskových akumulaci.

A. Litologická kritéria

Studium formací sedimentárních a vulkanosedimentárních hornin má zásadní význam při vyhledávání sedimentárních a sedimentárně-vulkanogenních ložisek, neboť různé formace jsou charakteristické určitým spektrem ložisek a produktivností. Ložiska zaujímají určitá prostorová postavení ve formačních a faciálních řadách, což je důležité pro usměrňování vyhledávacích prací (obr.4.11). Některé suroviny se vyskytují výhradně v jednom typu formací (např.soli v evaporitové formaci nebo měďnaté pískovce v pestré formaci aridních zón); jiné suroviny vytvářejí průmyslové koncentrace ve více typech formací (např. Fe, Mn, Al, fosfority, uhlí atd.).

Potenciální výskyt rudních akumulací lze odvodit z charakteru horninových komplexů, které lze považovat za zdroj ložiskových komponent. Např. asociace těžkých minerálů v ryžoviskách je určována složením zvětralých a erodovaných hornin v okolí a podmínkami akumulace (délkou transportu, geomorfologickými a hydrologickými poměry). Jako ilustraci lze uvést akumulace těžkých nerostů v plážových píscích Nového Zélandu. Titanomagnetitové černé písky na západním pobřeží Severního ostrova těžené společností BHP Ltd. u Tahawery vznikly v důsledku zvětrávání mladých andezit-dacitových komplexů. Ilmenitová ryžoviska na západním pobřeží Jižního ostrova vznikla koncentrací těžkých nerostů ze zvětralých granitoidů a metamorfik v oblasti Centrálního alpinského zlomu. Je zřejmé, že je důležité studium paleoklimatických poměrů, neboť asociace ložisek vznikajících v aridním klimatu se podstatně odlišuje od asociace vznikající v humidním klimatu. Stejně tak je důležité analyzovat paleogeografické a faciální podmínky.

Litologická kritéria se uplatňují v obecném, regionálním i lokálním měřítku, a to nejen u ložisek uvedených skupin, ale i u dalších. Ukazuje se totiž, že pro jejich lokalizaci jsou nejpříznivější zóny faciálních změn (např. u infiltračních ložisek).



Obr.4.11 Schéma faciálního vývoje železorudného horizontu (upraveno podle Smirnova, 1965)

B. Metamorfní kritéria

Vyjadřují zákonitosti rozmístění ložisek v zónách či faciích regionální metamorfózy. Metamorfóza může vést ke vzniku či destrukci ložisek. Proto je nutné sledovat chování nerostných složek v průběhu metamorfních procesů, kdy vznikají stabilní produkty (restity) a mobilní produkty (mobilizáty), které mohou být syn či postmetamorfní. Proto se doporučuje konstruovat mapy deformačních fází a usuzovat podle nich na možné mobilizace a rekoncentrace užitkových složek, resp.na ovlivnění a kvalitu restitu.

Sledování metamorfních kritérií je využíváno především při vyhledávání metamorfních ložisek (např. na facii zelených břidlic jsou vázána ložiska smirku a kryptokrystalického grafitu, na amfibolitovou facii ložiska sillimanitu, ilmenitu a krystalického grafitu, na granulitavou facii ložiska granátů a rutilu apod.). U ložisek metamorfních dochází v závislosti na stupni regionální metamorfózy ke změně nerostného složení (např. vznik hematit-magnetitových rud v ložisku železitých kvarcitů), ke změnám morfologie (vliv tektonového uspořádání a provrásnění) nebo ke vzniku nových akumulací odlišného složení i morfologie, tvořené mobilizovanými složkami původních akumulací.

C. Magmatogenní kritéria

jsou geologické jevy, které přímo nebo nepřímo ukazují na vzájemný vztah formací vyvřelých hornin a ložiskových akumulací. Formy sepětí endogenních ložisek s vyvřelými komplexy jsou složité, což komplikuje praktickou použitelnost formační analýzy. Je totiž zřejmé, že v mnoha případech jsou zdrojem užitkových komponent horninové komplexy obklopující vyvřelá tělesa a že vlastní vyvřelé komplexy představují pouze mobilizační element. Proto se z hlediska těsnosti vztahu rozlišují *vztahy genetické, parageneticke a strukturní*. Konstatované závislosti mají až na výjimky určitých genetických typů (vlastní magmatická ložiska, karbonatitová ložiska, greisenová a Cu-Mo porfyrová ložiska) povahu spíše empirickou, zejména u ložisek hydrotermálních.

Na vzájemné sepětí ložiskových a vyvřelých formací se usuzuje na základě prostorových, časových, geochemických a mineralogicko-petrografických relací. V případě hydrotermálních ložisek je hodnocení prostorových a časových relací dosti komplikované a problematické, poznatky o dalších hlediskách jsou dosud poměrně kusé.

Časové vztahy nerostných akumulací a pravděpodobných odpovídajících vyvřelých komplexů nejsou přes dlouhodobý výzkum, založený na radiometrickém datování a v posledních letech i na počítačovém modelování, příliš jasné. Postupně se zdokonalující hmotová spektrometrie poskytuje stále přesnější geochronologické údaje. Starší metody založené na výzkumu vztahů U-Pb, Th-U a později K-Ar, Rb-Sr atd. jsou v současnosti zaměněny nebo doplněny velmi přesnou metodou Re-Os. Vývoj magmatických procesů je

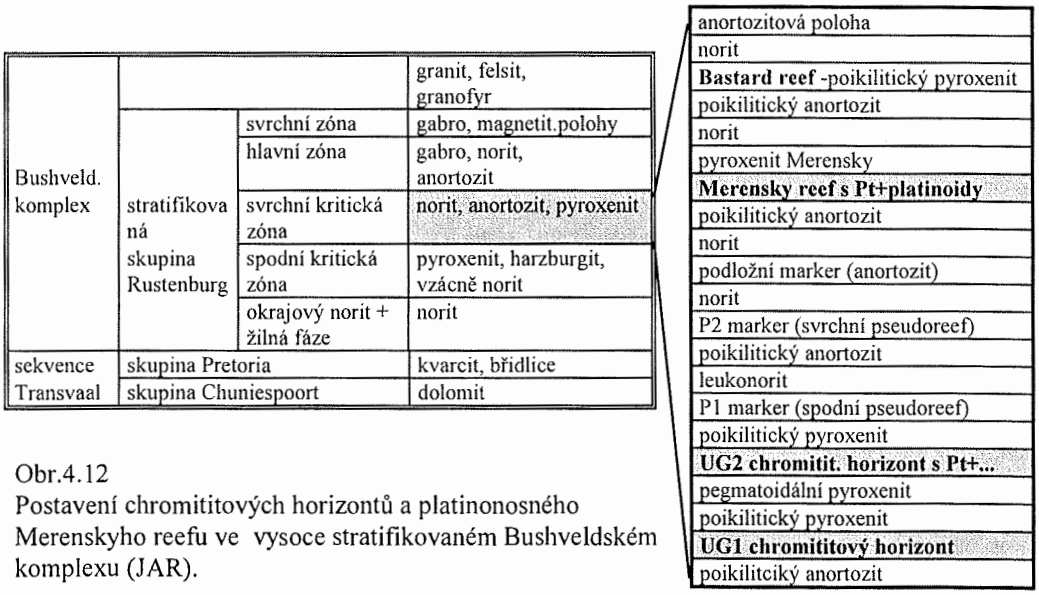
obvykle komplikovaný, diference mezi stářím hornin a ložiskových akumulací je značná. Podle současných názorů mohou geologické události doprovázené mineralizačními epizodami zahrnovat několik desítek milionů roků, přičemž trvání vlastních rudotvorných episod dosahuje pouze desítek nebo stovek tisíc roků (Marsh et al. 1995, Henry et al. 1995 atd.).

Tab.4.4 Absolutní stáří minerálů a granitoidů uranových ložisek České republiky

ložisko	vyvřelá hornina	věk [My]	minerál	věk [My]
Příbram	granit, adamelit	324 - 370	uraninit	265±15
			coffinit	210 - 220
Jáchymov	granit	320 - 340	uraninit I	230 - 270
	autometamorf.granit	300 - 310	uraninit II	100 - 150
	porfyry	280 - 290	uraninit III	5
			galenit	150 - 220
			Ni-Co-Bi rudy	100 - 150
Vítkov II	biotitický diorit	556	uraninit	130 - 150
	granit	320	coffinit	77
Zadní Chodov			uraninit	130 - 170
			coffinit	59
Okrouhlá Radouň	granit, granodiorit		uraninit	160 - 220
			coffinit	36 - 40
			galenit	250 - 280

Zjištěná geochronologická data mohou být také ovlivněna mladšími geologickými procesy, např. regionální metamorfozou nebo hydrotermální rejuvenací (tab.4.4). Proto je nezbytné interpretovat pozorované údaje v komplexu s dalšími indikátory.

Jak již bylo zmíněno, některé genetické typy ložisek vykazují jasné relace s vyvřelými komplexy (ložiska chromitu, platinoidů, likvačních sulfidů, titanomagnetitu, apatit-nefelinová atd.). Nerostné akumulace jako specifické „horniny" zaujímají jistou teoreticky známou pozici v odpovídajícím magmatickém komplexu, což lze využít jako prospekční příznak (obr.4.12).



Obr.4.12
Postavení chromititových horizontů a platinonosného Merenskyho reefu ve vysoce stratifikovaném Bushveldském komplexu (JAR).

4.1.2.2.2. Geochemická kritéria

Za geochemická vyhledávací kritéria považujeme *regionální charakteristiky prostorové distribuce prvků nebo jejich sloučenin*, které jsou odrazem geologického vývoje dílčích jednotek zemské kůry a které ukazují na možné procesy koncentrace prvků v ložiskových akumulacích.

V horninových formacích, se kterými jsou určitým způsobem spjaty jisté nerostné akumulace, se projevuje zvýšený obsah odpovídajících prvků a sloučenin nebo charakteristické vztahy mezi horninotvornými a stopovými prvky. Geochemická specializace potenciálně ložiskonosných horninových formací se posuzuje na základě studia:

- distribuce užitkových, doprovodných a stopových prvků nebo jejich sloučenin v horninách (poznatky jsou nesystematické, využívají se při studiu rudonosných formací vyvřelých a částečně i sedimentárních hornin a oceňování potenciálně ropo a plynonosných formaci);

Na příklad důležité informace o možnosti existence ropomatečného souvrtví lze získat studiem charakteru *rozptýlené organické hmoty*. Především jde o stanovení jejího typu (sapropelový - humusový) a dále o určení stupně přeměny této disperně rozptýlené organické substance. K tomu se využívá sledování stárnutí kerogenu metodami analytickými (elementární analýza, extrakce rozpustných organických látek, plynová chromatografie apod.) či mikroskopickými (uhelně petrologickými). Příklad využití ukazuje empirická škála stárnutí kerogenu sestavená Staplinem (1969) pro území západní Kanady (tab.4.5).

Tab.4.5 Empirická škála termální přeměny kerogenu podle Staplina (1969)

index termální alterace	stupeň alterace	barva organické hmoty	asociovaná ložiska
1	žádný	jasně žlutá	ropa, mokrý či suchý plyn
2	slabý	hnědavě žlutá	ropa, mokrý či suchý plyn
3	střední	hnědá	ropa, mokrý či suchý plyn
4	silný	černá	suchý plyn
5	velmi silný	černá + projevy metamorfozy hornin	suchý plyn až hluché horniny

Jedním z nejefektivnějších prostředků pro odhalení možných ropomatečných souvrství je studium tzv. *biomarkerů* (Peters a Moldowan, 1993). Jsou to specifické složky uhlovodíků v extraktech ropy a hornin, které lze považovat za „molekulární fosilie", z nichž lze odvodit jisté charakteristiky možných zdrojových hornin (tab.4.6). Biomarkery mohou odkrýt:

- poměr ropoafinní a plynoafinní organické hmoty ve zdrojovém kerogenu,
- stáří zdrojových hornin,
- charakter sedimentačního prostředí (mořské, lakustrinní, fluviálně-deltové apod.),
- litologii zdrojových hornin (karbonáty, břidlice),
- termální zralost zdrojových hornin.

Tab.4.6 Indikace horninového prostředí a stáří biomarkery. (OilTracers 1999-2002)

charakteristika		biomarker	obsah v ropách
typ prostředí	mořské	24-n-propylcholestany	ve všech z mořských hornin
	lakustrinní	botryokokan	přítomný
		b-karoten	přítomný
		steran/hopany	nízké obsahy
		C_{26}/C_{25} tricyklické terpany	>1
		tetracyklické polyprenoidy	vysoký

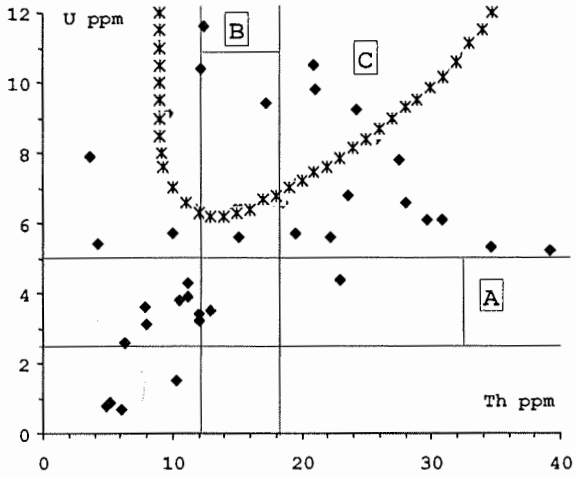
	hypersalinní	gamaceran	vysoký ve vztahu k C_{31} hopanu
		pristan/fytan	velmi nízký
sediment	karbonáty	30-norhopan	vysoký
		diasterany/sterany	nízký
		dibenzothiofen/fenantren	>1 v ropách z karbonátů se sírou
	uhlí	pristan/fytan	velmi vysoký
		C_{31} homohopany	vysoký ve vztahu k C_{31}-C_{35}
stáří	předordovické	24-iso/24-n propylchlestan	vysoký
	ordovické	C_{11}-C_{19} parafiny	převažují liché členy
	karbonské	C_{29} monoaromatické steroidy	vysoký
	předmesozoické	dinosterany	chybí
	od spodní křídy	oleany	zastoupen
	terciérní	24/26 norcholestany	vysoký

- zastoupení užitkových prvků v horninotvorných nebo akcesorických nerostech (poznatky jsou kusé, týkají se obsahu prvků v živcích, křemenu a slídách vyvřelých hornin v oblastech pegmatitových a hydrotermálních greisenových a žilných ložisek);

Tab.4.7 Indikační prvky v některých nerostech sterilních a rudonosných komplexů

ložiska	horninový komplex	nerost	prvek	jedn.	sterilní horniny	rudonosné horniny
Sn pegmatity	granit (Utah, U.S.A.)	biotit	Ni	ppm	30	10
			Sn	ppm	200	455
			Li	ppm	380	3450
	pegmatit (Zabajkalí)	K - živec	Li	ppm	13	217
			Rb	ppm	367	9810
			Be	ppm	1.3	13
Sn-W-Mo greiseny a žíly	granit (Zabajkalí)	muskovit	Sn	ppm	912	1937
			Rb	ppm	1480	4120
			Cs	ppm	95	196
			Be	ppm	18	23
			Nb	ppm	115	100
			Ta	ppm	19	27
		K - živec	Li	ppm	1.5	20
			Rb	ppm	380	1190
			Cs	ppm	12	12
		plagioklas	Li	ppm	7	19
			Rb	ppm	193	328
	granit (Krušné hory , Německo)	biotit	Sn	ppm	50 - 350	200 - 600
			F	%	0.5 - 1.8	2.0 - 6.2
			Li_2O	%	0.1 - 0.6	0.4 - 2.6
			MgO	%	3.2 - 10	0.8 - 3.2
Pb žíly	granit (Utah,USA)	K - živec	Pb	ppm	15	30 - 60

- charakteru změn korelačních vztahů geochemicky příbuzných horninových, ložiskových, doprovodných a stopových prvků v horninách, např. (K:Rb), (Sr:Ca), (Ba:Sr), (Th:U), (Nb:Ta), (Ni:Co), které odrážejí nejen petrochemické faktory, ale také dopady vlivů ložiskotvorných procesů; přitom je výhodné používat prvky, které jsou stabilní v průběhu alterací a metamorfních pochodů (Zr, Ti, Nb, Y, Cs, Sc apod.).



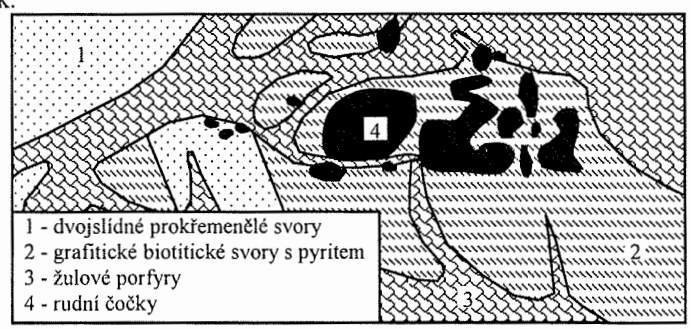
Obr.4.13

Radiogeochemická charakteristika granitoidů Českého masivu (Arapov et al. 1984)

A – běžné průměrné obsahy uranu
B – běžné průměrné obsahy thoria
C – granitoidy spjaté s uranovým zrudněním

4.1.2.2.3. Topominerální a petrofyzikální kritéria

mají převážně povahu lokálních látkových kritérií. Ovlivňují prostorové rozmístění akumulací exogenního i endogenního typu. Pozitivní úlohu hrají horniny, které mají schopnost ovlivnit chemickou stabilitu transportující fáze zvýšenou redukční kapacitou, obsahem sorbentů a snadno rozpustných komponent, resp. úseky se zvýšenou prostupností v důsledku pórovitosti a porušenosti. Nejintenzivněji se tyto vlastnosti projevují v takových komplexech hornin, ve kterých dochází k častým a náhlým změnám chemických a petrofyzikálních charakteristik.



Obr.4.14

Vliv chemismu horninového prostředí na vývoj uranového zrudnění. Žíla Bergkittler 1, důl Rovnost, Jáchymov (Arapov et al. 1984)

U skupiny exogenních ložisek jsou tyto charakteristiky buď přímo spjaty s procesy formování horninových komplexů a projevují se v kritériích formačních, nebo jsou spjaty s hypergenními pochody, hydrogeologickými poměry apod. Velký význam mají různé typy geochemických bariér, které určují lokalizaci infiltračních ložisek U, Se, V, Mo a dalších. U hydrotermálních ložisek mají lokalizační význam horniny s obsahem grafitu, rozptýlené organické hmoty, Fe^{2+} a karbonáty.

V souhrnu lze konstatovat, že pro lokalizaci zrudnění jsou obecně příznivé tří vlastnosti hornin:

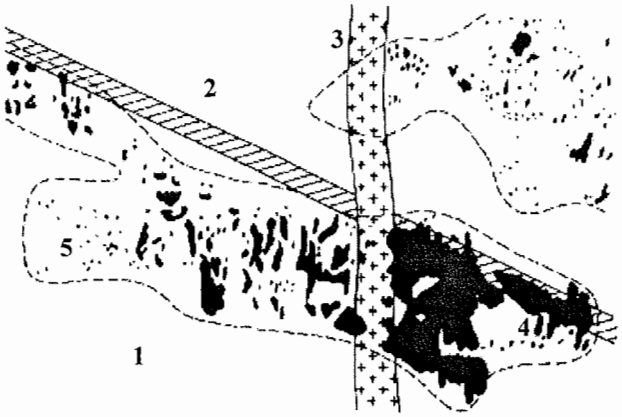
1. propustnost (horniny s vyšší propustností jako jsou pískovce, slepence, tektonicky porušené horniny apod. jsou příznivější);

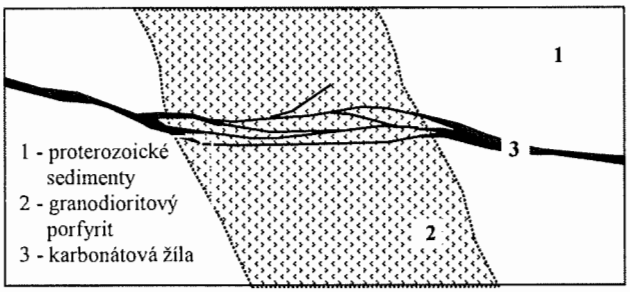
2. chemická reaktivita (horniny s takovými složkami, které mohou indukovat vypadnutí užitkových komponent z roztoků);
3. křehkost (vyvřeliny, kvarcity či intenzívně metamorfované horniny jsou v průběhu tektonických deformací intenzivněji desintegrovány, než horniny plastické jako jsou břidlice či jílovce).

Obr.4.15

Vliv fyzikálních charakteristik hornin na lokalizaci rudních těles na jedné z žil uranového ložiska Příbram (Arapov et al. 1984)

1 – proterozoické sedimenty;
2 – intraformační konglomeráty;
3 – diabasy
4 – rudní čočky
5 - omezení rudních těles





Obr.4.16
Změna morfologie rudní žíly při protnutí žíly granodioritového porfyritu (Arapov et al., 1984)

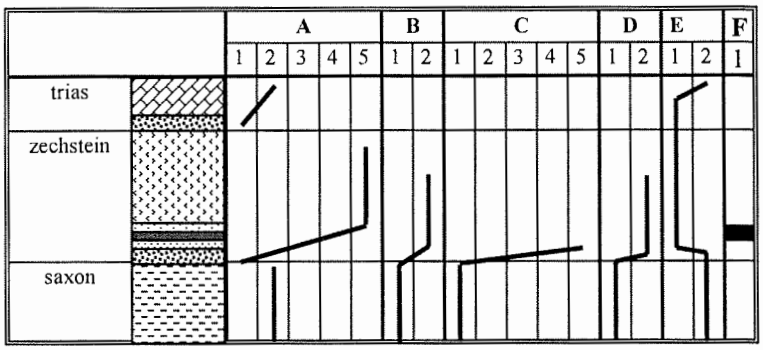
4.1.2.3. STRATIGRAFICKÁ KRITÉRIA.

jsou založena na příslušnosti ložiskových akumulací k určitému stratigrafickému horizontu (vrstvě, souvrství, magmatickému komplexu, sérii regionálně metamorfovaných hornin s prokázaným stratigrafickým zařazením či stratigrafickým hiátem) či epoše. Mají především obecnou a regionální platnost, mohou mít i lokální význam. Uplatňují se nejvýznamněji u ložisek sedimentogenních a metamorfovaných, ale také u některých typů ložisek endogenních.

U celé řady surovin docházelo v některých úsecích geologické historie k jejich přednostní akumulaci; tyto úseky se označují jako *produktivní epochy*. Bychover (1984) vymezuje 4 epochy. Pro prekambrickou epochu jsou charakteristické akumulace Fe, Ti, Mn, Cr, Cu, Ni, Co, Pb-Zn, Au, Pt, U, asbetu, muskovitu a vzácných zemin. Staropaleozoická epocha má nepatrný význam, až na akumulace asbestu a neprůmyslové akumulace U v bituminozních břidlicích. Na mladopaleozoickou epochu je vázána podstatná část ložisek uhlí, draselných solí, Pb-Zn, Hg, dosti velký podíl ložisek plynu, Sn-W, fosforitu a fluoritu. Pro mesozoickou epochu jsou charakteristické akumulace přírodních uhlovodíků, Sn-W, As a fosforitů. Velmi širokým ložiskovým spektrem se vyznačuje kenozoická epocha, která obsahuje zcela převažující část akumulací Mo, S, bauxitu a fosforitů a značný podíl zásob

kaustobiolitů, Cu, Hg, As, Ni, Sn-W atd. V průběhu geologické historie dochází také ke změnám geneticko-morfologických typů ložisek. Názorně se to projevuje u ložisek Fe a U.

Vedle těchto obecně platných poznatků mají stratigrafická kritéria regionální až lokální význam. V případě, že se ve studované oblasti zjistí vazba určitého ložiskového typu k jistému stratigrafickému horizontu, jde o *kritérium přímé*. Např. významné U-V akumulace Plato Colorada ve vyskytují pouze ve svrchnotriasové formaci Chinle a ve formaci Morisson svrchní jury. Cu-Mo (±U) rudy v Zambii a Demokratické republice Kongo jsou vázány jen na 30 až 150 m mocný „rudní horizont" na bázi více než 8000 m mocného proterozoického systému Katanga. Enormní akumulace železných rud ve státě Minas Gerais v Brazílii tvoří rudní sérii o mocnosti do cca 200m, která vychází na povrch v délce 540 km. Jestliže je vazba předpokládaná na základě faciální analýzy a hodnocení chemických a fyzikálních vlastností hornin, jde o *kritérium nepřímé*. Např. pro lokalizaci stratiformních rudních ložisek jsou příznivé úseky faciálních změn (obr.4.17).



A: konglomeráty, pískovce, jíl. sedimenty, vápence, evapority

B: sedimentární cykly: 1 - prvý cyklus, 2 - druhý cyklus;
C: barva: 1 - červená, 2 - žlutá, 3 - bílá, 4 - šedá/zelená, 5 - černá;
D: prostředí: 1 - kontinentální, 2 - mořské;
E: biorexistáze: 1 - biostáze, 2 - rexistáze;
F: mineralizovaný horizont

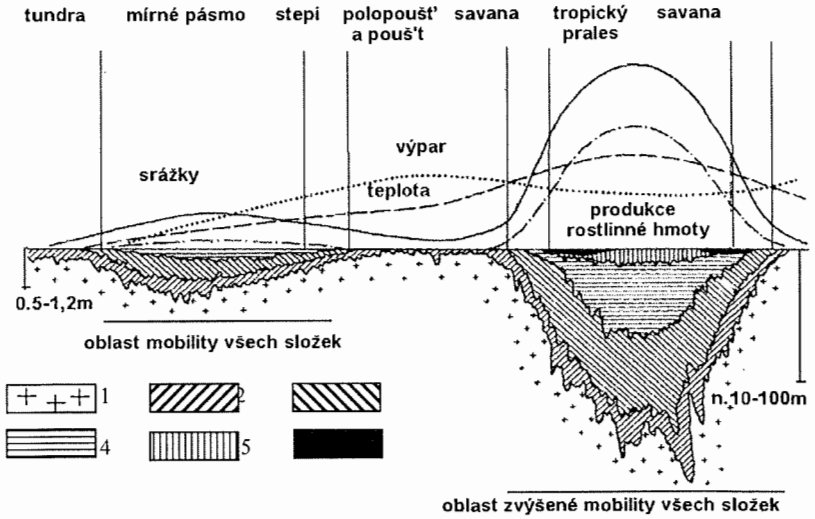
Obr.4.17 Schematický prognózní graf ložiska Mansfeld (Nicolini in Sattran et al. 1977)

4.1.2.4. PALEOKLIMATICKÁ KRITÉRIA.

vyjadřují závislost akumulací nerostných surovin sedimentogenních a sedimentárně-metamorfovaných typů na rozložení klimatických zón v každém úseku geologické historie. Klimatická kritéria určují spolu s kritérii paleogeografickými a geomorfologickými charakter a intenzitu fyzikálně-chemického zvětrávání, pochody migrace a akumulace užitkových prvků a nerostů a intenzitu biologických a biochemických procesů.

Význam paleoklimatických kritérií byl už dříve velmi precisně vyjádřen Strachovem: *„Popíšeme-li distribuci humidních zón pro každý úsek geologické historie, vymezíme oblasti zemského povrchu příznivé pro vývoj zvětralinového pokryvu, kaolinů, ložisek Au, Pt, Ti, diamantů a dalších těžkých nerostů, bauxitu, rud Fe a Mn a uhlí; současně stanovíme oblasti nepříznivé pro jejich vývoj. Stejným způsobem vymezením regionů aridního klimatu určíme oblasti potenciálně příznivé pro vznik akumulací dolomitů, měďnatých pískovců, sedimentárních rud Pb-Zn, sádrovce, solí, fluoritu, celestinu, borátů a bromidů; současně*

vymezíme oblasti nepříznivé. Klimatická zonálnost tedy poskytuje nejobecnější schéma prostorové distribuce velké řady velmi důležitých sedimentárních nerostných surovin, tj. prvou aproximaci pro pochopení zákonitostí jejich distribuce."



Obr.4.18 Schéma vývoje zvětrávacího procesu v různých klimatických zónách (Strachov 1962)

1 – nezvětralé horniny; 2 – zóna rozpadu; 3 – zóna hydroslíd a montmorillonitu;
4 – kaolinitová zóna; 5 – zóna Al-lateritu; 6 – zona Fe-lateritu

Paleoklimatická kritéria se uplatňují při vyhledávání ložisek Au, Pt, Ti, diamantů, bauxitu, kaolinu, uhlí, solí, sádrovce, Cu pískovců, sedimentárních rud Fe, Mn, Pb-Zn, U-V atd. Lokalizaci nerostných akumulací uvnitř příhodných paleoklimatických zón určují kritéria strukturně- tektonická, geochemická, formační, paleogeografická a geomorfologická.

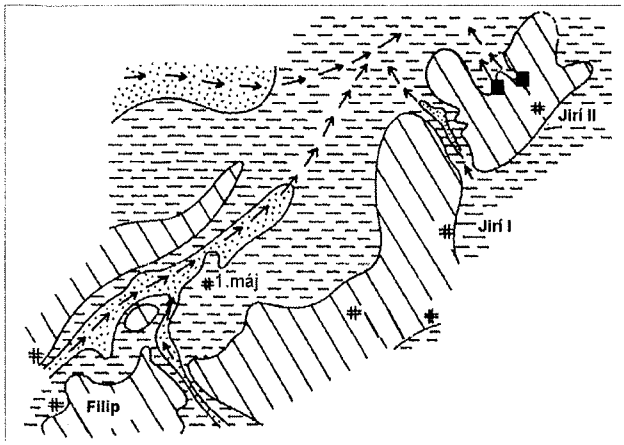
4.1.2.5. PALEOGEOGRAFICKÁ A GEOMORFOLOGICKÁ KRITÉRIA.

Paleogeografická kritéria jsou založena na historické rekonstrukci rozmístění pevninských a mořských oblastí a jejich dílčích prostředí, které jsou charakterizovány určitým typem rozvoje zvětrávacích, denudačních, sedimentačních a biogenních procesů, a tudíž i určitým spektrem rozvoje ložiskových formací. *Geomorfologická kritéria* vycházejí ze studia vývoje reliéfu vymezených prostředí v současných nebo starších geologických obdobích, ovlivňujících formování ložiskových akumulací.

Tato kritéria mají prvořadý význam při prognózování a vyhledávání ložisek vznikajících v připovrchových podmínkách, jako jsou ložiska lateritická, infiltrační, rýžoviska, ložiska jílů a štěrkopísků, ložiska uhlí apod. Jejich posuzování musí probíhat spolu s analýzou strukturně tektonických, látkových a paleoklimatických kritérií podle schematu:

- stanovení tektonického režimu oblasti a jejího paleoreliéfu;
- ocenění klimatických poměrů;
- sestavení paleogeografické mapy znázorňující jednotlivá sedimentační prostředí a základní geomorfologické elementy včetně petrograficko-geochemické charakteristiky.

Příklad paleogeografické analýzy založené na posouzení faciálního vývoje ložiskonosného horizontu s ohledem na rudní akumulace je uveden na obr.4.19.



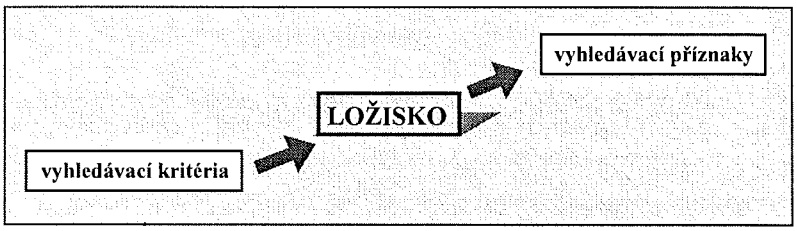
Obr.4.19

Paleofaciální schema horizontu svrchní lubenské sloje v okolí Rakovníka
(Schejbal et al., 1972)

– uhelná facie
– jílová facie
– písčitá facie
- směry proudění vodních toků
– rudní akumulace

4.1.3. VYHLEDÁVACÍ PŘÍZNAKY.

Akumulace nerostných surovin vytvářejí ve svém okolí různě rozsáhlé a různě intenzívní anomální zóny fyzikálních, chemických, mineralogických a petrografických polí, které se v průběhu vyhledávacích a průzkumných prací využívají jako ***vyhledávací příznaky*** čili ***ložiskové indicie***. Vzájemné vztahy příznaků a kritérií lze znázornit schématem na obr.4.20.



Obr.4.20 Schéma vztahů vyhledávacích kritérií a příznaků k ložiskové akumulaci

Z obrázku vyplývá, že vyhledávací kritéria jsou vzhledem k ložisku jevy apriorní, kdežto vyhledávací příznaky jsou jevy aposteriorní.

> ***Vyhledávací příznaky jsou indikátory akumulací nerostných surovin, které jsou spjaty s jejich existencí, s procesy formování nebo s druhotnými změnami jejich připovrchových částí.***

Vyhledávací příznaky lze rozlišovat jednak podle metodiky studia, jednak podle.praktického významu a vztahu k akumulacím nerostných surovin Podle prvého uvedeného přístupu, který je z hlediska dalších návazností k metodice prací výhodnější, se vyhledávací příznaky člení podle tabulky 4.8 do šesti skupin.

Tab.4.8. Přehled vyhledávacích příznaků nerostných akumulací

mineralogicko-petrografické příznaky	ložiskové výchozy
	aureoly úlomků ložiskové výplně
	aureoly těžkých nerostů
	zóny přeměněných hornin
	zóny indikátorových nerostů a rozptýlené mineralizace
	zákonité změny nerostných paragenezí
geochemické příznaky	litogeochemické
	hydrogeochemické
	atmogeochemické
	biogeochemické
geobotanické příznaky	přímá indikace
	nepřímá indikace
geofyzikální příznaky	tíhové
	geomagnetické
	geoelektrické
	seizmické
	radionuklidové
	geotermické
	anomálie odraznosti elektromagnetických vln
geomorfologické příznaky	
báňskohistorické a historickogeografické příznaky	

Podle vztahu k nerostným akumulacím se rozlišují příznaky přímé (výchozy ložiskových těles, mechanické rozptylové aureoly úlomků ložiskové výplně a těžkých nerostů, stopy po staré hornické činnosti) a příznaky nepřímé (zóny přeměněných hornin a výskytu indikátorových nerostů, geochemické rozptylové aureoly, geofyzikální příznaky, geobotanické a geomorfologické příznaky, historicko-geografické údaje).

Stupeň znalostí o jednotlivých typech vyhledávacích příznaků není stejný a z toho vyplývá i jejich rozdílný praktický význam. Prakticky důležité, i když obtížné, je studium vzájemných informačních vztahů příznaků, které je jednou z podmínek výběru racionálních metodických komplexů. Tomuto problému je třeba věnovat neustálou pozornost v rámci provádění výzkumných a průzkumných záměrů.

4.1.3.1. MINERALOGICKÉ A PETROGRAFICKÉ PŘÍZNAKY.

4.1.3.1.1. Výchozy ložiskových těles.

Přirozené a umělé výchozy ložiskových těles jsou prakticky nejdůležitějším přímým vyhledávacím příznakem a v řadě případů přímým důkazem existence ložiska. U nerostných surovin, které se v připovrchových podmínkách příliš nemění, lze podle výchozů soudit na charakter a částečně i na rozměry ložiska. Většinou je ale správné ohodnocení výchozu složitý problém, neboť v důsledku chemického a fyzikálních zvětrávání dochází ke změnám především chemického a mineralogického složení, ale i morfologie, mocnosti a úložních poměrů ložiskových těles. Vývoj a charakter zón sekundárních změn závisí na klimatických poměrech (tab.4.9).

Tab.4.9. Závislost vývoje druhotných změn na klimatu

klima		druhotná zóna	
		oxidační	cementační
tropické	humidní	výrazná, často vyloužená	chybí či málo vyvinutá
	aridní	velmi výrazná	často velmi výrazná
mírné	humidní	někdy výrazná	málo vyvinutá
	aridní	výrazná	často výrazná
polární		velmi slabá	chybí

Mocnost zón sekundárních změn velmi kolísá od nepatrných rozměrů v severských oblastech až do mnoha desítek metrů až prvých stovek metrů v tropických a subtropických oblastech. Např. v oblasti karbonatitového komplexu Bareiro u města Araxá v Brazílii v subtropické zóně, který obsahuje největší světové ložisko niobu dodávající cca 75 % světové produkce, zasahuje zóna lateritického zvětrání až do hloubky 240 m.

Náročnost objevení a komplikovanost správného ocenění výchozů dobře ilustruje příklad objevu obrovského ložiska Voisey´s Bay u Hudsonova zálivu v Kanadě.

HISTORIE OBJEVU LOŽISKA VOISEY´S BAY

Před objevením ložiska Voisey´s Bay nebyly vyvřelé a silně metamorfované horniny východního Labradoru považovány za nadějnou oblast pro nalezení akumulací neželezných kovů. V roce 1985 geologové Departmentu dolů a energie provincie Newfoundland odebrali v průběhu leteckého průzkumu území vzorky z limonitizovaných výchozů, ale výsledky vykázaly jen nízké obsahy. V roce 1993 prospektoři malé společnosti Archean Resources Albert Chislett a Chris Verbinski ovzorkovali limonitizovaný výchoz. Během čtvrt hodiny jim bylo jasné, že udělali potenciálně významný objev. Prospektoři měli větší štěstí, než geologové Geologické služby Nového Fondlandu a Labradoru, protože nalezli nezvětralé horniny poměrně blízko k povrchu. Jak bylo uvedeno v článku v Northern Miner, „mohli vidět chalkopyritové prožilky v gabru". Extrapolovali své poznatky na gossan přibližně 500 m dlouhý a 40 až 60 m široký a poznali význam svého objevu.

Gossan musí být zkoumán velmi pečlivě, neboť sulfidy neželezných kovů jsou v důsledku zvětrávacích procesů až na malé zbytky z výchozu vyluhovány. V případě nálezu ve Voisey´s Bay dosáhly totiž zvětrávací procesy do větší hloubky, než se očekávalo v chladných klimatických podmínkách východního Labradoru.

Výsledky průzkumu se dostavily rychle. V listopadu 1994 společnost Diamond Fields oznámila objev velikého Ni-Cu-Co sulfidického ložiska a v červenci 1995 bylo vrtnými pracemi ověřeno 31.7 mil.t rudy s obsahem 2.38 % Ni, 1.68 % Cu a 0.123 % Co. Ruda se skládá s cca 75 % pyrhotinu, 12 % pentlanditu, 8 % chalkopyritu a 5 % magnetitu.

Hodnocení výchozů se provádí na základě studia chemického a mineralogického složení a texturně-strukturního vývoje ložiskových těles. K tomu se využívá:

- přímého pozorování na výchoze zaměřeného na studium zbytkových primárních a sekundárních nerostů včetně celkového zbarvení výchozu,
- hodnocení texturních znaků na výchoze (textury limonitů, morfologie dutin po vyluhovaných primárních nerostech, pseudomorfozy sekundárních nerostů po primárních),
- chemických rozborů vzorků z výchozu,
- mineralogických analýz odebraných vzorků,
- hodnocení změn fyzikálních vlastností nerostů a hornin.

Příklady charakteru sekundárních změn na výchozech rudních ložisek jsou uvedeny v tab.4.10.

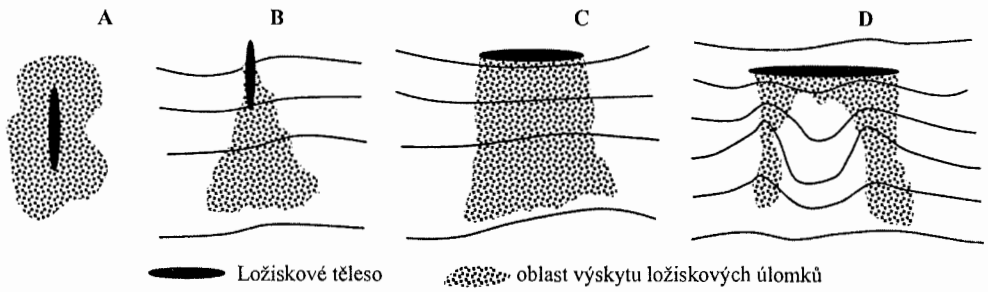
Tab.4.10 Příklady typomorfních sekundárních nerostů, limonitových textur a zbarvení výchozů

primární nerosty	sekundární nerosty	textura zbytkových limonitů	zbarvení výchozu
magnetit, hematit	göthit	bez zjevné textury	rezavě až tmavě hnědé
Mn nerosty		prášková až buněčnatá	černohnědé
Fe sulfidy	jarosit	kypré formy	hnědavé
galenit	cerusit, anglesit, plumbojarosit	čtvercová a obdélníková mřížka	hnědavé
sfalerit	smitsonit, hemimorfit,	houbovitá až buněčnatá	hnědavé
chalkopyrit	malachit, (azurit)	buněčnatá se síťovou výplní	zelenavé
arzenopyrit	skorodit	zrnitá	žlutozelenavé
tetraedrit	stibiconit, cervantit	konturová	čokoládově hnědé
Ni-Co arzenidy	annabergit, erytrin		jasně zelené, růžové
molybdenit	powelit, wulfenit	vějířovitá	
uraninit	uranové slídy a okry		zelené, žluté, oranžové

4.1.3.1.2. Mechanické rozptylové aureoly

jsou oblasti výskytu úlomků nebo nerostů ložiskové výplně, které vznikají v průběhu mechanického rozpadu připovrchových částí ložiskových akumulací. Jejich vývoj je určován fyzikálně-mechanickou stabilitou nerostů ložiskové výplně a okolních hornin a aktivitou erozních procesů. Mechanické rozptylové aureoly se dělí na:

- *úlomkové*, tj. hrubě klastické, tvořené úlomky a valouny ložiskové výplně v eluviálních, svahových, aluviálních a glaciálních sedimentech, jejichž tvar a rozměry závisí na tvaru a rozměrech výchozů a morfologii terénu (obr.4.21);



Obr.4.21 Závislost tvaru úlomkových aureol na morfologii terénu a poloze ložiskových těles. A- izometrická v plochém terénu; B,C – vějířovitá ve svažitém terénu; D – složitá v morfologicky heterogenním terénu

- *mineralogické (šlichové)*, tvořené fyzikálně-mechanicky stabilními nerosty s vysokou hustotou (nad 2.9 g/cm^3) o velikosti zrna od desetin mm do 5 mm, které jsou součástí ložisek nebo je doprovázejí; rozměry těchto aureol kolísají od několika set m u mechanicky málo odolných nerostů (např. u rumělku či antimonitu) po několik desítek km u nerostů odolných (rutil, zirkon, magnetit, apatit atd.).

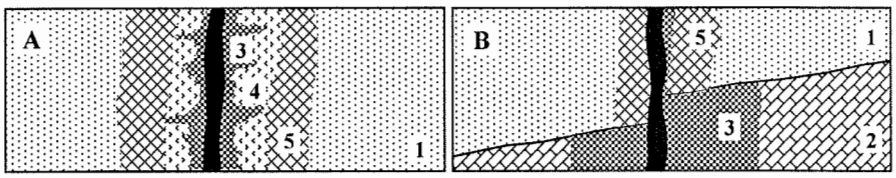
Důležitými znaky jsou minerální asociace, výskyt srůstů nerostů, velikost a stupeň opracování nerostných zrn atd. Rozdílné fyzikální vlastnosti nerostů vedou k jejich roztřídění během přenosu a nakoncentrování v určitých vhodných úsecích.

4.1.3.1.3. Zóny přeměněných hornin

se ve větším nebo menším měřítku vyskytují u ložisek různých genetických typů. Přes velkou variabilitu co do složení, morfologie a rozměrů jsou důležitým, i když nepřímým indikátorem ložiskových akumulací, neboť:

- vymezují oblast pravděpodobného výskytu ložiskových těles;
- usnadňují nalezení nerostné akumulace, protože svými rozměry ve vertikálním i horizontálním směru značně převyšují rozměry ložiskových těles (prakticky nejvýhodnější poměr plochy horizontálního řezu zónou a ložiskem je (10-20):1 ;
- celkovou morfologií zhruba naznačují morfologický typ ložiskových těles (tento vztah může ale být značně ovlivněn porušeností a chemicko-fyzikálními vlastnostmi horninového komplexu);
- svou zonální stavbou, která se projevuje postupnou záměnou nerostných asociací a poklesem intenzity přeměny od centrálních k periferním částem, vymezují detailněji polohu ložiskových těles a tím usměrňují průzkumné práce.

Celkové rozměry zón a typ petrografických přeměn závisí na charakteru, intenzitě, vývoji a termodynamických podmínkách ložiskotvorného procesu a na složení okolních hornin (obr.4.22). Při přeměnách hornin dochází jak ke změnám mineralogického složení, tak ke změnám fyzikálně-mechanických vlastností (pevnostních charakteristik, zrnitosti, pórovitosti, zbarvení atd.), což je nutno v průběhu průzkumných prací sledovat.



Obr.4.22 Příklad závislosti hydrotermálně-metasomatických přeměn na charakteru horninového prostředí v okolí uranonosných žil.
A - v monotonním pararulovém komplexu; B - v komplexu pararul a krystalických vápenců;
1 - pararuly; 2 - dolomitické krystalické vápence; 3 - zóna prokřemenění;
4 - zóna karbonatizace; 5 - zóna chloritizace

Z širokého spektra typů přeměn se u hornin ultrabazických a bazických může projevit serpentinizace, listvenitizace, chloritizace a karbonatizace, u středně kyselých až kyselých hornin greizenizace, prokřemenění, sericitizace, chloritizace, argilitizace , pyritizace apod., u hornin karbonátových skarnizace, prokřemenění, dolomitizace, barytizace atd.

Je třeba zdůraznit, že mezi akumulacemi užitkových nerostů a zónami přeměněných hornin může existovat vztah genetický, paragenetický nebo pouze prostorový, a že zóny nemusí být vždy spojeny s ložiskovými akumulacemi. Přeměněné horniny totiž mohou být spjaty se zrudněním, mohou být starší či mladší, nebo nemusí se zrudněním vůbec souviset.

4.1.3.1.4. Zóny výskytu indikátorových nerostů a rozptýlené mineralizace.

Indikátorové nerosty jsou nerosty typické pro procesy, které vedou ke vzniku ložiskových akumulací. Mohou to být jak rudní, tak doprovodné nerosty, které jsou typické:

- pozitivním a pro studovanou oblast stabilním vztahem k ložiskovým akumulacím;

- optimálním plošným rozšířením;
- praktickou využitelností především v průběhu terénních prací.

Indikační význam mohou mít i některé vlastnosti nerostů, jako jejich morfologie či zbarvení. V rámci laboratorních prací to může být chemismus nerostů, zastoupení stopových prvků, případně i izotopické složení vybraných prvků v nerostech.

Zóny rozptýlené mineralizace v okolí ložiskových těles mají obdobné vlastnosti a stejný praktický význam jako zóny přeměněných hornin. Často však nevykazují vztah s ložiskovými akumulacemi a proto mají povahu nepřímého příznaku.

4.1.3.1.5. Zákonité změny nerostných paragenezí.

Indikátorem skrytého hydrotermálního zrudnění mohou být projevy zákonitých změn nerostných paragenezí, vyvolané mono- a polyascendentní zonálností. Umožňují využívat sterilních periferních částí ložisek jako příznaku perspektivnosti nebo neperspektivnosti nálezu (svrchní a kořenová zóna) a jako příznaku hloubku eroze produktivního horninového komplexu. Sledování plošné zonálnosti nerostných paragenezí v ložiskovém poli pomáhá usměrňovat vyhledávací práce na perspektivní úseky.

Obr.4.23

Příklad využití vertikální zonálnosti rudních žil pro ocenění perspektivnosti nálezu.

4.1.3.2. GEOCHEMICKÉ VYHLEDÁVACÍ PŘÍZNAKY.

Pod tímto pojmem se chápou *lokální geochemické rozptylové aureoly*, tj. oblasti anomální ložiskových a doprovodných prvků či jejich sloučenin v horninách a zvětralinách, v podzemních a povrchových vodách, půdním vzduchu a v rostlinstvu, resp. svrchním horizontu půd obohacených rostlinnou nekromasou, které jsou určitým způsobem spjaty s procesy formování ložisek nebo rozpadu jejich částí. Podle toho se aureoly dělí na *litogeochemické, hydrogeochemické, atmogeochemické (plynové) a biogeochemické.* Podrobnější klasifikační schéma je uvedeno v tab.4.11.

Praktický význam lokálních geochemických anomálií jako vyhledávacích příznaků je dán těmito vlastnostmi:

- rozměry aureol převyšují rozměry ložiskových těles a tím usnadňují jejich lokalizaci;
- chemické složení aureol obecně odpovídá složení ložiskových těles;
- morfologie aureol vcelku kopíruje morfologii ložiskových těles (v případě sekundárních aureol je tato závislost velmi složitá a zpravidla zastřená působením vnějších faktorů migrace prvků);
- zonální stavba aureol určuje přesněji pozici ložiskových těles a umožňuje odlišit perspektivní anomálie od neperspektivních; tuto vlastnost lze popsat na základě studia a odvození zonálnostní řady, která vyjadřuje mobilitu prvků v konkrétních podmínkách, pomocí grafů různých koeficientů zonálnosti typu

$$\mathbf{KZ}_1 = \sum \mathbf{A}_i / \sum \mathbf{B}_i ,$$
$$\mathbf{KZ}_2 = \prod \mathbf{A}_i / \prod \mathbf{B}_i ,$$

kde $\mathbf{A_i}$ jsou obsahy tzv. „nadrudních", tj. nejmobilnějších prvků okrajové části aureolu a $\mathbf{B_i}$ obsahy prvků „okolorudních" či „podrudních", ze ve střední či spodní části aureoly;

- produktivnost aureoly umožňuje odhadnout možné prognózní zásoby v odpovídajícím ložisku; k tomu se využívá

  ⇒ lineární a plošná produktivnost aureoly

$$\mathbf{P_l} = \sum \mathbf{c_i} \times \mathbf{l_i} - \mathbf{c_0} \times \sum \mathbf{l_i},$$
$$\mathbf{P_p} = \sum \mathbf{P_{i,j}} \times \mathbf{L_j},$$

  kde $\mathbf{P_l}$ je lineární a $\mathbf{P_p}$ plošná produktivita, $\mathbf{c_i}$ obsah prvku ve vzorku, $\mathbf{l_i}$ váha vzorku, $\mathbf{L_j}$ zóna vlivu j-té linie (profilu) a

  ⇒ koeficient proporcionality

$$\mathbf{k} = \mathbf{q_a}/\mathbf{q_r},$$

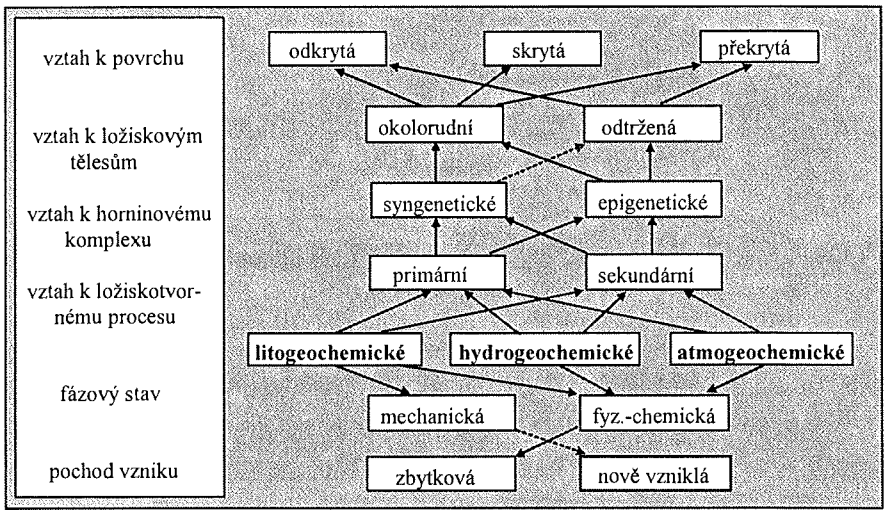
  kde $\mathbf{q_a}$ je množství prvku v 1 m mocné vrstvě aureoly a $\mathbf{q_r}$ ložiska (**k** se obvykle volí na základě analogie ze známých ložisek);

  ⇒ prognózní zásoby se pak odhadnou podle vzorce

$$\mathbf{Q_p} = (\mathbf{h} \times \mathbf{q_a})/\mathbf{k},$$

  ⇒ kde **h** je efektivní hloubka odhadu.

Tab.4.11. Schéma klasifikace geochemických rozptylových aureol



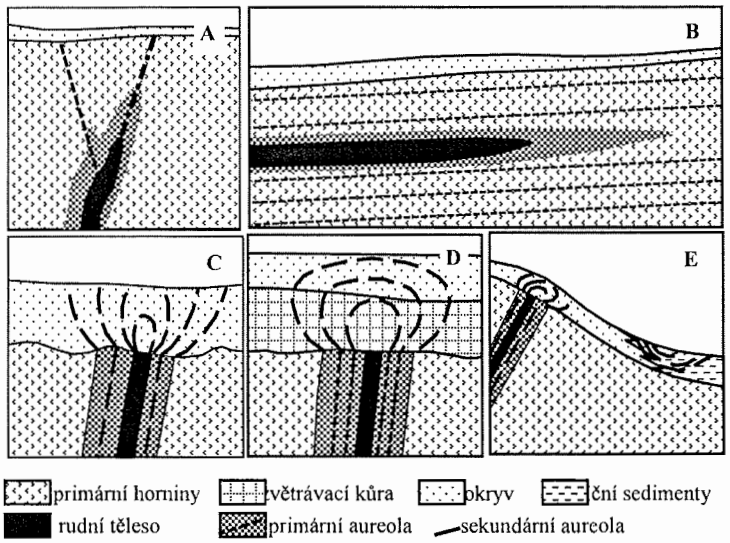
4.1.3.2.1. Litogeochemické rozptylové aureoly

se dělí na primární (spjaté s procesy formování) a sekundární (vznikající při rozpadu připovrchových částí ložiskových těles).

Primární litogeochemické aureoly

mohou být *syngenetické* (charakteristické pro ložiska magmatická, sedimentární a metamorfní) a *epigenetická* (doprovázející ložiska pegmatitová, hydrotermální, infiltrační apod.). Syngenetické aureoly se vyznačují jednoduchou morfologií, vyrovnaným charakterem distribuce obsahu prvků a těsným vztahem k ložiskovým tělesům. Epigenetické aureoly mají naopak značně složitou a nepravidelnou morfologii, velmi nepravidelnou prostorovou distribuci obsahu prvků a někdy také dosti komplikovaný prostorový vztah k ložiskovým tělesům.

Rozměry primárních aureol velmi kolísají. Největšími rozměry se vyznačují syngenetické aureoly sedimentárních ložisek (tisíce m), aureoly likvačních rud a aureoly infiltračního typu (několik set až prvé tisíce m), menší jsou aureoly smíšené (desítky až sta m) a nejmenší aureoly difuzního typu (od cm do m). Maximálních rozměrů dosahují vždy ve směru přínosu prvků. Obsahy prvků v aureolách velmi kolísají od stop do procent v závislosti na typu a intenzitě ložiskotvorného procesu a charakteru prvků. V případě jednofázového pochodu vzniku se obsahy ve směru od ložiskového tělesa snižují až do hodnot místního geochemického pozadí. V případě syngenetických aureol lze pokles zhruba popsat exponenciální funkcí, u epigenetických aureol a zejména v případě vícefázového pochodu vzniku je charakter prostorové distribuce mnohem složitější, neboť je ovlivněn nehomogenitou prostředí a překrývajícími se akty přínosu a výnosu prvků.



Obr.4.24

Základní typy primárních a sekundárních aureol.
A - primární epigenetická
B - primární syngenetická
C – sekundární odkrytá;
D - sekundární složená;
E - sekundární odkrytá a odtržená

Tab.4.12

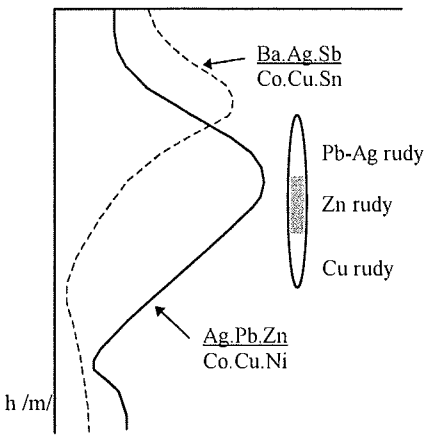
Vertikální zonálnost primárních aureol (Ovčinnikov - Grigorjan, 1970)

typ ložiska		nadrudní ←																podrudní
		Ba	Sb	Cu	As	Ba	Ag	Sn	Pb	Zn	Cu	Bi	W	Mo	Sn	Co	Ni	Be
polymetalická	kontaktně-metasomatická		+	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	+	
	žilná v kyselých efusivech				+	+	+		+	+	+	+		+	+	+		
	stratiformní			+	+	+	+		+	+						+	+	
měďná	kyzová				+	+	+		+	+	+			+		+		
	měďná porfyrová s Au		+		+		+				+	+		+	+	+		
	měďno-bismutová					+	+		+	+	+	+		+	+	+		
	měďno-molybdenová				+	+	+		+	+	+			+	+	+		+
urano-molybdenová							+		+	+	+			+				
sulfidická kasiteritová							+		+	+	+			+	+	+	+	
zlato-křemenná			+		+		+		+	+	+	+		+	+	+	+	+
wolframová kontakně- metasomatická						+			+	+	+		+	+		+	+	+
rtuťná					+		+		+	+	+		+			+	+	
fluoritová					+	+	+		+		+	+	+		+			

Prakticky velmi důležitá je vertikální zonálnost (tj. zonálnost ve směru přínosu ložiskových a doprovodných prvků), která byla řadou autorů sledována u různých typů ložisek.

Z řady pozorování byla odvozena obecná zonálnostní řada primárních aureol hydrotermálních ložisek (Beus, Grigorjan, 1975):

Ba →(Sb,As,Hg) → Cd→ Ag→ Pb→ Zn→ Au→ Cu → Bi→ Ni→ Co→ Mo→ U→ Sn→ Be→W

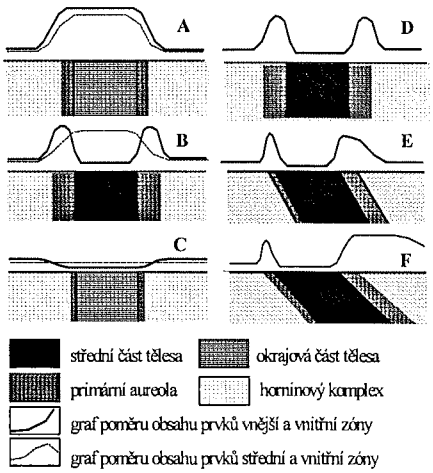


koeficientů

Na základě poznání zonálního vývoje aureol lze odhadnout perspektivnost nebo neperspektivnost lokální anomálie. Spolehlivější výsledky lze získat pomocí grafů násobných a poměrových koeficientů sestavovaných z prvků vnější, střední a vnitřní zóny anomálie, tedy skupin prvků, které se vyznačují odlišným chováním v aureole (obr.4.25). Uvedený postup, který je podle autora někdy označován jako Grigorjanova metodika, vyžaduje pečlivé vypracování modelu aureoly, nejlépe na dobře prozkoumaném typovém objektu.

Obr.4.25
Schéma vertikálního vývoje násobných

Vývoj distribučních křivek násobných koeficientů v příčném směru, popisující příčnou zonálnost aureoly, ukazuje nejen na hloubku eroze studované anomálie, ale také na charakter vývoje ložiskotvorného procesu a orientačně i na úložní poměry (obr.4.26).

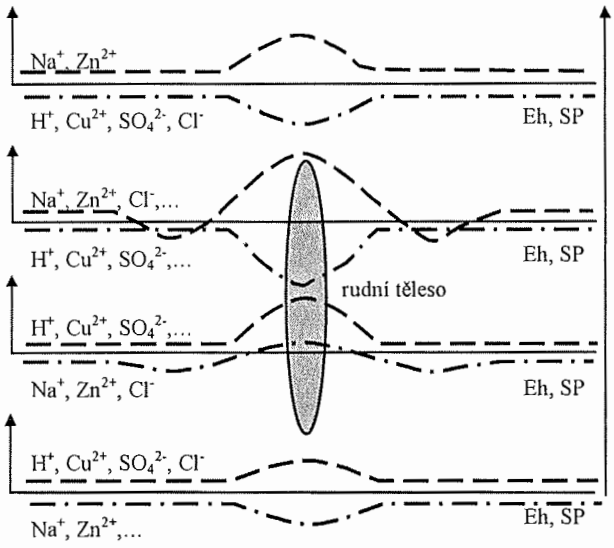


Obr.4.26
Schematické grafy poměrů obsahu prvků zón aureoly
A - malá hloubka eroze;
B - střední hloubka eroze;
C - velká hloubka eroze;
D - strmě uložené těleso;
E - ukloněné těleso;
F - ploše uložené těleso

Sekundární litogeochemické aureoly

vznikají v důsledku velice variabilních procesů mechanického a chemického rozkladu, přenosu v různém fázovém stavu a procesů druhotné akumulace prvků ložiskových těles a primárních aureol v zóně působení exogenních činitelů (obr.4.27).

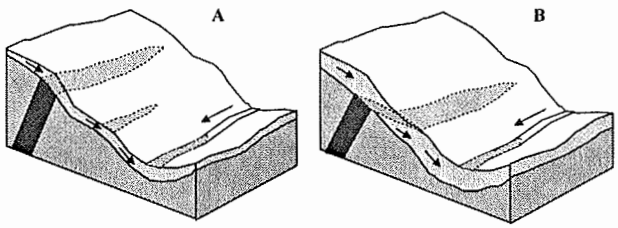
Morfologie sekundárních litogeochemických aureol závisí na tvaru ložiskových těles a primárních aureol, na charakteru horninového komplexu, mocnosti zvětrávací kůry a pokryvu, hydrogeologických a klimatických poměrech. Aureoly ve zvětralinách vcelku kopírují morfologii ložiska. Kombinované aureoly (vznikající v kombinaci s pokryvem) dosahují maximálního rozsahu v určitém hloubkovém horizontu a mají složitou morfologii. Nejkomplikovanější jsou aureoly odtržené, které se vytvářejí na geochemických barierách a které směrem do hloubky rychle vyznívají.



Obr.4.27

Rozložení potenciálů a koncentrací prvků v okolí rudního tělesa v připovrchových podmínkách (Bölviken - Logn, 1974)

Rozměry druhotných aureol značně obvykle převyšují rozměry ložiskových těles i primárních aureol (10 až 30 krát), což je velmi výhodné pro vyhledávací práce. U druhotných aureol se rovněž vždy projevuje zřejmá kvantitativní a kvalitativní vertikální i horizontální zonálnost, avšak odlišného typu než v aureolách primárních, což je dáno rozdílnými vnějšími faktory migrace prvků. Proto nelze přímo přenášet poznatky o zonálních řadách a způsobech jejich popisu (koeficientem zonálnosti) z primární na sekundární geochemické pole.



Obr.4.28

Závislost vývoje sekundárních aureol na morfologii terénu a mocnosti pokryvu

Sekundární litogeochemické aureoly jsou velmi důležitým vyhledávacím příznakem zvláště zakrytých ložisek. Často je však nutno je sledovat hloubkovým vzorkováním na úrovni horizontu maximálního plošného rozšíření.

Do skupiny druhotných litogeochemických aureol náleží tzv. *proudy rozptylu* v aluviálních sedimentech, které vznikají při přenosu ložiskových prvků do oblasti působení vodotečí. Mají výrazně lineární tvar a značné rozměry až několik km.

4.1.3.2.2. Hydrogeochemické rozptylové aureoly

jsou oblasti anomálních koncentrací užitkových a doprovodných prvků a některých jejich sloučenin v podzemních a povrchových vodách, které vznikají jednak při styku vod s ložiskovými tělesy nebo jejich primárními a sekundárními aureolami (epigenetické aureoly), jednak při procesu tvorby ložiskových akumulací (syngenetické aureoly).

Hydrogeochemické aureoly mohou mít hodnotu přímého nebo nepřímého vyhledávacího příznaku. Za přímý příznak se pokládají zvýšené koncentrace prvků a složek nerostných surovin (Cu, Zn, Pb, Ag, Mo, U, V, bitumeny, fenoly a jejich deriváty, NH_4, J, ...), za nepřímé příznaky zvýšené koncentrace SO_4^{2+}, poměry hlavních aniontů SO_4^{2+}/Cl^- a SO_4^{2+}/HCO_3^-, hodnota pH a redox potenciálu apod.

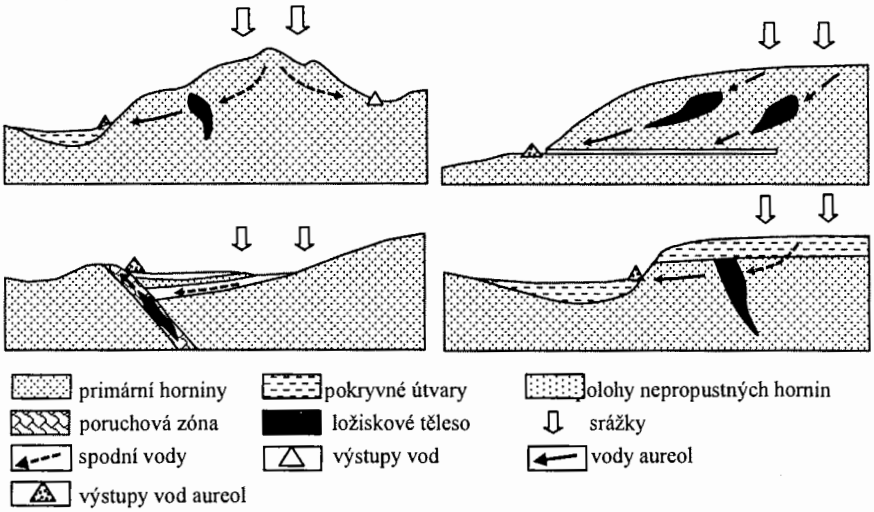
Hodnota přímých vyhledávacích příznaků se mění podle typu ložiska. Složení aureol bude také záviset na různých migračních vlastnostech užitkových a doprovodných prvků v chemicky různorodém vodním prostředí a obecně na geochemickém a metalogenetickém charakteru celé oblasti.

Vznik anomálií v podzemních vodách závisí na morfologii povrchu zájmové oblasti, charakteru vývoje oxidačních procesů, existenci struktur umožňujících hlubokou cirkulaci vod a rychlosti jejich pohybu. Jejich tvar, který může být oválný, vějířovitý až lineární, je mimo morfologie ložiskových těles určován hlavně charakterem pohybu spodních vod.

Hydrogeochemické anomálie typu proudů rozptylu se vytvářejí i v povrchových vodách (vodních tocích, jezerech) v důsledku přímého styku s ložiskem a primární či sekundární aureolou nebo přínosem spodními vodami. Vyznačují se mnohem nižšími koncentracemi, ale značně většími rozměry.

Vlivem rozdílů v chemickém složení hornin, jejich intenzivnějších lokálního rozkladu, zvýšeného obsahu organických látek atd. mohou vznikat nepravé anomálie, které nejsou spjaty s ložiskovými akumulacemi.

Hlubinný dosah metod založených na sledování hydrogeochemických anomálií je v příhodných podmínkách až několik set metrů, což má velký význam při vyhledávání ložisek nevycházejících na povrch nebo při průzkumu ložiskových těles nezastižených průzkumnými důlními díly.



Obr.4.29 Vznik hydrogeochemických aureol spjatých se slepými a překrytými ložisky

Rozměry aureol jsou mimo jiné určovány migračními vlastnostmi prvků. Tak např. kovy lze uspořádat podle klesající migrační kapacity do následující řady.

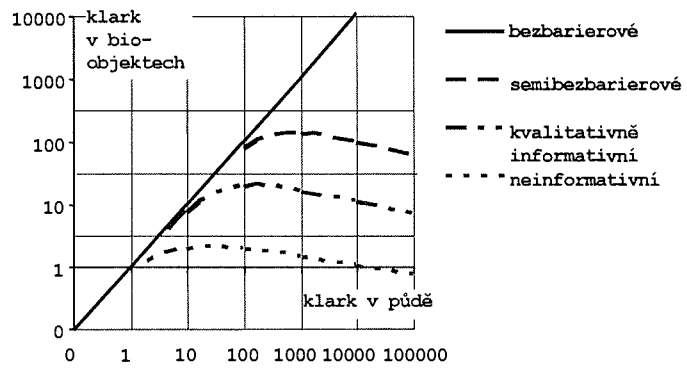
Zn → Mo → Ag → U → Ni → Cu → Co → Pb → Sn → W

↑	↑	↑
aureoly až	aureoly 0.5 km při pomalém a	několik set metrů
několik km	1.5 km při rychlém proudění	

Specifickou vlastností hydrogeochemických aureol v povrchových vodotečích a zdrojích mělké cirkulace je variabilita obsahů způsobená sezónními klimatickými změnami.

4.1.3.2.3. Biogeochemické aureoly

Jsou oblasti anomálních koncentrací některých prvků v rostlinstvu a humusové vrstvě půd. Vznikají akumulací těchto prvků v rostlinách jako odraz změn chemismu substrátu, způsobených buď rozdíly ve složení hornin nebo existencí ložisek a jejich doprovodných aureol. Rozlišují se tedy biogeochemické anomálie horninové, ložiskové a nepravé, které vznikají selektivní akumulací některých prvků určitými rostlinnými druhy. Proto se rozlišují prvky do čtyřech skupin podle rozdílné afinity k rostlinám (obr.4.30). Za výborné až dobré objekty vzorkování jsou považovány bezbarierové a středně bezbarierové rostliny s koncentračními limity na úrovni 30 až 300 násobku lokálního pozadí.



Obr.4.30

Vztah mezi klarkovými obsahy v půdách a skupinami bioobjektů s rozdílnými akumulačními charakteristikami. (Kovalevskii, 1984)

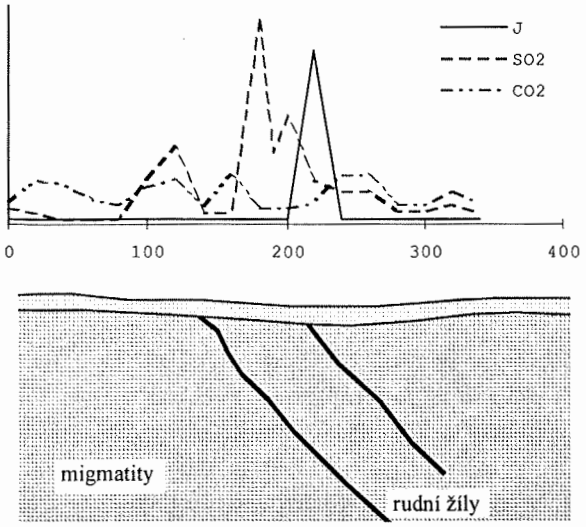
Důležitým rysem biogeochemických anomálií je poměrně značný hlubinný dosah v závislosti na vývoji kořenového systému. V polopouštních oblastech to může být až několik desítek metrů.

4.1.3.2.4. Atmogeochemické rozptylové aureoly.

Posledním typem geochemických vyhledávacích příznaků jsou atmogeochemické aureoly, které se vytvářejí kolem ložisek tvořených plyny, nebo kolem ložisek, jejichž vznik či rozpad je spojen s tvorbou plynných produktů (ložiska radioaktivních prvků, tekutých kaustobiolitů, rtuti a některých polymetalů). Sledují se analýzou půdního vzduchu a určováním obsahu plynu v podzemních vodách.

Běžně využívané jsou plynové aureoly ložisek radioaktivních prvků (emanační metoda, která je ve skutečnosti geochemická metoda). Dále se využívají plynové aureoly ložisek ropy, kde je nutno sledovat především zastoupení vyšších uhlovodíků parafinové řady.

Určitý význam mají také plynné aureoly rtuti, které se tvoří nejen kolem ložisek rtuti, ale i kolem ložisek polymatelických. Koncentrace některých plynů (H_2S, CO_2) vznikají i při oxidaci připovrchových částí ložisek sulfidických rud (obr.4.31). Na této skutečnosti je založena metodika vyhledávání takových ložisek pomocí speciálně vycvičených psů (pozitivní zkušenosti byly získány v severských zemích - Finsku, Kanadě, Rusku).



Obr.4.31

Atmogeochemické profilování nad polymetalickými žilami v Dlouhé Vsi u Havlíčkova Brodu (Krčmář 1976 in Bouška et al. 1980)

4.1.3.3. GEOBOTANICKÉ VYHLEDÁVACÍ PŘÍZNAKY.

Charakter rostlinného pokryvu závisí na půdních, klimatických a biologických podmínkách prostředí, přičemž každá změna vnějších faktorů se projeví i ve změně porostu. Z geologického hlediska je významný empiricky zjištěný fakt, že v určitém krajinném prostředí dávají některé rostliny a rostlinná společenstva přednost půdám na určitých horninách nebo geologických útvarech. Této skutečnosti lze využít v rámci geologického mapování, vyhledávání ložisek nerostných surovin, při hydrogeologickém, pedologickém a inženýrsko-geologickém průzkumu.

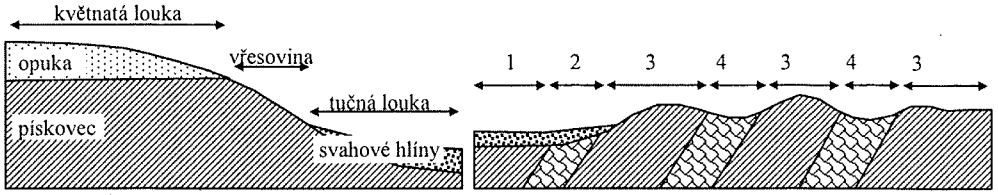
Geobotanické vyhledávací příznaky vycházejí z hodnocení složek a znaků rostlinného pokryvu. Podle toho, které složky a znaky sledujeme, se rozlišují:

a) přímé floristické (druhové) příznaky založené na výskytu specifických rostlinných druhů nebo jejich variet jako indikátorů;
b) nepřímé příznaky vitalitní (hodnocení vzrůstové mohutnosti rostlin) a fyziognomické či vegetační (hodnocení typu vegetace).

Rostlinných indikátorů je popisováno velké množství. Tak např. v Harzu je považována za indikátor Pb-Zn-Cu ložisek kuřička jarní, trávnička či nízká odrůda silenky nadmuté. Pro ložiska mědi jsou v Německu kromě kuřičky charakteristické silenka ušnice a knotovka červená. Velmi známé jsou ve střední Evropě indikátory ložisek zinku violka zinková a penízek zinkový. V oblasti Coloradského plató byly pro indikaci akumulací uranových rud s úspěchem využity kozince. Je však třeba upozornit, že rostlinné indikátory mají pouze empirickou hodnotu a že nemají obecnou platnost.

Prakticky se využívají hlavně příznaky druhé skupiny, které mají „signalizační význam" a které nevyžadují speciální botanické znalosti. Upozorňují na možnou změnu typu

půd a tím i horninového prostředí a jeho chemických a fyzikálních charakteristik či na vodní či ložiskové poměry (obr.4.32).



1 - suchá louka na holocenu s podložím arkozy
2 - vlhká louka na holocenu s podložím jílovitých břidlic
3 - vřesový suchopár na písčitém eluviu arkozy
4 - mesofytická až hygrofytická vegetace na jílovitém eluviu břidlic

Obr.4.32 Příklady signalizační indikace (upraveno podle Sýkory, 1959)

Specifické změny ve vývoji rostlin (zakrslý nebo naopak velmi bujný vzrůst) mohou upozornit na výchozy ložiskových těles, na pramenné linie apod. Nad výchozy křemenných a sirníkových žil se vyvíjí zakrnělá vegetace suchopárů a silikofytů vřesového typu, což popisuje už Agricola.

4.1.3.4. GEOFYZIKÁLNÍ VYHLEDÁVACÍ PŘÍZNAKY.

Pod pojmem geofyzikální vyhledávací příznaky se chápe určitý anomální charakter přirozených a umělých geofyzikálních polí, který může vést k nálezu akumulací užitkových surovin, odhadu jejich morfologie, rozměrů a případně i kvalitativních ukazatelů, k posouzení akumulací a charakteru proudění podzemních vod či jejich znečištění, geotechnických poměrů pro realizaci geotechnických a stavebních děl apod. *Přímé geofyzikální příznaky*, bezprostředně indikující ložiskové akumulace, jsou podmíněny přímým vztahem ložisek s charakterem sledovaných geofyzikálních polí. *Nepřímé příznaky* jsou založeny na sledování vztahu geologicko-strukturních a horninových faktorů nebo doprovodných složek užitkového nerostu s charakterem geofyzikálních polí.

Jako *geofyzikální anomálie* se nazývají odchylky od normálních hodnot přirozených nebo umělých geofyzikálních polí. Pro účely vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin mají význam především *lokální anomálie*, spjaté s ložiskovými tělesy a případně určitými strukturními prvky ovlivňujícími jejich postavení, s akumulacemi podzemních vod či dalších sledovaných objektů. Charakter lokálních anomálií závisí na řadě faktorů, zejména:

a) na velikosti rozdílu fyzikálních vlastností daného objektu a okolního prostředí (tab.4.13);
b) na morfologii, rozměrech, úložních poměrech, geologických charakteristikách objektu a okolního prostředí, hydrogeologických poměrech atd.

Podle použitého geofyzikálního principu se rozlišují anomálie tíhové, geomagnetické, geoelektrické, seismické, radiometrické a geotermické. Speciální typ představují anomálie odraznosti elektromagnetických vln, které jsou základem pasivních i aktivních metod dálkového snímání.

4.1.3.4.1. Tíhové anomálie

jsou odchylky tíhového zrychlení od normálních hodnot, podmíněné rozdílnou hustotou geologických těles (hornin, ložiskových akumulací). Pro průzkumné účely se využívají lokální anomálie (reziduální, druhé derivace tíže), které mohou být kladné (kolem ložisek magnetitových, chromitových, sulfidických apod.) nebo záporné (nad ložisky přírodních uhlovodíků či solnými pni). Mohou být ale také vyvolány hustotními nehomogenitami, které nejsou spjaty s ložisky. Proto mají povahu nepřímých příznaků.

Tab.4.13 Fyzikální vlastnosti vybraných hornin a nerostů
(modifikováno podle Kellyho a Mareše, 1993)

horniny a nerosty	hustota	magnetická susceptibilita	elektrický odpor	radioaktivita	rychlost seismických vln
granit	S	S - V	S - V	V	V - EV
syenit	S	S - V	S - V	V - EV	V - EV
diorit	S	V - EV	S - V	N - V	V - EV
gabro	S - V	V - EV	S - V	N	V - EV
peridotit	S - V	V - EV	S - V	N	V - EV
krystalické břidlice	S	S - V	S - V	S - V	S
rula	S	S - V	S - V	S - V	V
amfibolit	S - V	V - EV	S - V	S	V - EV
vápenec	S	EN	S - V	N	S - V
dolomit	S	EN	S - V	N	V - EV
pískovec	N - S	N	S - V	S	S - V
prachovec	N - S	N	N	S - V	S
jílovec	N - S	N	N	S - V	S
písek	EN	EN	N - S	S	N
jíl	EN	N	EN	S - V	N
křemen	S	EN	EV	-	V
živec	S	EN	EV	EN - S	V
slída	S	N	EV	EN - S	V
amfibol	S	EN	V	-	V
olivin	S - V	EN	V	-	EV
kalcit	S	EN	V	-	V - EV
grafit	N	EN	EN	-	V - EV
magnetit	V	EV	EN - N	-	V
pyrit	V	EN	EN	-	V

EN - extrémně nízká; N - nízká; S - střední; V - vysoká; EV - extrémně vysoká

4.1.3.4.2. Geomagnetické anomálie

jsou odchylky hodnot měřených složek zemského magnetického pole od normálních hodnot, které jsou vyvolány rozdíly v magnetických vlastnostech hornin a rud (magnetické susceptibility a remanentního magnetizmu). Magnetické anomálie zvláště Z-složky magnetické intenzity mohou mít charakter přímého vyhledávacího příznaku, např. u ložisek magnetitu typu železitých kvarcitů, ložisek titanomagnetitových a magnetit-apatitových rud a kontaktně-metasomatických magnetitových ložisek. Méně intenzívní anomále se vytvářejí nad polohami hematitových rud, bauxitů, Cu-Ni sulfidických rud atd. Často jsou však podmíněny tělesy bazických a ultrabazických hornin, což vede ke komplikacím. Charakter a změny v prostorovém rozložení feromagnetických nerostů lze výhodně sledovat měřením magnetické susceptibility hornin in situ.

4.1.3.4.3. Seismické anomálie

jsou vyvolány rozdíly v elastických vlastnostech hornin, případně ložiskových těles. V praxi se využívají jako nepřímý příznak ke studiu strukturně-tektonických a litologických poměrů. Charakteru přímého indikačního příznaku by mohly nabýt pouze za předpokladu přímého a v oblasti prokázaného spojení ložiskových akumulací s určitým strukturním elementem.

4.1.3.4.4. Geoelektrické anomálie

jsou charakterizovány velikostí a rozložením měřených veličin přirozených a umělých geoelektrických polí. Charakter polí je podmíněn chemicko-mineralogickým a texturně-strukturním složením a úložními podmínkami horninových a ložiskových těles s rozdílnými elektrickým vlastnostmi. Za přímé vyhledávací příznaky lze považovat anomálie spontánní polarizace, vyvolané vlivem elektrochemické aktivity hornin a některých nerostných surovin, zvláště sulfidických rud a grafitu. Hlubinný dosah uvedených anomálií je malý a proto je jejich využití při vyhledávání především ložisek nevycházejících na povrch omezené. Charakter přímých vyhledávacích příznaků mají rovněž anomálie vynucené polarizace a přechodových jevů, které umožňují odlišit elektronové vodiče (sulfidické rudy, grafit aj.) od vodičů iontových. Ostatní geoelektrické anomálie, zjišťované různými geoelektrickými metodami, nelze většinou vzhledem k různorodosti vlivů považovat za přímé indikátory.

4.1.3.4.5. Radiometrické anomálie

Jsou vyvolené rozdílnou koncentrací přirozených radioaktivních izotopů v ložiskových tělesech a v horninách. Lze je rozdělit na *radiační* (anomálie beta a gama záření) a *emanační* (anomálie zvýšené koncentrace radioaktivních emanací).

Radiační anomálie jsou většinou přímým příznakem ložisek radioaktivních surovin a ložisek komplexních rud s příměsí uranu či thoria. Jejich vertikální rozpětí nad ložiskovým tělesem je minimální a závisí na charakteru pokryvu. Proto se zpravidla pro jejich sledování používá různých úprav hlubinného vzorkování. Za perspektivní se považují výraznější anomálie často sdružené do skupin, které se vyznačují rostoucí křivkou gama karotáže.

Emanační anomálie mají charakter plynných aureol kolem ložisek radioaktivních surovin. Jejich použití jako přímého indikačního znaku je však komplikované a podmíněné geologickou stavbou (tektonickými prvky, trhlinatostí, existenci nepropustných poloh, charakterem proudění spodních vod apod.). Z těchto důvodů je nutno zjišťovat charakter emanačních anomálií (zda jde o radonový nebo smíšený typ), provádět emanační karotáž k odlišení ložiskových anomálií od jiných druhů koncentrace, deemanační zkoušky pro zjištění trvalosti zdroje emanace a konečně korelovat emanační anomálie s radiačními.

Jako přímých příznaků lze v některých případech s výhodou použít i umělých radiačních anomálií, např. anomálií rozptýleného a pohlceného gama záření pro indikaci některých prvků (Fe, Sn, Pb, Zn, Cu aj.).

4.1.3.4.6. Geotermické anomálie

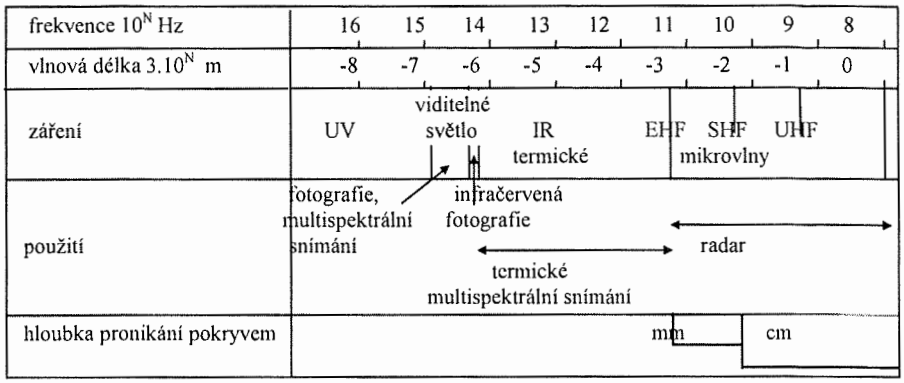
jsou oblasti lokálních odchylek od normálního geotermického pole, které vznikají v důsledku exotermních reakcí v oxidační zóně sulfidických ložisek a kolem ložisek radioaktivních surovin při radioaktivním rozpadu. Jejich interpretace je komplikovaná.

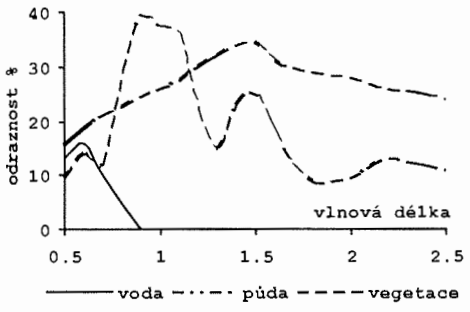
4.1.3.4.7. Anomálie ultrafialového až mikrovlnného elektromagnetického záření

jsou využívány v rámci metod dálkového průzkumu pro zjišťování regionálních a lokálních geologicko-strukturních a petrografických charakteristik a identifikaci akumulací nerostných surovin. Jsou založeny na odraženém přirozeném záření, emitovaném přirozeném záření a odraženém umělém záření, jak je znázorněno na obr.4.33.

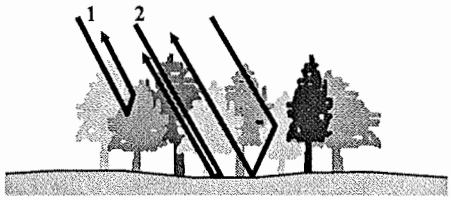
Různé horniny, zóny přeměněných hornin, gossany, tektonické zóny apod, odrážení v různé míře záření odlišné vlnové délky (obr.4.34). Diference spektrální odraznosti lze zjistit i přes vegetační a půdní pokryv (obr.4.35). Ložiskové akumulace se projevují i změnami odraznosti vegetačního pokryvu.

Obr.4.33 Využití spektra elektromagnetického záření v dálkovém průzkumu





Obr.4.34
Obecná materiálová spektra v mikronech



Obr.4.35
Závislost přímého zpětného rozptylu na pásmu
1 - z rostlinného pokryvu (pásmo X – 3 cm)
2 - z půdy (pásmo L - 24 cm
3 - násobný z rostlin a půdy (pásmo C - 6 cm)

4.1.3.5. GEOMORFOLOGICKÉ VYHLEDÁVACÍ PŘÍZNAKY.

Ke geomorfologickým vyhledávacím příznakům patří nápadné pozitivní a negativní prvky mikroreliéfu, spjaté s existencí ložiskových těles či projevy určitých změn v jejich nejbližším okolí.

Pozitivní mikroreliéfní tvary vznikají tehdy, když ložisková tělesa jsou proti zvětrávání odolnější než okolní horniny. Tyto tvary jsou charakteristické pro křemenné a pegmatitové žíly, pro zóny druhotných kvarcitů u ložisek mědi apod.

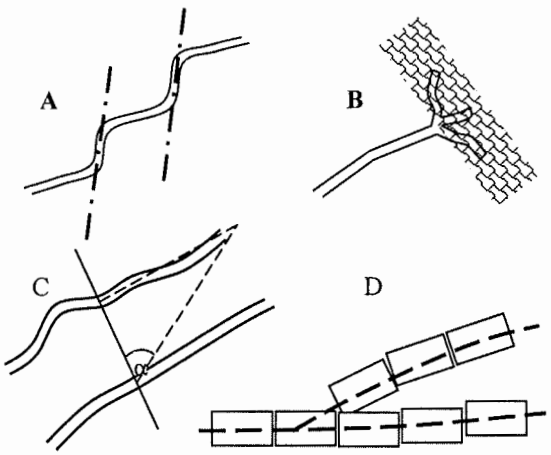
Negativní tvary mikroreliéfu (úžlabiny, rozsedliny, rokle) jsou typické pro snadno větrající ložisková tělesa, která leží v odolnějších horninách, dále pro ložiska spjatá s krasovým a lateritickým zvětráváním (bauxity, laterity Ni a Fe) a jinými procesy ve zvětrávací kůře, které jsou doprovázeny značným výnosem hmot a pro mineralizované zóny v intenzivně změněných (sericitizovaných, chloritizovaných či kaolinizovaných) horninách. Nejvýraznější negativní mikroreliéf vzniká při zvětrávání ložisek sulfidických rud, a to i v případě, že rudní tělesa jsou relativně hluboce uložená (do několika desítek metrů a u mocných těles i více než 100 metrů). Tvar negativních mikroreliéfních prvků závisí na morfologii ložiskových těles.

Pozitivní a negativní tvary mikroreliéfu lze při terénních pracích snadno zjistit. Aby však jejich využití bylo efektivní, je nutno je konfrontovat se strukturními prvky a geofyzikálními, geochemickými a dalšími vyhledávacími příznaky.

4.1.3.6. BÁŇSKÉ A GEOGRAFICKO HISTORICKÉ PŘÍZNAKY.

Do této skupiny vyhledávacích příznaků se řadí takové jevy jako stopy starých hornických prací, archivní záznamy o hornické činnosti, zbytky starých úpraven a hutí a další historické geografické a archeologické údaje.

Staré hornické práce a jejich odvaly se považují za přímé příznaky tehdy, jsou-li v nich nalezeny přímé výchozy ložiskových těles nebo alespoň úlomky těžených užitkových nerostů. V opačném případě se jedná o příznaky nepřímé, stejně jako v případě nepřístupných hornických děl.



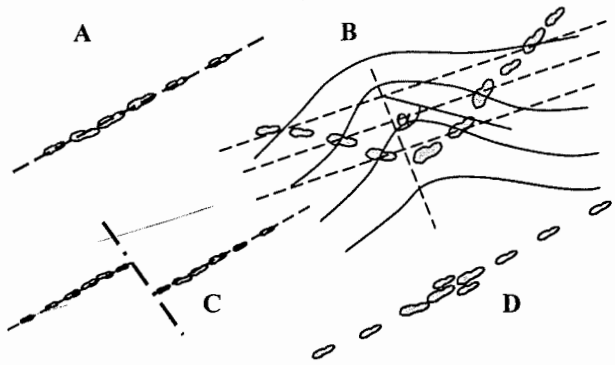
Řadu informací lze získat už ze studia archivních záznamů, starých důlních map a map důlních měr a kutišť (obr.4.36).

Obr.4.36

Příklady využití starých důlních map

A – odhad porušení rudní žíly zlomy
B – ukončení žíly na poruchové zóně
C – určení směru a sklonu žíly
D – průběh žil podle polohy důlních měr

Podle rozmístění stop povrchových hornických prací (odvalů, pinek), které svým seskupením kopírují průběh ložiskových těles, můžeme stanovit průběh výchozu ložiska, orientačně jeho úklon, charakter tektonického porušení, vyhluchnutí či vyklínění. Podle složení odvalů lze usuzovat na charakter ložiskové výplně a jeho změny a ovzorkováním velmi přibližně i na kvalitu ložiskové výplně (obr.4.37).

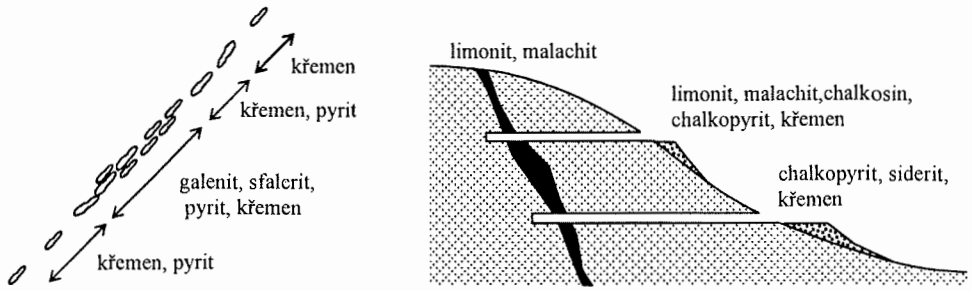


Obr.4.37

Příklady využití stop starých povrchových děl

A – určení směru žíly
B – určení úklonu žíly
C – předpokládané porušení žíly
D – vyhluchnutí či vyklínění žíly

Podle starých hald můžeme určit polohu ústí štol, odhadnout délku důlních děl podle objemu hald, stanovit sled hornin ve štole, složení ložiskové výplně a v příznivých podmínkách i primární a sekundární zonálnost (obr.4.38). Jestliže bylo na dané ložiskové těleso raženo více štol, lze podle velikosti a složení hald soudit na přibližný sklon ložiskového těles a jeho průběh.



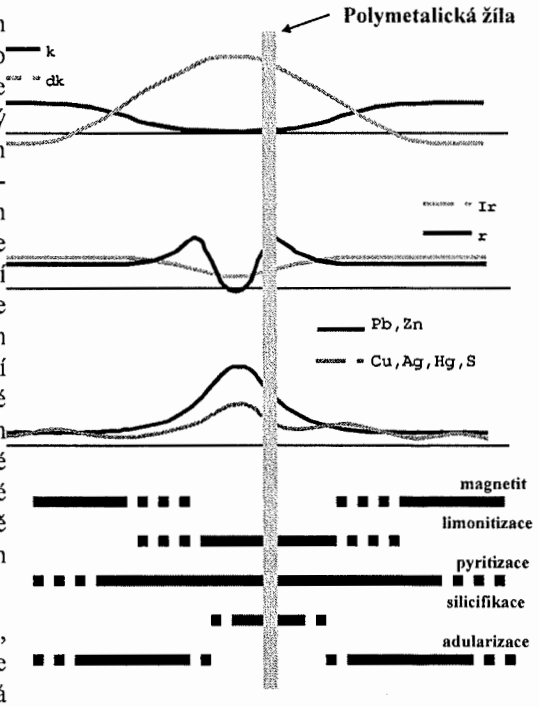
Obr.4.38 Příklady využití mineralogického a petrografického složení starých odvalů pro ocenění zonálnosti ložiska

Ve starých hornických oblastech se také setkáváme s odpady starých úpraven (drtíren, plavíren) a častěji se zbytky starých hutí a s odvaly strusek. Podle odpadů a chemického složení strusek a rudních uzavřenin v nich lze soudit na charakter zpracovávaných rud.

Užitečné informace o možné existenci akumulací nerostných surovin lze získat ze zeměpisných a místních názvů (např. Stříbro, Kutná Hora,. Měděná Hora, Měděnec, Železná Ruda, Erzberg), z historických a archeologických materiálů týkajících se lidské činnosti spojené s využíváním nerostných surovin (např. velmi významné ložisko měděných porfyrových rud Erdenet v Mongolsku bylo nalezeno podle starých lůmků na malachit, azurit a chrysokol starých asi 250 let). V současné době v průmyslově rozvinutých zemích a zemích značně podrobně prozkoumaných (jako je např. Česká republika) význam těchto nepřímých příznaků poklesl, ale v zemích málo prozkoumaných je nelze opomíjet.

4.1.3.7. STUDIUM VYHLEDÁVACÍCH PŘÍZNAKŮ.

Z uvedeného přehledu vyhledávacích příznaků je zřejmé, že z metodického hlediska je jejich význam odlišný a že dosud nejsou dostatečně poznány. Velký praktický význam má poznání jejich vývoje při rozdílných geologicko-strukturních poměrech v odlišných metalogenetických jednotkách, kde se uplatňují odlišné procesy formování ložiskových akumulací. Velmi důležité je řešení vzájemných vztahů indikačních jevů. Pochopení všech těchto souvislostí je nezbytnou podmínkou úspěšné realizace vyhledávacích a průzkumných záměrů. Indikační jevy a jejich vzájemné vztahy je výhodné a jedině možné analyzovat na známých a dostatečně prozkoumaných typových objektech (obr.4.39).



Obr.4.39Geochemické, geofyzikální, mineralogické a petrografické anomálie v okolí rudních žil ložiska Banská Štiavnica
(Schejbal, 1980)

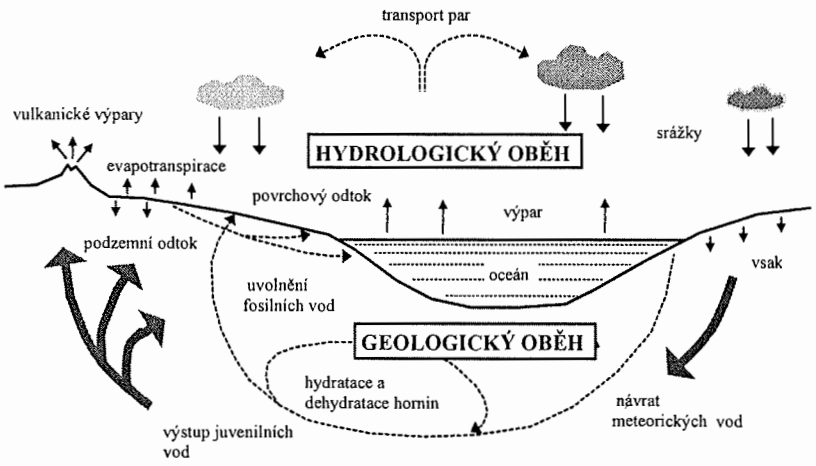
4.2. HYDROGEOLOGICKÝ PRŮZKUM.

Cílem hydrogeologického průzkumu je zajišťování a ochrana zdrojů podzemních vod (prostých pro vodárenské účely a termálních a minerálních pro zdravotnické účely), odvodňování staveništ', ložisek a dalších objektů a studium hydrogeologických poměrů pro hydrotechnické, zemědělské a jiné hospodářské účely a pro těžbu kapalin a roztoků nerostných surovin. V prvém případě je podle Meliorise et al. (1988) cílem získat maximální množství kvalitní podzemní vody při minimálním dlouhodobém narušení přírodních podmínek zvodněného systému, při odvodňování dosáhnout co největší snížení hladiny podzemních vod při minimálním čerpaném množství, při těžbě kapalin a roztoků zajistit maximální využití ložiska při minimálních nákladech a ovlivnění zvodněných systémů a životního prostředí.

4.2.1. TEORETICKÉ ZÁKLADY.

Teoretický základ hydrogeologického průzkumu představuje jednak obecná metodologie geologického průzkumu, jednak metodologie hydrogeologie jako vědy, která se zabývá složitým dynamickým vodním systémem v přírodním prostředí. Tento systém se vyznačuje komplikovanými vztahy z hlediska vzniku, uložení, rozšíření, evakuace, distribuce a doplňování, z hlediska chemických a fyzikálních vlastností i z hlediska vztahů k přírodnímu prostředí a ke člověku (Melioris et al. 1988). Strukturní a funkční analýza tohoto systému nebo jeho části je vlastní náplní hydrogeologického průzkumu.

Původ a vývoj hydrosféry je těsně spjatý s vývojem ostatních částí zemského tělesa, neboť mezi pláštěm, zemskou kůrou, hydrosférou, atmosférou a biosférou probíhala a neustále probíhá výměna vody. Studium tohoto oběhového cyklu, tj. složitého dynamického systému je základem hydrogeologie jako vědního oboru. Geologická větev cyklu zahrnuje procesy pohybu juvenilních a recirkulovaných magmatických, metamorfních a fosilních vod a meteorických vod hluboké cirkulace. Hydrologická větev se realizuje v systému pevnina - oceán - atmosféra a zahrnuje procesy pohybu povrchových vod (obr.4.40).

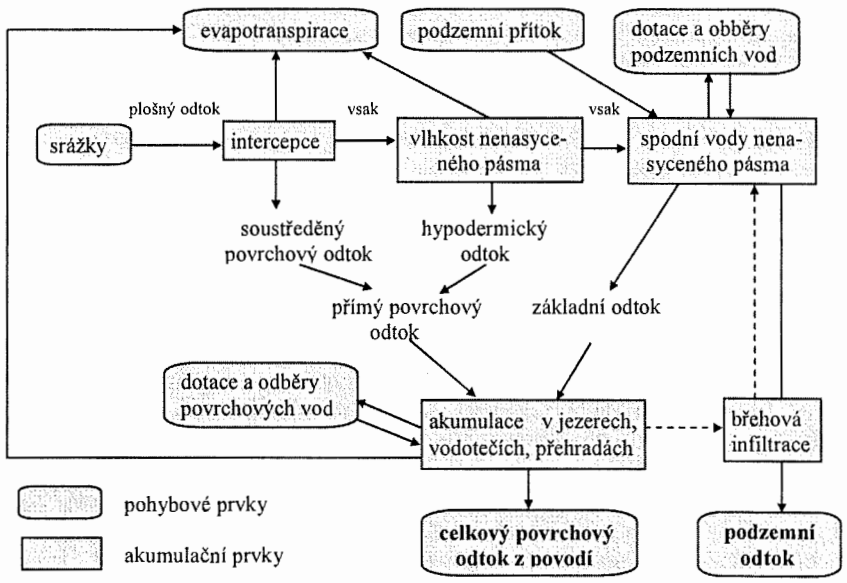


Obr.4.40 Schéma oběhu vody v přírodě (upraveno podle Galperina et al., 1989)

Koloběh vody v přírodě je základním východiskem studia hydrologických a hydrogeologických subsystémů v rámci hydrogeologického průzkumu. Množství a kvalita vody v subsystémech popisujících dílčí koloběhy se neustále mění, neboť se jedná o dynamické systémy, definované:

1. geometrickými parametry, kam náleží
   a) velikost území a typ jeho hranic, které mohou být přirozené (geologická rozhraní) či umělé (smluvní) nebo pohyblivé (hydrogeologická rozvodnice);
   b) mocnost a úložní poměry (vztah k morfologii terénu, typ a četnost tektonických poruch);
2. charakterem omezení systému (nepropustné, propustné);
3. fyzikálními a chemickými vlastnostmi horninového prostředí a proudící kapaliny a jejich prostorovou distribucí;
4. vstupy a výstupy, které se dělí na
   a) hmotové (srážky, povrchový odtok, příron z vodotečí, evapotranspirace, břehová infiltrace, podzemní přítok a odtok, mezivrstevní přetékání, umělé zásahy - odběry a dotace);
   b) energetické (charakterizují tlakové poměry v systému).

Reálné subsystémy se zobrazují pomocí *systémových modelů* (obr.4.41), které vyjadřují genetické a transferní procesy ve studovaném území v prostoru a v čase. Jejich složitost, resp. podrobnost závisí jednak na dostupných počátečních údajích, jednak na typu a charakteru požadovaných výstupních informací.



Obr.4.41 Systémové schéma terestrické části oběhového cyklu (Tylšar, 1990)

Koncepční modely hydrogeologických systémů se pro řešení praktických úkolů zobrazují do matematických modelů různého typu a stupně složitosti. Vzhledem k velmi složitým hydrodynamickým procesům a heterogennímu přírodnímu prostředí simulace spočívá na zjednodušujících hydraulických předpokladech nebo v případě modelování hydrologické bilance povodí na empiricky odvozovaných členech bilanční rovnice. Velmi zjednodušeně lze hydrologickou bilanci území popsat rovnicí

$$\mathbf{S = O + I + ET + V \pm P,}$$

kde **S** jsou srážky, **O** celkový říční odtok, **I** infiltrace vody z povrchu území, **ET** evapotranspirace, **V** výpar z vodních ploch a povrchu terénu, **P** příron či únik povrchových

vod do vod podzemních. Proudění podzemních vod představuje systém přenosu hmoty, který lze obecně popsat parciální diferenciální rovnicí

$$\frac{\partial c}{\partial t} = k_x \times \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + k_y \times \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + k_z \times \frac{\partial^2 c}{\partial z^2},$$

kde **c** je funkce popisující koncentraci hmoty, k_x, k_y a k_z koeficienty přenosu ve směru os **x**, **y** a **z** a **t** čas. Pro popis reálných zvodněných systémů se používá parciální diferenciální rovnice ve tvaru

$$f(x,y,z) + S_s \times \frac{\partial H}{\partial t} = k_x \times \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + k_y \times \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + k_z \times \frac{\partial^2 H}{\partial z^2},$$

kde **H** je piezometrická výška, k_x, k_y a k_z koeficienty filtrace ve směru os **x**, **y** a **z**, S_s měrná storativita, přičemž pro ustálené proudění člen

$$S_s \times \frac{\partial H}{\partial t} = 0.$$

Existuje celá řada modelů proudění podzemní vody platných pro určité typy úloh s jistou přesností při určité schematizaci přírodního prostředí. Velký problém představuje hlavně popis charakteru proudění v prostoru (možnost náhrady konkrétního horninového prostředí ideálním kontinuem, pro které platí Darcyho zákon) a v čase (možnost předpokladu ustáleného či neustáleného proudění). Obecně jde o dynamické systémy se stochastickým nelineárním charakterem, které jsou velmi citlivé na počáteční podmínky.

4.2.2. PŘÍRODNÍ FAKTORY URČUJÍCÍ HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY.

Hydrogeologické poměry jsou určovány celou řadou ***hydrogeologických kritérií*** (obdoba vyhledávacích kritérií ložiskového průzkumu), mezi něž se řadí faktory litologické, stratigrafické, tektonické, geomorfologické, klimatické a vegetační. Významnou úlohu hraje hodnocení vlivu a vývoje zvětrávacích a geodynamických procesů, krasových jevů, formy a intenzitu odtoku apod., které ovlivňují infiltraci a pohyb vod.

Studium litologických faktorů, tj. stavby a složení horninových komplexů a pokryvných útvarů se zvláštním zřetelem na hydrofyzikální vlastnosti (zrnitost, pórovitost, puklinatost, trhlinatost, filtrační parametry), je výchozím podkladem pro hodnocení možností a podmínek zvodnění. Velký význam má hodnocení nehomogenity a anizotropie horninového prostředí a analýza faciálního vývoje. ***Studium stratigrafických faktorů*** je zaměřeno na zjištění a vymezení hranic potenciálně zvodněných horninových komplexů a izolátorů v hodnocené oblasti, spojené s analýzou jejich úložních podmínek. Velmi důležité je ***studium tektonických faktorů***, zejména ruptur a jejich systémů, zaměřené na genetické studium tvorby extenzních-tahových struktur, které jsou významné pro hydroaktivní tektonické zóny.. Hydroaktivní tektonické linie hrají jednu z podstatných úloh v celém oběhovém cyklu povrchových a podzemních větví vodního fondu oblasti. Tyto linie tvoří buď preferované nebo naopak za určitých petrografických poměrů a vlastní výplně ruptur nepropustné zóny. Speciální pozornost zasluhuje ***hodnocení geomorfologických faktorů***, které je zaměřeno na analýzu vztahů tvaru reliéfu s geologickou stavbou území a hydrologickými a hydrogeologickými poměry. Morfologie terénu má vliv na různou intenzitu vsaku srážek a rychlost povrchového odtoku. Analýzou morfologie lze vymezit oblasti infiltrace a odvodňování, určit hranice povodí, oblasti s různou hloubkou hladiny podzemní vody, úrovně místní erozivní základny atd. Přitom nelze zapomenout na ***hodnocení geologických procesů*** typu erozních pochodů, zvětrávání, svahových deformací či krasových jevů, které ovlivňují infiltraci a pohyb vod, formy a intenzitu odtoku atd. V řadě oblastí je nezbytné analýzovat i paleoreliéf, neboť staré erozivní zářezy a paleokoryta představují komunikační a akumulační

prvky hydrogeologického systému. ***Klimatické faktory*** principiálně určují celkový charakter hydrologických a hydrogeologických poměrů v oblasti. Závisí na nich množství srážek, jejich intenzita a rozdělení v průběhu roku, rychlost tání sněhu, intenzita promrzání půdy apod. Velice důležité jsou i ***faktory vegetační***. Rostlinný pokryv zasahuje významně do vodních poměrů regionu, neboť je daleko největším spotřebitelem srážkových vod. Má důležitou regulační a záchytnou úlohu, zejména v případě lesních porostů (v závislosti na typu lesa a morfologii terénu) a rozsáhlých rašelinišť. ***Hydrologické faktory***, které jsou samy funkcí řady předešlých faktorů, vyjadřují zákonitosti výskytu a oběhu vody v povodí, resp. jeho části. Důležitými kritérii jsou celkový říční odtok a charakter závislosti průtoku na čase. Je ale třeba upozornit, že stejné hydrologické a klimatické faktory mohou vyústit do rozdílného režimu podzemních vod v závislosti na odlišných geologicko-strukturních poměrech a hydrogeologických charakteristikách horninových komplexů.

4.2.3. INDICIE HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ.

Indicie hydrogeologických poměrů se dělí na indicie hydrologické, geobotanické a geomorfologické a geofyzikální. Mezi ***hydrologické indicie*** se řadí prameny, pramenné linie, prameniště, mokřady atd. Prameny představují přímý indikátor zdrojů podzemních vod. Při vyhledávání se sleduje rozmístění, typ a vydatnost pramenů jako jistý ukazatel využitelných zásob podzemní vody. Dále se sleduje kolísání vydatnosti pramenů jako ukazatel změn velikosti základního odtoku a tím i změn využitelných zásob vody. Prameniště, tj. nesoustředěné výtoky podzemní vody, indikují výrony vody ze skalního podkladu do pokryvných kvartérních sedimentů. Pramenné linie naznačují průběh rozhraní propustných a nepropustných vrstev nebo hydroaktivních tektonických zón. Mokřady vymezují úseky s mělce uloženou hladinou podzemní vody. ***Geobotanické indicie*** ukazují na hloubku hladiny podzemní vody, celkovou mineralizaci a její charakter, vymezují místa infiltrace a odvodňování a naznačují filtrační parametry půdního profilu. Změny vláhových poměrů ovládaných především hladinou spodní vody se projevují ve fyziognomii, druhovém složení a vitalitě porostu. Tyto změny jsou výrazné a proto představují spolehlivý indikátor. Přitom se rozlišuje *indikace přímá*, která je založena na výskytu rostlin mokřadních - hemihydatofytů (rákosoviny), bažinných až silně vlhkomilných - hygrofytů (olšiny, ostřice, rašelinná společenstva) a vlhkomilných - psychrofytů. Druhým typem je *indikace nepřímá*, která je založena na vymezování rostlinných společenstev typických pro území s mělce uloženou hladinou spodní vody (mokré olšiny, vrbovo - topolový les, lužní háje apod.). Negativním příznakem je výskyt společenstev xerofytů a psamofytů, tj. rostlin žijících trvale na půdách suchých až prosýchavých (habro - dubové lesy, borové lesy, křoviny trnky, vřesoviště, stepní louky). ***Geomorfologické indicie*** se využívají k vymezení úseků možného výskytu přirozených výstupů podzemních vod, resp. úseků nadějných pro lokalizaci studní či jiných umělých míst odběru vody. Jsou založeny na detailním hodnocení tvaru reliéfu, zejména morfologie údolí a jeho svahů, rozložení teras, suťových polí a kuželů atd. Důležitou a velmi využívanou skupinu představují ***geofyzikální příznaky***, které umožňují indikovat a sledovat celou řadu charakteristik horninového prostředí ovlivňujících akumulaci a pohyb podzemních vod. Pomocí sledování lokálních změn přirozených nebo umělých fyzikálních polí se určují hydrofyzikální charakteristiky hornin, rozhraní hornin propustných a nepropustných, tvar zvodnělých horninových těle, prvky zlomové tektoniky a její charakter, existence a poloha krasových dutin, mocnost, stratifikace a nehomogenita kvartérního pokryvu a zvětralinového pláště, poloha hladiny podzemní vody, místa podzemního odtoku, intenzita a charakter mineralizace vody atd. K této skupině indikačních jevů lze přiřadit i sledování změn přirozeného γ-záření, emitovaného mikrovlnového záření a infračerveného záření v rámci dálkového průzkumu, které indikují vlhkostní poměry půd a tím poskytují informace o podzemních vodách.

4.3. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÝ PRŮZKUM.

Základy inženýrsko-geologického průzkumu tvoří vedle obecné metodologie geologického průzkumu, speciálních částí prognostiky, systémové analýzy a geomechaniky inženýrská geologie se svými pracovními postupy a metodami terénního a laboratorního výzkumu. Hlavním úkolem je ***komplexní analýza horninového prostředí jako mnohokomponentního, anizotropního a nehomogenního systému, studium hydrogeologických a geomorfologických poměrů a systematický výzkum a prognózování geodynamických jevů a procesů*** z hlediska možností realizace stavebních děl a dalších činností, kterými člověk působí na geologické prostředí (např. v rámci těžby nerostných surovin, zemědělství a lesnictví atd.).

4.3.1. TEORETICKÉ ZÁKLADY.

Inženýrská geologie tedy pracuje s ***geologicko-technickým systémem*** (tab.4.14), ve kterém jsou přírodní složky a technická díla ve vzájemné interakci (Matula 1988).

Tab.4.14 Hlavní složky inženýrsko-geologického prostředí

horniny	podzemní vody	reliéf	geodynamické jevy a procesy	technická díla
typy hornin	typy vod	typ reliéfu	typ geodynamických jevů a procesů	typ díla
horninové komplexy	poloha zvodněných těles	členitost	rozsah	velikost
fyzikálně-mechanické vlastnosti	chemismus vod	svahovitost	aktivita	technická náročnost
technologické vlastnosti	využitelnost	orientace a délka svahů	intenzita	bezpečnost
	znečištění		stabilita	vliv na prostředí

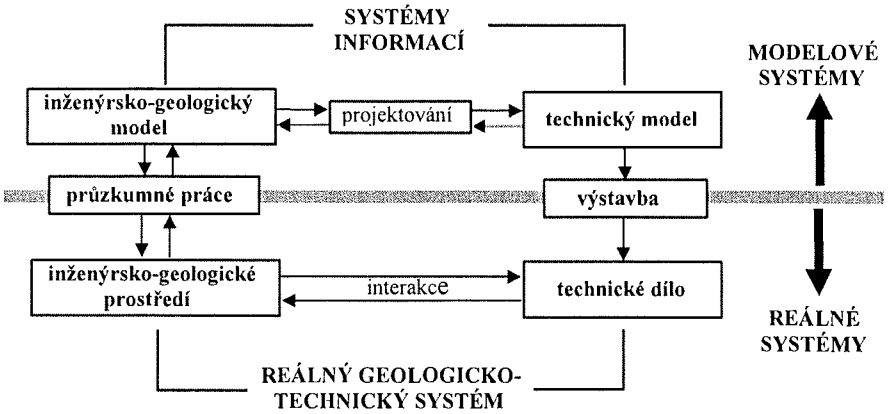
V geologicko-technickém systému inženýrsko-geologického prostředí lze vymezit *subsystém geologického prostředí* v interakci s technickým dílem a *subsystém vlastního technického díla* (stavebního, vodohospodářského, těžebního, melioračního atd.), jak je znázorněno schématem na obr.4.42). Základem všech inženýrsko-geologických modelů geologického prostředí jsou geologicko-strukturní modely, které představují kvazistatický obraz látkového a strukturního stavu horninového prostředí. Umožňují popsat a definovat vnitřní vztahy mezi stavebními elementy horninového prostředí na všech provedeným průzkumem rozlišitelných strukturálních úrovních a charakterizovat vnější vztahy na okolí, tj. hydrosféru, atmosféru a biosféru.

Analýzou geologicko-strukturního modelu lze formulovat požadavky na strategii a metodiku prací pro vytvoření vhodného inženýrsko-geologického modelu, což umožňuje na základě vybraných ukazatelů rozčlenit horninové prostředí do kvazihomogenních celků (obr.4.43) s určitými inženýrsko-geologickými poměry (Müllerová - Müller 1990).

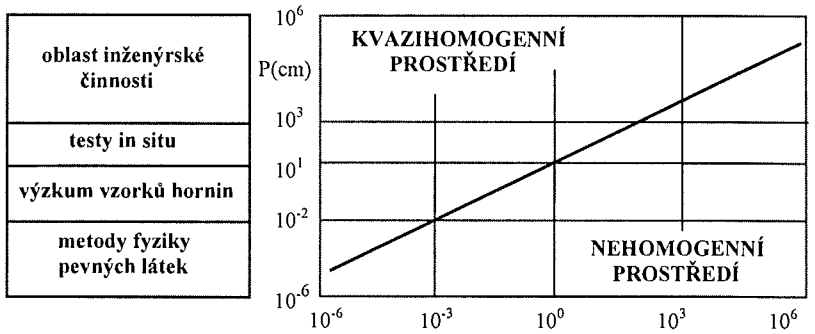
Nejdůležitější etapou celého řešení je *transformace inženýrsko-geologického modelu studovaného prostředí na geotechnický model*, přes *typové modely* vycházející z typologické rajonizace geologického prostředí a dále *účelové modely* zobrazující reálné poměry lokality v zóně interakce horninového prostředí s technickým dílem k *parametrickým modelům* studujícím vliv jednotlivých ukazatelů na výsledný stav interakce technického díla s geologickým prostředím (Jasenák 1988). Nejsložitější je modelování geodynamických jevů a procesů, neboť jde o systémy s proměnnými látkovými a energetickými vstupy a výstupy.

Geodynamické procesy ovlivňují možnosti a způsoby využití území. Některé z nich mají charakter katastrof (zemětřesení, vulkanická činnost, ale i velké sesuvy). Území České

republiky nepatří mezi regiony s významnějším nebezpečím vulkanické a zemětřesné aktivity. Recentní tektonická aktivita je velmi slabá. Projevuje se lokálně v oblastech východních svahů Českého masivu a jeho styku s karpatskými příkrovy, v okolí hronovsko-poříčského zlomu, v chebské pánvi apod. Velmi nebezpečné jsou i některé ze svahových pohybů, zejména kamenito-bahnité proudy či skalní řícení (stačí připomenout náhlý sesuv 260 mil. m^3 hornin do přehradního jezera Vajont v Itálii).Nebezpečí sesuvů je relativně velké i ČR, neboť postihuje více než 1 % území.



Obr.4.42 Schéma vztahů mezi inženýrsko-geologickým prostředím, inženýrskogeologickými modely, technickými modely a technickými díly (upraveno dle Matuly et al., 1988)



řád nehomogenit			
IV	III	II	I
nehomogenity krystalů	nehomogenita textur a struktur hornin	vrstevnatost, puklinatost, drobné dislokace	střední tektonika, střídání hor.kompl.

Obr.4.43

Klasifikace nehomogenního a kvazihomogenního horninového prostředí (Rac, 1968)

4.3.2. FAKTORY URČUJÍCÍ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PROSTŘEDÍ.

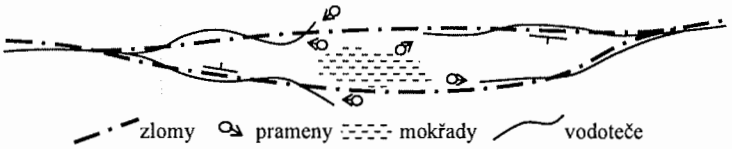
Podobně jako u ložiskového a hydrogeologického průzkumu existují i v případě inženýrsko-geologického průzkumu ***přírodní faktory***, které ve svém souhrnu a spolupůsobení určují typ a charakter inženýrsko-geologického prostředí. Tyto faktory, které se v praxi projevují spíše jako faktory negativní (tj. vylučující možnost realizace technického díla v určitém území), se uplatňují jednak při prognózním hodnocení zájmových území z hlediska

vymezení vhodných, podmíněně vhodných a nevhodných oblastí (úseků) pro výstavbu technického díla, jednak ovlivňují metodiku průzkumu. Mezi tyto faktory se řadí *faktory geologicko-strukturní, geomorfologické, hydrogeologické, hydrologické a klimatické.* Pro celkové posouzení typu inženýrsko-geologického prostředí jsou určující ***faktory geologické.*** Základem je hodnocení charakteristik horninového prostředí, přičemž se sledují ty atributy, které podstatným způsobem ovlivňují fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin a geomechanické charakteristiky horninového masívu. Přitom je nutno věnovat velkou pozornost studiu diskontinuit různé geneze, úrovně a stavu, dále pak rychlosti relativních pohybů po zlomových strukturách, která se obvykle pohybuje v řádu centimetrů. *Cílem je rajonizace resp. typologie horninových masívů na základě litologicko-strukturních a inženýrsko-geologických kritérií.* Matula a Ondrášik (1987) např. rozlišují litologicko-strukturní masívy a masívy zlomových poruch, které dále člení v prvé skupině na masívy regionální, lokální, litologicky homogenní a masívy stejné blokovitosti, ve druhé skupině na masívy složitých zlomových pásem, jednoduchých zlomových poruch, poruchových zón a stejné porušenosti. Velmi důležité je *hodnocení seismicity území*, zvláště v případě uvažované výstavby náročných a rozsáhlých technických děl. ***Geomorfologické faktory*** představují další oblast hodnocení poměrů území, které zahrnuje studium morfologie, morfostruktury, geneze a vývoje reliéfu v závislosti na geologicko-strukturních charakteristikách území, geodynamických procesech a antropogenních vlivech. ***Hydrogeologické a hydrologické faktory*** ovlivňují morfologii území, stabilitu horninových masívů a obecně fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin a zemin a určují možnosti akumulace a využívání povrchových a podzemních vod. ***Klimatické faktory*** ovlivňují intenzitu a charakter zvětrávacích procesů, celkové hydrologické a hydrogeologické poměry a podmiňují vývoj geodynamických jevů. Analýza musí zahrnovat podrobný rozbor klimatického režimu území a jeho krátkodobé i dlouhodobé změny.

4.3.3. INDICIE CHARAKTERU INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉHO PROSTŘEDÍ.

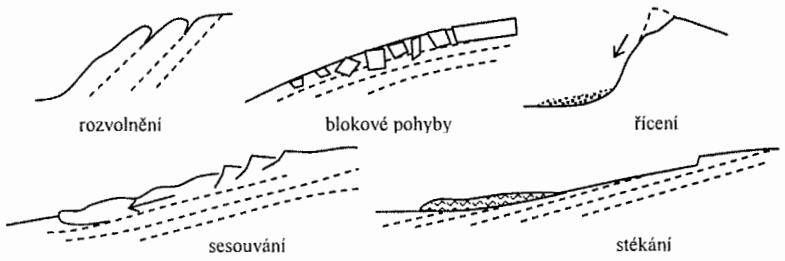
Základní informace o charakteru inženýrsko-geologického prostředí lze získat studiem geologických, pedologických, hydrogeologických a topografických map. Geotechnické vlastnosti základových půd a horninových masivů se odvíjejí od petrografického charakteru zemin a hornin. Je třeba sledovat stupeň a charakter zvětrávání, projevy objemových změn hornin, výskyt zón rozvolnění. Vedle přímých terénních pozorování jsou důležité orientační terénní geotechnické testy.

Horninové prostředí vždy obsahuje diskontinuity různého původu a prostorového rozmístění, které mají vážný dopad do inženýrsko-geologického hodnocení. Tektonické pohyby se mohou projevit v morfologii terénu vznikem protáhlých lokálních elevací a depresí, v rozložení vodotečí, pramenů, pramenišť a mokřadů (obr.4.44).



Obr.4.44
Hydrologické indicie tektonických poměrů

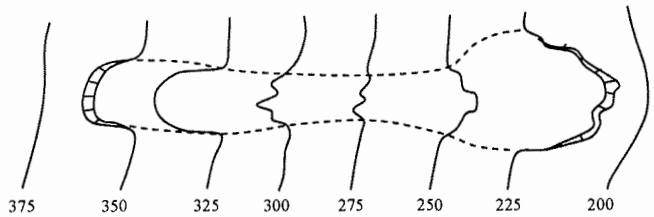
Velmi důležité jsou indicie svahových pohybů, které mohou být vyvolány jak přírodními procesy, tak antropogenními vlivy. Jde o velmi různorodé procesy, které lze dělit podle geneze (přírodní, uměle vyvolané), podle rychlosti pohybu (velmi pomalé, pomalé, rychlé, katastrofální), podle stáří (recentní, fosilní), podle stupně aktivity (aktivní, stabilizované), podle půdorysu (proudové, plošné, frontální), podle morfologie atd. Hlavní typy svahových pohybů jsou plazení, sesouvání, stékání a řícení (obr.4.45).



Obr.4.45 Hlavní typy svahových pohybů

Mezi charakteristické vizuální projevy sesuvů náleží kapkovitý tvar reliéfu sesuvu v podélném profilu, rozvolněný nepravidelný povrch sesuvných terénů či jejich terasovitý povrch, porušení stromového porostu apod. Náchylnost terénu ke vzniku sesuvů lze posoudit pomocí morfometrické a stabilitní analýzy svahu ve spojení s geologicko-strukturními a hydrogeologickými poměry.

Staré uklidněné sesuvy bývají značně porušeny erozí. Někdy je lze identifikovat z topografické mapy podle průběhu vrstevnic (obr.4.46).



Obr.4.46 Interpretace proudového sesuvu z topografické mapy

Důležité indicie lze získat pomocí geofyzikálních metod. Poskytují informace o mocnosti, stratifikaci, složení a zvodnění kvartérního pokryvu a zvětralinového pláště, o geologicko-strukturní stavbě podložních komplexů, o fyzikálně-mechanických vlastnostech zemin a hornin a stavu horninového masivu, o prostorových a časových projevech pohybů a deformací hornin atd.

V některých případech lze získat užitečné informace analýzou místních názvů, zakotvených jak v topografických a katastrálních mapách, tak ve vzpomínkách místních usedlíků. Např.názvy jako „zátopisko" či „bahnisko" svědčí o možném nebezpečí záplav.

Prognózy zemětřesení a vulkanické činnosti jsou přes intenzívní výzkum stále problematické. Příznaky blížící se sopečné exploze jsou zvýšení teploty fumarol a změny chemického složení vod v kráteru, změny intenzity a orientace magnetického pole, místní změny reliéfu a drobné seismické otřesy. Příznaky možného přirozeného zemětřesení jsou zvýšení produkce indikačního plynu (radonu, helia), zvýšené mikroposuny na zlomech, změny geoelektrického pole, znepokojení určitých druhů živočichů atd. Seismicita vyvolaná antropogenními vlivy (důlní činností, umělým zvodněním horninového prostředí, zatížením horninového masívu) se může projevit hlavně v oblastech výskytu zlomových struktur. Důležitou pomůckou je mapa seismického rajonování, ve které jsou zachyceny odhady stupně seismického ohrožení.

5. METODY GEOLOGICKÉHO VÝZKUMU A PRŮZKUMU

Geologické výzkumné a průzkumné metody se vyvíjely od jednoduchých postupů, které používali už dávní prospektoři, k současným velmi různorodým metodách, z nichž některé využívají složité principy a technické prostředky. V posledních desetiletích byla vyvinuta celá řada nových průzkumných prostředků a metodik, jako velmi důmyslné přístroje a terénní zařízení, nové globální strategie, popisné a genetické modely, optimalizační a modelovací postupy, techniky oceňování zdrojů a informační a rozhodovací systémy (tab.5.1).

Tab.5.1. Příklady nově vyvinutých prostředků a jejich využití. (Podle McKelveyho, 1996)

prostředek	období	využití a příklady nálezů
magnetometr s ferrosondou	konec 40. let	objev významných Fe-rudných ložisek; např. Morgantown v Pennsylvanii, Iron Springs v Utahu
letecká elektromagnetika	střed 50. let	objev několika velkých a významných vulkanogenních ložisek masivních sulfidických rud; např. Geco a Mattabi v Kanadě, Grandon v USA
indukovaná polarizace	konec 50. let	ve spojení s lepším pochopením zonálnosti a prvými formálními ložiskovými modely vedla k objevu Cu-porfyrových ložisek v JZ USA; např. Pima a Copper Creek v Arizoně
levná regionální geochemická prospekce	počátek 60. let	nenákladné analýzy a zdokonalené ložiskové modely přispěly k úspěšnému výzkumu velkých neprozkoumaných oblastí; např. Spar Lake v Montaně, Ok Tedi (Papua - Nová Guinea)
detailní geologické modely	60. léta	pečlivé poznání detailní geologické stavby interpretované ve světle ložiskových modelů vedlo přímo k objevu dalších ložisek; např. McLaughlin v Kalifornii, Pine Grone v Utahu, Kalamauoo v Arizoně, Henderson v Koloradu, Maggie Creek v Nevadě
izotopová analýza, geochronologie, kapalné a plynné inkluze	70. léta	několik ložisek bylo objeveno na základě poznatků o geochemickém charakteru a časových relací rudních systémů; např. Mo ložisko Calico Peak v Koloradu, ložisko Au Equity v Nevadě, ložisko Cu Sheep Creek v Montaně
levné vrtání	80. léta	vrtání s nepřímým proplachem ve spojení s detailními geologickými modely vedlo k úspěšnému vyhledávání Au v Great Basin v USA, např. Rain and Post v Nevadě

Dnes známé a využívané metody geologického výzkumu a průzkumu můžeme podle jejich základního principu uspořádat do několika skupin.

1	**prospektorské metody**	vyhledávání ložisek podle výchozů, úlomků ložiskové výplně, výplavů těžkých minerálů, zón přeměněných hornin, rozptýlené mineralizace a paragenezí	
2	**mapovací metody**	pozemní	geologické mapování, hydrogeologické a inženýrsko-geologické mapování a rajonování
		podpovrchové	důlní, vrtové a strukturní mapování
		dálkový průzkum	nadzemní (letecké a družicové snímání) a pod vodní hladinou
3	**geochemické metody**	litogeochemické, hydrogeochemické, biogeochemické, atmogeochemické (plynové)	
4	**geobotanické metody**	přímé a nepřímé	
5	**geofyzikální metody**	gravimetrické, geomagnetické, seismické, geoelektrické, radiometrické, geotermické	
6	**terénní zkoušky a režimní pozorování**		
7	**báňskohistorický výzkum**		

5.1. PROSPEKTORSKÉ METODY.

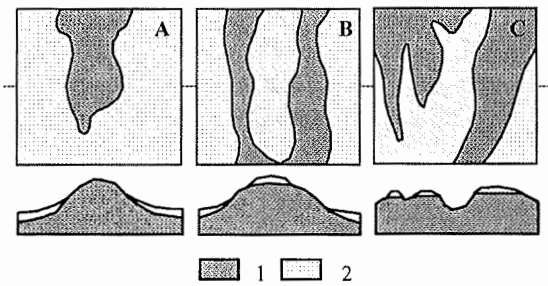
I když se současná metodika vyhledávání a průzkumu opírá o postupy, které bychom mohli označit za globální strategii (družicový a letecký průzkum, metalogenetické a geotektonické modely, řešení velkých regionálních celků), přesto jsou prospektorské metody stále s úspěchem používány.

5.1.1. VYHLEDÁVÁNÍ VÝCHOZŮ LOŽISKOVÝCH TĚLES.

Nalezení výchozů ložiskových těles je jedním z velmi důležitých úkolů ložiskového průzkumu, neboť jejich studiem můžeme získat informace:

- o morfologickém typu a rozměrech ložiskové akumulace,
- o úložních poměrech a tektonickém porušení ložiskových těles,
- o mineralogickém a chemickém složení ložiskové výplně,
- o vývoji druhotných přeměn ložiskové výplně,
- o charakteru bočních hornin.

Při vyhledávání výchozů ložisek se vychází z rozboru morfologických, klimatických a vegetačních poměrů zájmové oblasti. Je zřejmé, že počet a lokalizace výchozů bude záviset na členitosti a morfologii terénu (obr.5.1).



Obr.5.1

Výskyty výchozů v různých krajinných typech

A - hornatý terén,
B - peneplenovaný hornatý terén,
C - peneplén postižený říční erozí

1 - podloží, 2 – pokryv

Výchozy mohou být pozorovatelné už z dálky podle pozitivních (např.křemenné žíly) či negativních mikroreliefních tvarů (v případě vyluhování a rozpadu připovrchových partií ložiskových těles). Nápadné mohou být gossany bohatých rudních ložisek. Např. Pb-Zn ložisko Broken Hill v Austrálii bylo objeveno podle morfologického charakteru výchozu. Podobně ložiska železných rud ve státě Minas Gerais v Brazílii se projevují výraznými elevacemi. Deprese mohou vznikat nad výchozy málo odolných rudních žil, zónami tektonicky postižených a hydrotermálně alterovaných hornin atd. Dalším identifikačním znakem je zbarvení výchozů. Např. některé uranové akumulace v regionu ložiska Shinkolobwe byly nalezeny podle pestrých barev sekundárních nerostů (žluté, zelené, oranžové).

Metodika vyhledávání výchozů se v podstatě shoduje s postupem při orientačních túrách při geologickém mapování. V zásadě platí stejné principy jako při mapování a dokumentování přirozených odkryvů hornin. Terénní popis a hodnocení musí být ale doplněno o studium všech mineralogických, texturních, strukturních a dalších znaků ložiskové výplně, a to jak primárních, tak sekundárních. Právě důsledné zjištění všech rysů, které mohou pomoci při identifikaci a ocenění praktického významu výchozu (pozornost se musí soustředit zejména na výskyt primárních užitkových a doprovodných nerostů a sekundárních typomorfních nerostů). Velmi důležitou složkou práce je odběr vzorků pro chemické a mineralogické rozbory (kusové vzorky) a případně i větších až velkoobjemových vzorků pro technologické rozbory. Při hodnocení mohou významně pomoci terénní měření pomocí přenosných analytických přístrojů.

Na terénní etapu navazuje laboratorní výzkum, kdy se studují mineralogické, chemické a technologické charakteristiky zjištěných užitkových nerostů na výchoze a po zhodnocení se navrhuje způsob dalšího výzkumu.

Stejný postup platí i při studiu umělých výchozů získaných technickými pracemi (průzkumnými rýhami, odkopy, šachticemi).

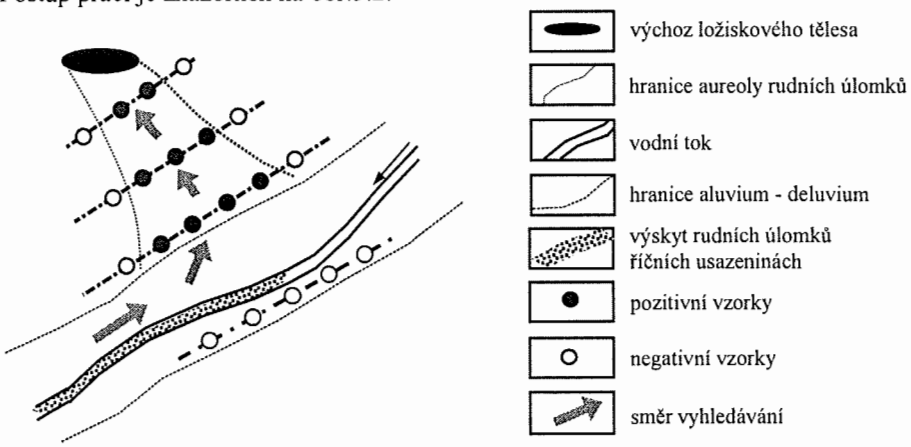
5.1.2. VYHLEDÁVÁNÍ PODLE ÚLOMKŮ LOŽISKOVÉ VÝPLNĚ.

Vyhledávání připovrchových ložisek nerostných surovin podle aureol úlomků ložiskové výplně je jeden z nejstarších vyhledávacích postupů. Metodika se liší podle typu sledované aureoly, neboť úlomky ložiskové výplně mohou vytvářet aureoly v blízkosti ložiska v eluviálních a svahových sedimentech nebo mohou být přenášeny do větších vzdáleností vlivem povrchových vodních toků či ledovců. Pomocí těchto prospekčních metod lze rychle získat rychle a s minimálními náklady informace:

- o pravděpodobné poloze ložiska,
- o možném morfologickém typu a prostorové orientaci ložiskových těles,
- o mineralogickém složení ložiskové výplně.

5.1.2.1. Vyhledávání podle aureol úlomků ložiskové výplně v řečištních sedimentech

spočívá ve sledování usazenin vodotečí a mapování výskytu úlomků ložiskové výplně. Postup prací je znázorněn na obr.5.2.



Obr.5.2 Vyhledávání podle aureol ložiskových úlomků

Při vyhledávání se sleduje zastoupení úlomků, jejich mineralogické složení, velikost a stupeň opracování. S přibližováním k výchozu ložiskového tělesa, jehož možnou polohu identifikuje vymizení úlomků z říčních usazenin, stoupá počet úlomků ložiskové výplně a klesá stupeň jejich opracování. Do vzdálenosti 0.5 - 1 km od výchozu jsou úlomky prakticky neopracované, ve vzdálenosti 1 - 4 km jsou hrubě opracované a konečně s růstem vzdálenosti opracování roste. Velikost vodním tokem unášených úlomků závisí na jejich hmotnosti a rychlosti proudu. V průběhu přenosu dochází k jejich postupné desintegraci, až dojde k úplnému vymizení. Vliv abraze na zmenšování částic vyjadřuje Sternbergův zákon

$$\mathbf{W} = \mathbf{W}_0 \times \mathbf{e}^{-\mathbf{kx}},$$
$$\mathbf{k} = \tfrac{1}{3}\left(\mathbf{f}_1 \times \mathbf{f}_2\right),$$

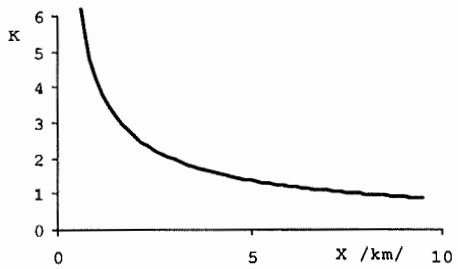
kde W_0 a **W** je původní a aktuální váha částice, **x** délka přenosu, f_1 koeficient tření a f_2 koeficient otěru. Relativní délku transportu lze odhadnout podle stupně opracování úlomků stanoveného např. koeficientem zaoblení

$$K = R/r,$$

kde **R** je poloměr nejmenšího a **r** poloměr největšího zakřivení valounu, indexu plochosti

$$I_p = (a+b)/2c,$$

kde **a**, **b**, **c** jsou osy valounu apod. Ze zjištěných hodnot se sestaví graf závislosti opracování na vzdálenosti přenosu, která se aplikuje při dalších pracích (obr.5.3).



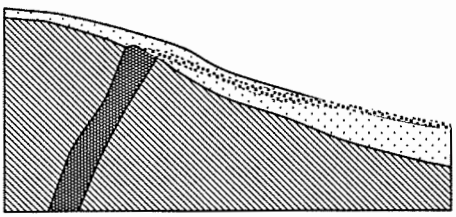
Obr.5.3

Závislost koeficientu zaoblení úlomků na délce transportu

K- koeficient zaoblení; x – vzdálenost přenosu

5.1.2.2. Vyhledávání podle aureol úlomků ložiskové výplně v eluviálních a svahových sedimentech

se používá v návaznosti na studium aureol v říčních usazeninách a počíná v úseku vymizení úlomků z aluvia. Ve svahu údolí se v tomto místě sleduje výskyt úlomků v pravidelně rozmístěných bodech na paralelních liniích. Prvé dvě průzkumné linie jsou vedeny po obou stranách vodního toku, aby bylo možno určit směr pokračování sledované aureoly (obr.5.2). Na pozitivní straně postupujeme dále proti svahu. V případě malého výskytu úlomků na povrchu se vzorky odebírají z malých odkopů. To platí i při dalším postupu prací, neboť úlomku jsou s přibližováním k výchozu uloženy stále hlouběji ve zvětralinách (obr.5.4).



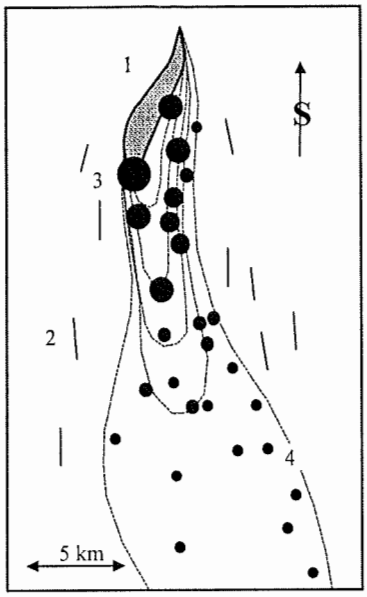
Obr.5.4

Přenos ložiskových úlomků v důsledku svahových pohybů

primární horniny
svahové uloženiny
ložiskové těleso
ložiskové úlomky

5.1.2.3. Vyhledávání podle aureol úlomků a balvanů ložiskové výplně v glaciálních sedimentech

lze s výhodou použít v oblastech, které jsou překryty víceméně souvislým pokryvem těchto usazenin. Úlomky ložiskové výplně transportované ledovcem jsou hrubě opracovány a uloženy v morénách jako specifický typ sekundární aureoly. Tyto aureoly mají obvykle trojúhelníkovitý tvar až několik desítek km dlouhý. Metoda spočívá ve vysledování směru přenosu úlomků ložiskové výplně (podle rozložení morén a ledovcových rýh) a vymezení aureoly. Nejvýhodnější je sledovat bazální morénu a eskery.

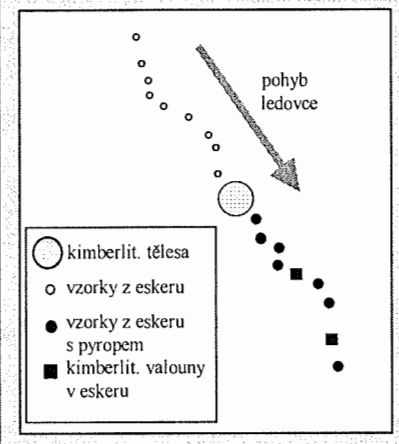


Na základě tohoto postupu byla zjištěna významná ložiska ve Skandinavii. Prvý úspěšný příklad bylo objevení Cu ložiska Outukumpu ve Finsku. Nález velkého balvanu zrudněné kvarcitické brekcie, který byl doprovázen valouny olivinických ultrabazitů poblíž Kivisalmi, vedl k vymezení ložiska ve vzdálenosti cca 50 km SSZ od místa prvého nálezu. Dalším příkladem je objev pyrit-sfaleritového ložiska Rakkejaur v severním Švédsku, Mn ložiska Ultevis v Laplandu či scheelitového ložiska Tastula ve Finsku. Podobné výsledky byly získány v Kanadě. Např. v oblasti Buttercup (region Lac St-Jean v provincii Quebec) bylo zjištěno magnetit-ilmenitové zrudnění s vanadem na základě úseků výskytu angulárních valounů tvořených masivním magnetitem a ilmenitem. Velmi úspěšné bylo také vyhledávání ložisek diamantů v oblasti Lac de Gras v Kanadě.

Obr.5.5
Příklad aureoly rudních valounů v glaciálních uloženinách
1 – výchoz ložiska; 2 – ledovcové rýhy; 3 – zastoupení rudních valounů, 4 – aureola

VYHLEDÁVÁNÍ DIAMANTŮ V KANADĚ.

Regionální distribuce indikátorových nerostů je výsledkem prostorové lokalizace primárních ložisek a vývoje glaciálních sedimentů v oblasti.(obr.5.5). Tyto nerosty (Cr-pyrop, eklogitový granát, Cr-diopsit, Mg-ilmenit, chromit a olivín byly transportovány na vzdálenost více než 150 km. Jejich relativní četnost klesá v řadě: pyrop > Cr-diopsit > Mg-ilmenit > chromit, s celkovou koncentrací v rozmezí od 0 do >1000 zrn na 10 kg vzorek. Tyto nerosty se získávají ze středně až hrubě zrnité písčité frakce vzorků glaciálních sedimentů, převážně ve frakci 0.25 - 0.5 mm.



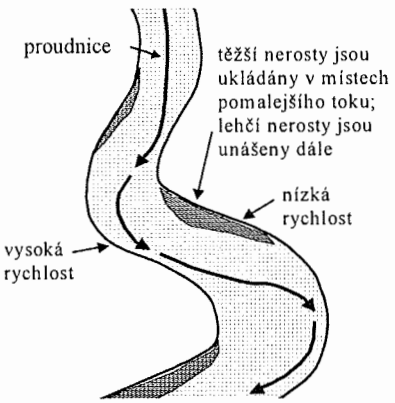
Na rozdíl od regionů nepokrytých glaciálními uloženinami všechny kimberlit indikující nerosty odolávají transportu na dlouhé vzdálenosti a relativní četnost každého nerostu ve vzorku tillu je funkcí primárního mineralogického složení jednotlivých kimberlitových těles. V oblasti prvého diamantového dolu v Kanadě těženého od roku 1998 se vyskytují rozsáhlé zóny pyropu a Cr-diopsidu, 50 km široké a 100 km dlouhé. Aureoly jednotlivých kimberlitových těles v poli Lac de Gras mají podobu úzkých (stovky metrů) a ostře omezených lineárních pruhů o délce několik desítek km. V kimberlitovém poli Kirkland Lake v severovýchodním Ontariu obsahují eskery pyropy a kimberlitové valouny v délce několika km ve směru pohybu ledovce od kimberlitových těles. Geochemie glaciálních sedimentů odráží výskyty kimberlitových těles zastoupením Cr, Ni, Sr, Ba, Ca, Co, Mg, Ta a La ve frakci <0.063 mm.

5.1.3. VYHLEDÁVÁNÍ PODLE VÝPLAVŮ TĚŽKÝCH NEROSTŮ.

Metodika vyhledávání podle výplavů těžkých nerostů je založena na sledování mechanických druhotných rozptylových aureol těžkých nerostů zpravidla v nezpevněných sedimentech. Je to vhodná a spolehlivá prospekční metoda zvláště pro přehledné vyhledávací práce za předpokladu dobře vyvinuté a rovnoměrně rozložené vodní sítě, zejména v oblastech mírně členitého reliéfu. Tato metoda může relativně rychle a levně poskytnout informace:

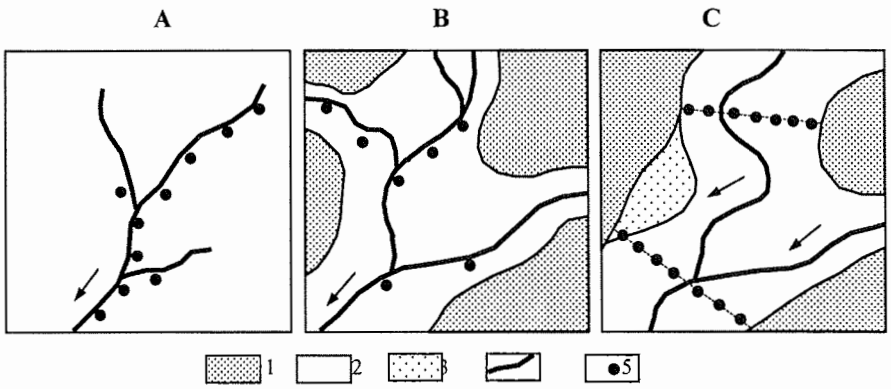
- o rozmístění a charakteru sekundárních mechanických aureol primárních ložisek, zejména Au, Pt, Sn-W, F-Ba (sledování barytu), rumělky apod.;
- o výskytech sekundárních akumulací užitkových těžkých nerostů v rýžoviskách;
- o délce transportu sledovaných nerostů, tzn. vzdálenosti k pravděpodobným primárním zdrojům;
- o petrografických poměrech zájmové oblasti;
- o mineralogickém charakteru primárních asociací v ložisku.

S odběrem vzorků se postupuje proti směru vodního toku. Body odběru se volí v místech, která jsou nejvhodnější pro akumulaci těžkých nerostů, jako pod zákruty toku, prahy, soutoky apod. (obr.5.6). Metodika odběru se liší podle typu říční sítě (obr.5.7).



Obr.5.6
Úseky akumulace těžkých nerostů v říčním toku

V případě vyhledávání v oblastech říčních sítí ve stadiu mladosti se vzorky odebírají podél toků. V oblastech říční sítě ve stadiu zralosti, které jsou charakterizovaná širokými údolími, malým spádem toku a četnými meandry, se vzorky odebírají odlišným způsobem. Při túrovém vzorkování, které se provádí v rámci přehledného mapování, se vzorkují místa pod soutoky jen v těch údolích, kudy probíhají mapovací túry. Při podrobnějších pracích se vzorky odebírají v liniích uspořádaných kolmo na průběh údolí, z mělkých sond v aluviálních údolních sedimentech v intervalu 20 až 40 metrů z nejproduktivnější polohy.



Obr.5.7 Rozložení vzorků podle typu říční sítě. A - stadium mladosti, B - stadium zralosti - rekognoskace, C - stadium zralosti - prospekce 1 - svahy, 2 - aluvium, 3 - terasy, 4 - vodní toky, 5 - vzorky

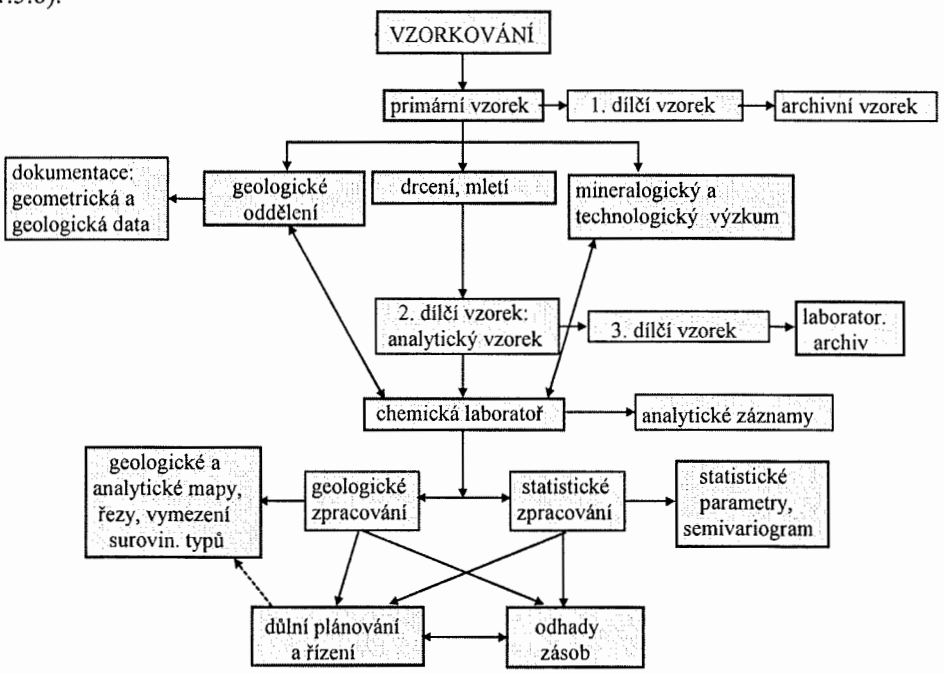
Vzorkování terasových uloženin se provádí tak, že v místech odkryvů se po očištění odeberou vzorky z jednotlivých poloh terasy pro určení Vzorkování svahových uloženin je obdobné jako při studiu aureol úlomků ložiskové výplně. Vzorky se odebírají v liniích kolmých na spádnici z mělkých odkopů. K získání dostatečně velkého vzorku těžkých nerostů je zapotřebí odebrat při regionálních a základních pracích asi 10 litrový původní vzorek a při detailních pracích asi 1 až 3 litrový.

Hustota odběru vzorků a typ sítí závisí na druhu prací, složitosti území a charakteru vodní sítě (tab.5.2).

Tab.5.2 Hustota a typ sítí odběru vzorků ryžovacího průzkumu

práce	měřítko	síť	vzdálenost vzorků v m	počet vzorků na 1 km^2
regionální	1 : 200 000 1 : 100 000	nepravidelná	1000	1
základní	1 : 50 000 1 : 25 000	nepravidelná	250 - 500	3 - 7
detailní	1 : 25 000 1 : 10 000	profilová, plošná	(100-300) x (10-40)	50 - 200

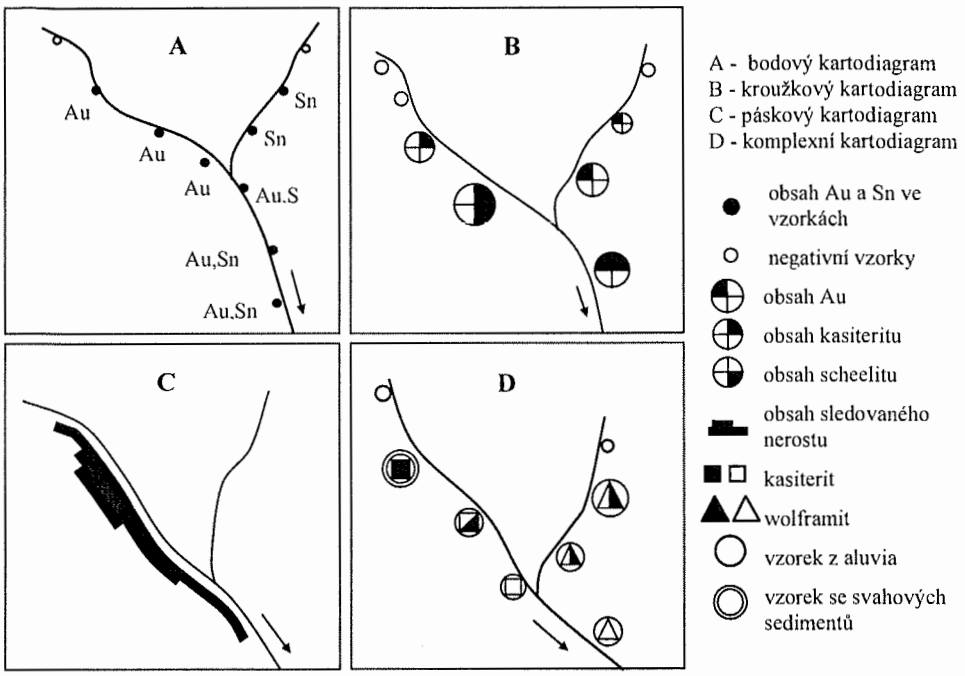
Z odebraných vzorků se nejprve sítováním odstraní frakce nad 2 mm. Poté po odplavení jílovité frakce se kroužením a potřásáním v ryžovací misce postupně odstraňují lehké nerosty, až v misce zůstane tmavý těžký podíl. Kontrolou správně vyplaveného podílu je přítomnost granátů. Získaný koncentrát se po vysušení uschová spolu s popisem nejlépe do silonového sáčku nebo lahvičky k laboratorními mineralogickému a chemickému zpracování (obr.5.8).



Obr.5.8 Schéma zpracování vzorků těžkých nerostů (podle Wilkeho in Bender et al., 1986)

Výsledky ryžovacího průzkumu se sestavují do map příslušných měřítek ve formě bodových, kroužkových a páskových kartodiagramů (prognózních map), v případě

podrobného vyhledávání do map izolinií obsahu jednotlivých nerostů nebo paragenezí (obr.5.9).



Obr.5.9 Příklady různých způsobů sestavení map rýžovacího průzkumu

Interpretace výsledků je dosti složitá. Vychází ze srovnání výsledků mineralogických rozborů těžkého podílu s geologicko-petrografickou stavbou oblasti a s paragenetickými asociacemi známých nebo očekávaných ložiskových formací. Pro výskyt ložiskových akumulací svědčí vysoké, plošně omezené anomální koncentrace zájmových a doprovodných nerostů. Při interpretaci je nutno si uvědomit, že výplavem zjištěná asociace nerostů představuje v každém případě směs dílčích asociací horninových a ložiskových formací ve studované oblasti.

Obr.5.10

Ilustrace z knihy „De re metallica libri duodecima", kterou napsal Georgius Agricola ve světoznámém stříbronosném revíru Jáchymov. V prvé polovině XX. století byl Jáchymov významným producentem radia (objeveného ve zdejším smolinci Marií Curie - Sklodowskou) a v padesátých letech důležitou oblastí těžby uranu

Kniha vydaná v roce 1556 byla prvou souhrnnou prací o průzkumu, dobývání a hutnictví, která vycházela z terénního výzkumu a pozorování.

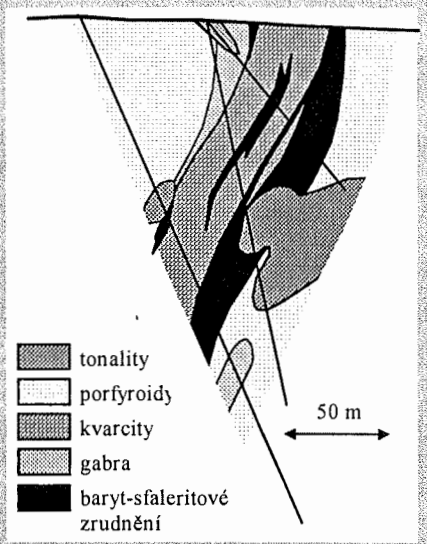
VYHLEDÁVÁNÍ A PRŮZKUM BARYT-POLYMETALICKÉHO LOŽISKA KŘIŽANOVICE

V letech 1962-1963 byly regionální přísvahovou metalometrií zjištěny v oblasti Železných hor a nasavrckého plutonu nevýrazné anomálie Pb, Zn a Cu (Maštera - Pokorný - Veselý, 1965). V rámci vyhledávacích prací byl v celé oblasti proveden průzkum těžkých minerálů, hydrogeochemický průzkum vodotečí a řečištních sedimentů a úlomkové mapování (Jurák et al., 1983).

V rámci šlichové prospekce byly odebírány vzorky o objemu 10 litrů na všech vodotečích ve vzdálenosti 1 km. Po vyrýžování do šedého výplavu byly vzorky laboratorně zpracovány běžnou metodikou. Vzorky řečištních sedimentů odebrané s krokem 1 km byly analýzovány semikvantitativní SPA na 13 prvků. V hydrogeochemických vzorcích, které byly odebírány na všech tocích ve vzdálenosti 200 - 400 m, byl stanovován obsah F, Pb, Zn a Cu. Úlomkovým mapováním byl zjištěn zdroj barytu východně od obce Křižanovice. Při návazných průzkumných pracích bylo celé širší okolí pokryto sítí litogeochemických profilů v síti 200 x 20 m. V každém bodě byl odebrán půdní vzorek na SPA a s krokem 40 m vzorek svahových sedimentů, jejichž výplavy byly určeny na mineralogický rozbor (sledovány byly baryt, zlato, scheelit, pyrit, orientačně další sulfidy). Všechny provedené práce potvrdily výraznou anomálii při východním okraji obce Křižanovice a řadu dalších anomálií jednak v západním pokračování k obci Samařov, jednak severně až do lukavické série.

Anomální zóna byla v roce 1981 ověřena rýhovacími pracemi, které potvrdily existenci barytových poloh a ověřily porfyroidy a kvarcity s hojnou impregnací pyritu a místy i galenitu. Mineralizace byla dále ověřena povrchovými vrty do hloubky 100 - 150 m a orientačně jedním vrtem přes 300 m. Rýhovací práce pokračovaly směrem k obci Samařov a na několika místech zastihly barytové a jednom případě i sulfidické zrudnění. V mineralizované zóně se vyskytují dva typy zrudnění a to baryt-sfaleritový a impregnační galenit-pyrit-(sfaleritový) v kvarcitech.

Ložisko bylo dále detailně ověřováno důlním průzkumem, který zahrnoval důlní díla a podzemní vrty. V rámci ověřování zásob byly studovány podmínky využitelnosti ložiska, technologie úpravy rudniny a řešeny střety zájmů, které limitují ekonomickou efektivnost těžby (přehrada a obec Křižanovice, ochrana přírody atd.). Přehled všech provedených a projektovaných prací uvádí J.Špaček (1987).



ROK	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
ETAPY PRŮZKUMU	<=VP F-Ba=>															
	<==== VP RUDY =					========>										
	<==PP I==>					<==== PP II + PoP ===					==========>					
						<=== INVESTIČNÍ					VÝSTAVBA ===>					
TECHNICKÉ PRÁCE	<== rýhy ==>															
	<======= ložiskové					vrty ===>										
	<= hydrogeol.vrty					=> <= jáma =>										
	<=PJ-1=>					<==== otvírka					pater ======>					
						<=======					== těžba ==========					
						<==== důlní					vrty ======>					
OSVOJENÍ LOŽISKA	<nález> <= zásoby					C1+C2 => <= převod					C2 do C1 ======>					
	<zákl.lož.parametry>					<== detailní ložiskové					ověření ======>					
	<== polymetaly					=> <= řešení barytu - po					loprovoz =>					
ŘEŠENÍ STŘETŮ ZÁJMŮ	<== voda Křižanovice =					==>										
	<=======					= přehrada Křižanovice =					==========					
	<== zeměd.					půdní fond ==>										
						<==== rekultivace ===>										

5.2. MAPOVACÍ METODY.

Všechny typy mapovacích metod - ať už geologické, hydrogeologické či inženýrsko-geologické - patří mezi základní metody geologických prací, neboť představují prostudování a zobrazení všech podstatných znaků vývoje a faktorů, které jsou v daném směru určující.

5.2.1. GEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ.

Geologické mapování je řazeno do komplexu vyhledávacích a průzkumných systémů ve všech etapách geologických prací. Geologická mapa - jak už bylo naznačeno - je hlavním zdrojem informací pro hodnocení zemských zdrojů, analýzu geologických rizik (sesuvů, poklesů povrchu, zemětřesení), územní plánování, péči o životní prostředí, ekonomické rozhodování a obecně veškerou hospodářskou činnost.

V rámci etapy geologického výzkumu se používá mapování v měřítku 1:200 000 až 1:25000, v etapě vyhledávání 1:50000 až 1:5000, při průzkumu 1:10000 až 1:1000 a v rámci těžebního průzkumu 1:2000 až 1:100. Při přehledném mapování se komplexně studují základní charakteristiky geologické stavby a vývoje zkoumané oblasti. Charakter a náplň základního a podrobného mapování se liší jednak podle účelu prací, jednak v závislosti na geologické stavbě a geomorfologickém typu území.

Hlavní typy informací ze základního a podrobného geologického mapování budou z hlediska vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin následující:

- informace o geologické stavbě a vývoji oblasti;
- rozbor faktorů, které samy o sobě nebo v určité kombinaci ovlivňují existenci a rozmístění akumulací nerostných surovin, tj. stanovení konkrétních vyhledávacích kritérií;
- informace o úsecích výskytu nerostných surovin, tj. vymezení hranic ložiskových polí;
- informace o povrchových projevech ložisek nerostných surovin (vyhledávacích příznacích);
- informace o genetickém, morfologickém a surovinovém typu ložisek a o jeho úložních poměrech;
- informace potřebné k ocenění průmyslového významu zkoumané nerostné akumulace (tj. o velikosti, pravidelnosti, kvalitě atd.);
- informace o základních hydrogeologických charakteristikách oblasti.

Geologická mapa musí vyhovovat určitým požadavkům v závislosti na podrobnosti mapování a na geologickém a metalogenetickém charakteru oblasti. Čím podrobnější je měřítko mapy, tím musí být podrobnější petrografické členění horninových komplexů, prostudování strukturních elementů, přesnější vymezení geologických hranic a úložních poměrů geologických objektů apod. Proto jsou zpravidla kladeny pro každé měřítko mapy v závislosti na přístupnosti a složitosti geologické stavby požadavku na počet dokumentačních bodů - přirozených a umělých odkryvů (tab.5.3). Průzkumné body mají být po mapované oblasti rozmístěny pokud možno rovnoměrně. Při sledování výrazných strukturních prvků a zkoumaných objektů je lze v potřebné míře zahustit, zatímco v úsecích geologicky jednotvárných ploch může být hustota bodů nižší.

Samozřejmě je při jakémkoliv měřítku mapy nutná jistá generalizace, při které je podíl vypuštěných detailů nepřímo úměrný měřítku. Geologická mapa je tedy jistým modelem geologické reality. V zásadě ale musí být v geologické mapě zachyceny všechny znaky, které mohou mít praktický význam (např. jako vyhledávací kritéria a příznaky). Z metodického hlediska je nutno zdůraznit, že moderně pojaté geologické mapování nelze realizovat bez souběžně nebo v předstihu prováděných geofyzikálních prací a také bez povrchových vrtných a lehkých báňských prací.

VYHLEDÁVÁNÍ A PRŮZKUM LOŽISEK STAVEBNÍHO KAMENIVA

Výchozím krokem je studium existujících geologických, ložiskových, topografických a správních map. Cílem je vymezit zájmové oblasti, které po geologické, geomorfologické, dopravní a environmentální stránce vyhovují pro provedení vyhledávacích a průzkumných prací.

Základní metodou vyhledávacích a průzkumných prací je geologicko-strukturní mapování, zaměřené na vymezení ložiskových těles, jejich složení a vnitřní stavby. Součástí komplexu prací je průzkumná geofyzika, zaměřená na vyšetřování plošného vývoje ložiskových těles, jejich strukturních poměrů, tektonické porušenosti, skrývkových poměrů, stupně navětrání, zkrasovatění atd. Nejvíce se uplatňují elektrické odporové metody, mělká refrakční seismika, georadar, geomagnetika apod.

Těžiště průzkumných prací leží v přímém ověřování zkoumaného ložiska technickými díly, tzn. vrty a povrchovými a případně i podzemními báňskými díly. Stěžejní význam mají povrchové jádrové vrty. Zásadním metodickým požadavkem je zajištění dostatečného výnosu jádra. Z povrchových báňských prací jsou používány průzkumné rýhy pro upřesňování geologických poměrů a průzkumné šachtice k detailnímu ověřování skrývkových poměrů a svrchních partií ložiska. Jsou také spolu s průzkumnými štolami používány pro odběr velkoobjemových vzorků pro technologický výzkum suroviny. Součástí prací je geomechanický výzkum (pro potřeby návrhu otvírky a exploatace ložiska). Hydrogeologický průzkum má menší význam, neboť naprostá většina ložisek je dobývána stěnovými lomy.

Příklad podrobného průzkumu v předpolí kamenolomu v Mistrovicích v podhůří Orlických hor
(Zpracováno podle Vocílky, 1979)

Stavební kámen byl v blízkosti obce Mistrovice těžen od dvacátých let minulého století několika malými lomy. Předmětem těžby bylo těleso dioritu, které proniká pestrým komplexem stroňské série a je částečně překryto křídovými glaukonitickými pískovci.

Orientační ložiskový průzkum byl proveden v letech 1959 - 1960. Na něj navazoval v roce 1962 podrobný průzkum dioritového tělesa a orientační průzkum amfibolitů stroňské série jako možné náhrady těžené suroviny. Nové průzkumné práce v letech 1975 -1976 zahrnovaly průzkumné šachtice a vrty a detailní petrografický, strukturně-tektonický a technologický výzkum. Sledovaly několik cílů a to: zpřesnění znalostí o úložních poměrech dioritového tělesa, zjištění skrývkových poměrů v prostoru křídového pokryvu, přehodnocení těžené suroviny podle nových technologických norem a z dlouhodobějšího výhledu prověření amfibolitového tělesa ve vzdálenějším předpolí lomu. V předešlé průzkumné etapě byly totiž ve snaze co nejdříve dosáhnout skalního podkladu lokalizovány průzkumné šachtice do morfologických elevací, kde je mocnost zvětralin a sutě menší. Ukázalo se, že modelace terénu závisí na petrografickém charakteru skalního podkladu: v elevacích vystupují odolnější horniny (amfibolity a amfibolické ruly), v depresích méně odolné pararuly a fylity. Původně předpokládané amfibolitové těleso je tedy ve skutečnosti tvořeno velmi pestrým horninovým komplexem, který je zvrásněný do série subparalelních vrás. Tyto skutečnosti ovlivňují nepříznivě hmotnost i kvalitu suroviny pro budoucí těžbu.

Jinak by bylo velmi problematické řešit geologicko-strukturní stavbu oblasti a studovat charakter spodních strukturních stupňů, majících význam pro prognózní úvahy.

Tab.5.3 Příklad požadavků na počet průzkumných bodů při geologickém mapování.

měřítko mapy	geologická stavba	
	jednoduchá	složitá
	např. tercier, křída a permokarbon Českého masívu	např. Barrandien či krystalinikum
	počet dokumentačních bodů na 1 km^2	
1:200 000	1	1.5
1: 50 000	4	6
1: 25 000	9	14
1: 10 000	25	40
1: 5 000	50	80

Pro mapovací práce zaměřené na sestavení základních geologických map se sestavují dva druhy projektů a to projekt na celý úkol a projekt na roční etapu.

5.2.2. HYDROGEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ

je pravidelnou součástí prací hydrogeologického průzkumu, jehož předmětem je studium zákonitostí výskytu podzemní vody a jejího pohybu v závislosti na geologicko-strukturních, geomorfologických a klimatických podmínkách, sledování chemických a fyzikálních vlastností podzemní vody, možností jejího využití a ochrany před znečištěním. Je-li hydrogeologické mapování součástí prací ložiskového průzkumu, je zaměřeno na řešení hydrogeologických poměrů ložiska a jeho okolí s cílem objasnění problémů, které budou a jsou vyvolané hydrogeologickými faktory při těžbě ložiska.

Vedle běžných činností společných s geologickým mapováním řeší hydrogeologické mapování tyto úkoly:

- stanovení množství, pohybu a jakosti spodní vody v hydrogeologických jednotkách;
- studium hydrologických poměrů, především průtoků vodotečí a vydatnosti pramenů pro ocenění celkových vodních zdrojů území;
- určení významných horizontů podzemní vody (zvodní);
- začlenění podzemních vod jednotlivých hydrogeologických jednotek do celkového režimu vod;
- výzkum oběhu spodní vody v určitých hydrogeologických podmínkách;
- zhodnocení možností využití spodních vod;
- stanovení ochranných obvodů kolem zdrojů vod;
- výzkum režimu spodních vod na ložiskách nerostných surovin;
- objasnění hydrogeologických poměrů a charakteru vod v úsecích projektované výstavby komunální a průmyslové zástavby, vodohospodářských děl, liniových staveb atd.

Hydrogeologické mapy jsou v podstatě zjednodušené geologické mapy, doplněné údaji o nejdůležitějších hydrogeologických objektech a jevech, které musí být v mapě hydrologicky, hydrodynamicky, chemicky a fyzikálně dokumentovány (rozšíření kolektorů a zvodní prvých a někdy i druhých zvodněných systémů, jejich litologie a propustnost, hydroizohypsy či hydropiezy zvodní, důležité objekty jako vrty, studně a jímací zářezy, hodnota hydrofyzikálních a hydrochemických vlastností). Ke kvalitativnímu a kvantitativnímu vyjádření se využívá znázornění bodové, obrazové, plošné či izoliniové. Podle měřítka se hydrogeologické mapy dělí na přehledné, základní a detailní, podle obsahu na komplexní a účelové. Při výběru měřítka je nutno dbát na čitelnost zpracovávané mapy.

Pro zjištění geologických a hydrogeologických údajů se zejména v podrobnějších měřítkách používají *odkryvné práce* (vpichy, vrty, povrchové hornické práce) a *práce geofyzikální* (hlavně geoelektrické, seismické a radiometrické). Technickými pracemi se sledují jevy významné z hydrogeologického hlediska, jako hladina spodní vody, ztráta nebo přetok z vrtu, přítoky do hornických děl, teplota vody a vzduchu a výrony plynů. Ve vrtech se provádějí potřebné hydrogeologické zkoušky a měření (čerpací, tlakové, stoupací, nálevové a injekční zkoušky, režimní pozorování) ve všech zastižených horizontech spodní vody. Geofyzikálními pracemi se vedle informací o výskytu a rozmístění hydrogeologicky nadějných struktur získávají údaje o hydrofyzikálních parametrech kapalin a horninového prostředí, resp. informace o znečištění podzemních vod.

Na základě poznání hydrogeologických poměrů území a některých dlouhodobých pozorování se provádí *hydrogeologické rajonování* z hlediska hydrologického a hydrogeologického. Cílem je vymezení hydrogeologických celků (území s horninami podobných litologicko-faciálních a hydrogeologických vlastností, které náležejí stratigraficky

k jednomu útvaru), hydrogeologických rajonů, v nichž jsou hydrogeologické poměry vázány na poměry geomorfologické (zahrnují infiltrační území a nádrže podzemní vody, tvořené horninami různého stáří a složení), hydrogeologické subrajony, struktury a jednotky.

5.2.3. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ MAPOVÁNÍ

je součástí komplexního inženýrsko-geologického průzkumu. Cílem je zhodnocení inženýrsko-geologických poměrů a podmínek realizace stavby nebo jiného využití území. Přitom se využívá běžných metod geologického, geomorfologického a hydrogeologického mapování, které jsou doplňovány technickými pracemi, terénními zkouškami a laboratorním výzkumem. Výchozí metodou je studium geomorfologických poměrů a projevů současných geodynamických jevů. Výhodné je používat letecké snímky, které postihují více detailů zemského povrchu než topografická mapa. Při sledování geologických poměrů studiem přirozených a umělých odkryvů je třeba pečlivě popsat celý geologický profil včetně stavu a technických vlastností hornin (stupeň navětrání, puklinatost, u sedimentů mocnost vrstev, povahu tmelu, zrnitost, pevnost, u zemin ulehlost, stupeň zpevnění, vlhkost, plasticitu atd.). Z hydrogeologických poměrů se zaznamenávají vývěry spodní vody, výskyty ploch s mělkou hladinou spodní vody (bažiny, zamokřené úseky), provádí se měření hladiny spodní vody a odběr vzorků na výzkum chemismu. Dále se sleduje stav a chování stavebních konstrukcí a zemních těles, výskyt ložisek stavebních materiálů a jejich vlastnosti atd. Výsledkem jsou jednoúčelové nebo komplexní mapy inženýrsko-geologických poměrů a mapy inženýrsko-geologického rajonování. Oba typy se mohou sestavovat v přehledném, základním nebo podrobném měřítku.

Mapa inženýrsko-geologických poměrů znázorňuje vhodnou kartografickou technikou vybrané přírodní prvky, které jsou důležité pro realizaci všech druhů staveb (horniny, jejich plošné rozšíření a úložní poměry, údaje o hloubce hladiny spodní vody a jejím chemismu, současné geodynamické jevy, údaje o seismicitě atd.). Je doplněna tabulkami inženýrsko-geologických vlastností hornin.

Mapa inženýrsko-geologického rajonování podává systematický obraz inženýrsko geologických podmínek výstavby. Jsou v ní vyčleněny územní jednotky s přibližně stejnými poměry (regiony, oblasti, rajony, okrsky).

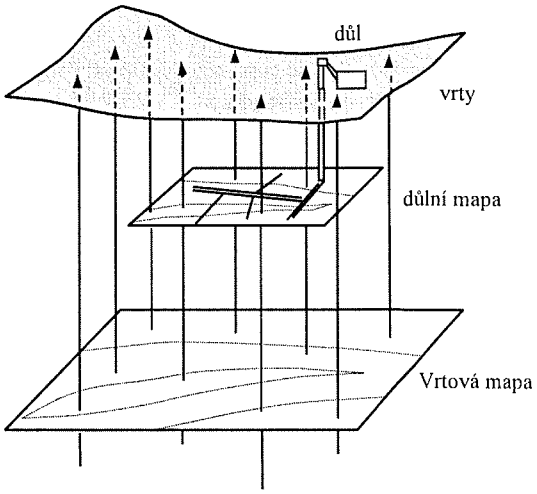
Protože je nutno získat informace o mocnosti a složení pokryvu do hloubky cca 10 m a alespoň orientační údaje o vlastnostech a chování skalního podloží, je nutno realizovat v potřebném rozsahu vhodné technické práce, jako vpichy a mělké vrty. Pro získání představy o fyzikálně-mechanických vlastnostech zemin se používají penetrační, presiometrické a vrtulkové terénní zkoušky a odebírají se vzorky pro jejich zjišťování. Velmi využívané jsou geofyzikální metody, zaměřené na studium geologické a strukturně-tektonické stavby území, na podrobné studium fyzikálně-mechanického stavu horninového masivu (vymezení kvazihomogenních bloků, mechanicky oslabených zón, systémů trhlin a puklin, kaveren, určování fyzikálních charakteristik) a změn jeho napěťodeformačního stavu (sesuvů, zón napětí v okolí inženýrských povrchových a důlních děl). K tomu se využívají různé varianty geoelektrických metod, metody radiometrické, gravimetrické, geomagnetické, metody seismické a termické.

5.2.4. PODPOVRCHOVÉ MAPOVÁNÍ.

Mezi metody podpovrchového mapování se řadí důlně geologické mapování, vrtové geologické mapování a strukturní mapování (obr.5.10).

Výsledkem *důlně geologického mapování* jsou důlní geologické mapy, ve kterých je na základě skutečností zjištěných důlními díly a povrchovými a důlními vrty znázorněn tvar sledovaných geologických a zejména ložiskových těles, jejich petrografická a mineralogická

charakteristika, strukturně tektonická stavba, u ložiskových těles jednotlivých kvalitativních druhů nerostných surovin atd. V rámci geologických průzkumných prací se sestavují důlní geologické mapy komplexní a speciální. V komplexních mapách jsou shrnuty všechny důležité geologické, petrografické, mineralogické strukturně-tektonické a hydrogeologické údaje zjištěné průzkumnými a případně těžebními díly. Speciální mapy popisují technologické charakteristiky nerostné suroviny (kvalitativní mapy – mapy kovnatosti, mapy jakostních druhů, u uhelných ložisek mapy popelnatosti, mapy obchodních skupin apod.) a výsledky technického a geologicko-ekonomického vyhodnocení (zásobové mapy). Podle použitého mapového podkladu se důlní geologické mapy dělí na mapy detailní (1:100 až 1:1000), základní (1:1000 až 1:25000) a přehledné (1:5000 až 1:10000).



Obr.5.10 Vztahy mezi povrchovou důlní a vrtovou geologickou mapou

Výběr vhodného měřítka závisí na rozměrech ložiska a stupni jeho složitosti. Komplexní mapy se sestavují na základě prvotní důlně geologické dokumentace důlních děl (zákresů čeleb, dokumentace stropu nebo boků důlních děl) a vrtné dokumentace. Speciální mapy vycházejí z výsledků vzorkování a poznatků zachycených komplexními mapami.

Většina komplexních a v případě rozměrných a izometrických těles i speciálních map představuje horizontální řezy v úrovni realizovaných, případně projektovaných důlních pater. U ukloněných nebo strmě uložených ložiskových těles jsou speciální důlní mapy řešeny na strukturních mapách (např. slojové mapy) nebo v průmětných rovinách rovnoběžných s generálním směrem a úklonem tělesa, v případě strmých těles ve svislé průmětně paralelní s generálním směrem. Komplexní důlní geologické mapy se zpracovávají obdobnou kartografickou technikou jako povrchové geologické mapy. Kvalitativní mapy představují různé typy kartodiagramů a map izolinií.

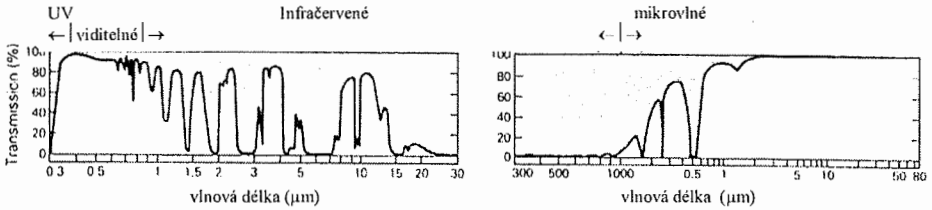
Horizontální geologické podpovrchové řezy, sestavené z výsledků vrtného průzkumu, se nazývají *vrtové (hloubkové) geologické mapy*. Používají se při vyhledávání a průzkumu ložisek ropy a plynu a při projektování podrobného průzkumu důlními díly a při projektování otvírky a těžby ložisek pevných nerostných surovin.

Strukturní geologické mapování se zabývá studiem morfologie podpovrchových geologických těles (strukturních ploch) a jejich zobrazením ve formě map vrstevnic (stratoizohyps), případně izolinií mocnosti (izopachyt) a izochor (zvláštní případ izopachyt, kdy spodní strukturní plocha, od níž se zjišťuje mocnost, je transgresní plocha). V případě, že v jedné mapě je vyjádřena struktura většího počtu geologických těles, jde o kombinovanou mapu. Vedle těchto map se zpracovávají tzv. strukturně-litologické mapy.

Všechny uvedené mapy, které mohou být v měřítku přehledném, základním i podrobném, se sestavují na základě terénních povrchových výzkumů (geologického mapování) a zejména poznatků z vrtných a báňských prací. Strukturní mapování je velmi využívané při vyhledávání a průzkumu ložisek přírodních uhlovodíků, ale i pevných surovin.

5.2.5. DÁLKOVÉ MAPOVÁNÍ.

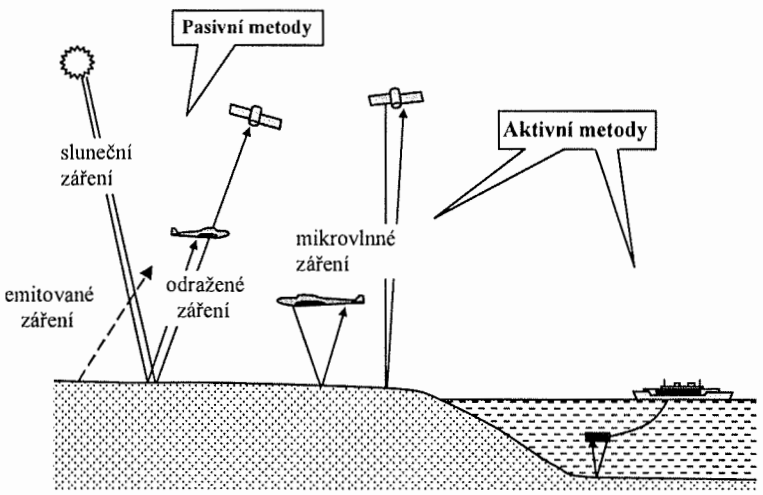
V širokém smyslu zahrnují techniky založené na využití přirozeného a emitovaného záření, nadzemní a mořské a podmořské geofyzikální, akustické a vizuální metody. V obvyklejším smyslu jde o obrazové metody využívající elektromagnetické záření o vlnové délce 1×10^{0} až 3×10^{-7} m (tj. frekvenci 3×10^{8} až 1×10^{5} Hz), které se dělí na ultrafialové, viditelné, infračervené a mikrovlnné. Ne všechna pásma tohoto souvislého elektromagnetického spektra procházejí atmosférou bez degradace (obr.5.12).



Obr.5.12 Atmosférická okna (upraveno podle Druryho, 1993)

Atmosférická okna (vlnová pásma procházející atmosférou relativně „snadno") určují hlavní prostředky, používané pro měření, které se dělí na ***pasivní*** (černobílá, barevná a infračervená fotografie, multispektrální termální až ultrafialové snímání) a ***aktivní*** (radarové mapování). Dále se do této skupiny řadí metody akustického mapování využívající zvukových impulzů o frekvenci 10 až 200 kHz (obr.5.13).

Zhruba od 30. let dvacátého století byla jediným typem prostředků dálkového průzkumu letecká fotografie, nejprve černobílá a později i barevná. V současnosti se používá barevná, infračervená a multispektrální fotografie s vysokým rozlišením, zpracovávaná digitálními systémy. Základní principy interpretace jsou shodné s postupy obecně platnými i pro další obrazy dálkového snímání, jako je satelitová fotografie. Právě pokroky družicové technologie přinesly nové možnosti. Z počátku to byly klasické černobílé a barevné fotografie pořizované v průběhu letů nespecializovaných družic (Mercury, Gemini, Apollo atd.). Po zahájení programů specializovaných satelitů (Landsat, SPOT) se přešlo na multispektrálním snímání ve více pásmech (MSS - Multispectral scanner, TM – Thematic Mapper apod.).



Obr.5.13

Schéma aktivních a pasivních metod dálkového průzkumu.

5.2.5.1. Aerovizuální pozorování

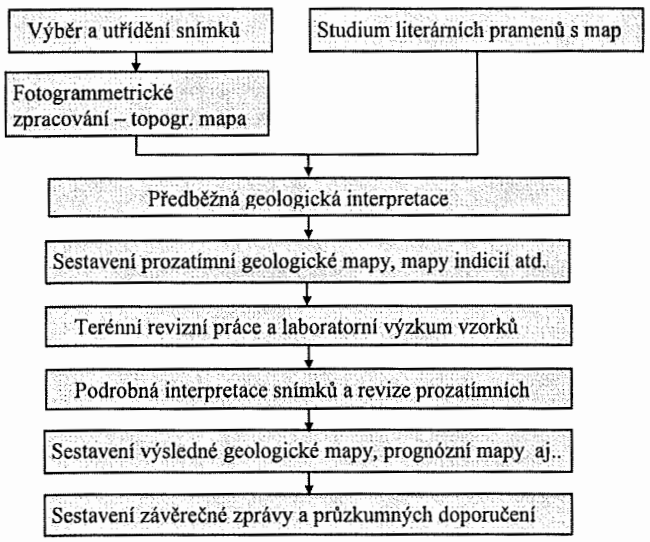
je založeno na přímém sledování geologických, hydrogeologických a geomorfologických jevů a vyhledávacích příznaků z letadel či vrtulníků, které je doplňováno výběrovým snímkováním zajímavých jevů s možným praktickým významem. Účelem tohoto pozorování je co nejrychleji získat předběžné informace o geologické stavbě neznámých terénů, ověřit správnost stávajících geologických map a vyhledávat úseky vhodné pro výskyt ložisek nerostných surovin.

V přípravné etapě se v závislosti na účelu prací a znalosti geologické stavby terénu volí trasy letu tak, aby postihly všechny důležité geologické linie a strukturní uzly (analogie orientačních túr při pozemním geologickém mapování). Při vlastních pracích se vizuálně sleduje morfologie, charakter a zbarvení povrchu a rozmístění různých vegetačních jednotek. V těchto jevech se odráží petrografická a strukturní stavba oblasti. Výsledky pozorování se zanášejí do mapy. Zároveň se geologicky význačné jevy snímkují a vymezují se úseky pro pozemní ověření. Šířka pásma, které je takto geolog schopen sledovat, závisí na výšce letu. Obecně se udává poměr 1:10. K letu se mají volit bezoblačné dny z jara nebo na podzim (vyloučení vlivu kulturní vegetace), nejlépe odpoledne (při šikmém osvětlení lépe vynikají terénní tvary).

5.2.5.2. Letecké fotogeologické mapování.

Základem byla interpretace plošného černobílého či barevného soustavného snímkování. V současné době je nahražováno multispektrálním a radarovým snímáním. Snímkování se provádí v řadách s přibližně 60 % podélným a 35 % příčným překrytem. Takto získané stereoskopické snímky o známé prostorové orientaci a stejného měřítka se nejprve zpracovávají fotogrammetricky (sestavení fotomozaiky, fotoplánů a topografických map). Poté se podle změn fototónu či barevného odstínu, geometrického tvaru a charakteristické kresby objektů provádí morfologické a strukturní studie (obr.5.14).

Letecké mapování se používá v kombinaci s geofyzikálními metodami (geomagnetickými, radiometrickými, geoelektrickými apod.). Mají velký význam pro regionální geologické, geomorfologické a hydrogeologické výzkumy, při sledování časových změn geomorfologického a inženýrsko-geologického charakteru, pro vyhledávání roponosných struktur apod. Pro doplnění je třeba připomenout, že letecké snímky představují velmi vhodné podklady pro geologické mapování, což je prakticky využíváno v málo prozkoumaných rozvojových zemích.



Obr.5.14

Schéma geologické interpretace plošného leteckého snímkování

5.2.5.3. Satelitové mapování.

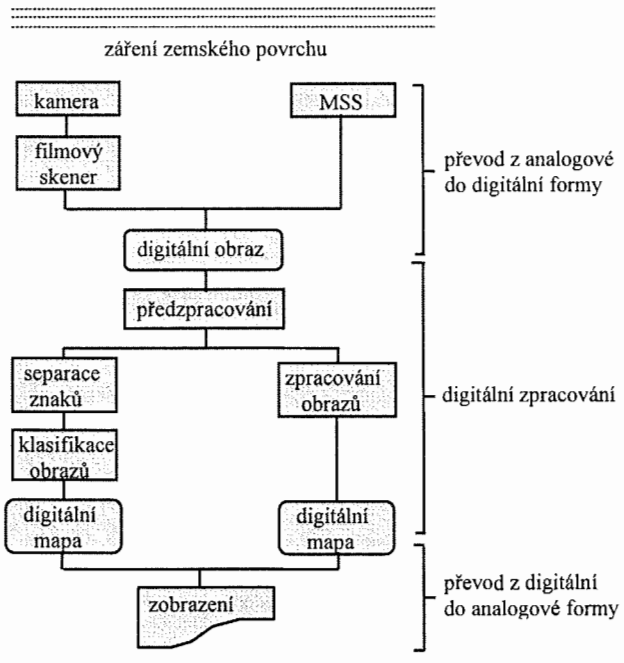
Zahrnuje fotosnímkování a v současnosti především multi nebo hyperspektrální snímání v oblasti viditelného a infračerveného spektra a radarové mapování. V komplexu prací se používají i geofyzikální metody. V rámci snímání jsou získávány velmi detailní informace, které se u nejmodernějších skenerů pohybují v rozměrech 1 metru (tab.5.4, 5.5). Spektrální snímání umožňuje posuzovat látkové složení sledovaných objektů, v případě hyperspektrálních systémů až jednotlivých minerálů či jejich variet. Kamerami či skenery registrované údaje jsou předávány zpravidla v digitální formě. Schéma zpracování je uvedeno na obr.5.15

Tab.5.4 Charakteristiky některých hyperspektrálních snímacích zařízení

systém	počet pásem	šířka pásma (nm)	spektrální pokrytí (nm)	pixelů na linii
AVIRIS	224	10	400 – 2 500	614
Casi-2	288	2.2	400 – 1 000	512
DAIS 7915	79	15 – 2 000	400 – 12 600	512
HyMap	100 - 200	10 - 20	450 – 2 500	512
MIVIS	102	9 – 540	430 – 12 700	755

Tab.5.5 Přehled možných mapových měřítek některých zobrazovacích systémů

systém	rozlišení (m)	mapové měřítko
NOAA AVHRR	1000	1:3 000 000
RESOURSE-01 MSU-SK	160	1: 500 000
Landsat MSS	80	1: 250 000
Landsat TM	30	1: 90 000
SPOT XS	20	1: 60 000
SPOT P	10	1: 30 000
IRS P	5	1: 15 000
IKONOS P	1	1: 3 000
Letecká fotografie	0.3	1: 1 000



Obr.5.15

Schéma digitálního přenosu a zpracování dat dálkového snímání (podle Schowengerdta, 1983)

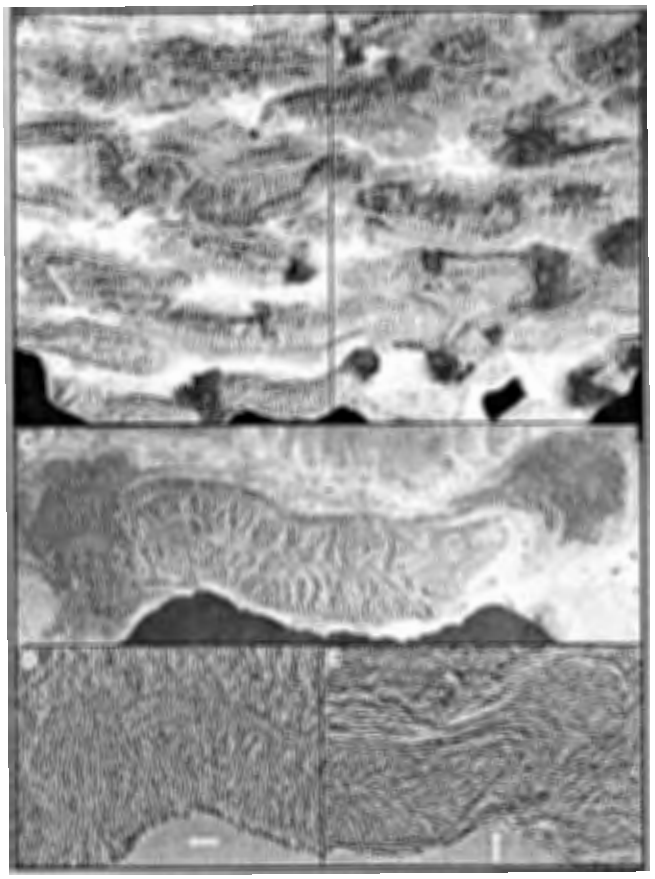
Zásadní předností družicového snímání je, že:

1. můžeme opakovaně automaticky získat synoptický obraz větších územních celků, zasahující až do značných podrobností,
2. provádět reinterpretace dat podle požadavků odběratelů a podle rozvoje vědních oborů.

Obr.5.16

Příklady digitálního zpracování satelitových dat pro geologické mapování solinosné oblasti Bandar Abbas v jihovýchodním Iránu (Rejl, 1993)

A – RGB obraz získaný ze zeleného, červeného a infračerveného pásma Landsat MSS
B – IHS obraz zpracovaný z 1., 2. a 3. hlavní složky vypočtené ze všech pásem Landsat MSS
C – kopie KFA-1000 spektrozonální fotografie (prostorové rozlišení 5 m);
D – filtrováním zesílené S-J strukturní prvky z digitalizovaných dat KFA-1000
E - filtrováním zesílené V-Z strukturní prvky z digitalizovaných dat KFA-1000



5.2.5.4. Radarové mapování.

Radarové mapování je typem aktivního systému, který umožňuje rychle a nezávisle na počasí, denní a roční době získat přesnější údaje o geomorfologii a geologické stavbě, než např. při leteckém snímkování. Tyto systémy označované zkratkou SAR vysílají mikrovlnný signál a měří charakteristiky signálu odraženého od zemského povrchu (tab.5.6). Nejčastěji se využívají vlnové délky K-pásma (0.8-1.1 cm), X-pásma (2.2-3.8 cm), C-pásma (3.8-7.5 cm) a L-pásma (15-30 cm). Čím delší je vlnová délka, tím hlouběji pronikají mikrovlnu pod zemský povrch.

Tab.5.6 Charakteristiky prostorových SAR systémů

systém	vypuštění	vlnová délka (cm)	rozlišení (m)	šířka (km)	opakování (dnů)
ERS-1	1991	pásmo C 5.66	30 – 50	100 – 500	3 - 35
ERS-2	1995	pásmo C 5.66	30 – 50	100 – 500	3 - 35
JERS-1 SAR	1992	pásmo L 23	18	75	44
RADARSAT	1995	pásmo C 5.7	8 – 100	50 – 500	3 – 35

Charakter odraženého signálu závisí jednak na vlastnostech radarového systému, jednak na vlastnostech terénu (polarizace, dielektrická konstanta, morfologie a hrubost povrchu, úhel dopadu). Na základě toho lze vytvářet digitální model terénu, studovat vegetační pokryv a horninové typy.

RADARSAT V LOŽISKOVÉ PROSPEKCI.

V revíru Kangare v Mali se známým ložiskem zlata Kalana probíhalo po řadu let vyhledávání dalších ložisek pomocí tradičních postupů (geologické mapování, geochemie, geomagnetika, radiometrie, technické práce). Tyto práce nebyly úspěšné vzhledem k souvislému 40-50 m mocnému plášti lateritických zvětralin. Proto bylo nově využity radarová zobrazení území kanadské družice RADARSAT a optická zobrazení družice SPOT 4. Tyto materiály umožnily vymezit vulkanické a periplutonické intruze, které mohly být zdrojem hydroterm, dále pak identifikovat „tektonické koridory", pravděpodobně odpovídající tektonicky porušeným zónám s mineralizací. Průzkumné vrty lokalizované na křížení těchto koridorů zastihly tektonicky drcené prokřemenělé úseky s pyritem. Tyto poznatky vedly k závěru, že radarové zobrazení s vysokým rozlišením je schopno rychle poskytnout poměrně spolehlivé podklady pro vyhledávání rudních akumulací.

5.2.5.5. Podmořské akustické mapování.

Při výzkumu mořského dna a průzkumu podmořských akumulací nerostných surovin mají vedle geofyzikálních pozorování rozhodující význam podrobné batymetrické, topografické a geologické mapy, které jsou sestavovány na základě akustického mapování speciálními aparaturami (sonary – echoloty). Přístroje pracují na principu krátkých impulsů akustických signálů o vysoké frekvenci 10 až 200 kHz vysílaných z generátorů výzkumných a průzkumných zařízení. Odražené vlny se registrují a po vyhodnocení doby odrazu, síly a frekvenční charakteristiky dávají obraz topografie dna a stratifikace sedimentů do hloubky cca 100 m. Současné přístroje používají stranový sonar pro topografické mapování a kolmý sonar pro sondování. V případě potřeby se toto mapování doplňuje podmořským fotografováním a televizní technikou. Mapování se prakticky využívá pro vyhledávání roponosných struktur, výzkumu akumulací manganových konkrecí, akumulací těžkých nerostů atd.

5.2.5.6. Závěr.

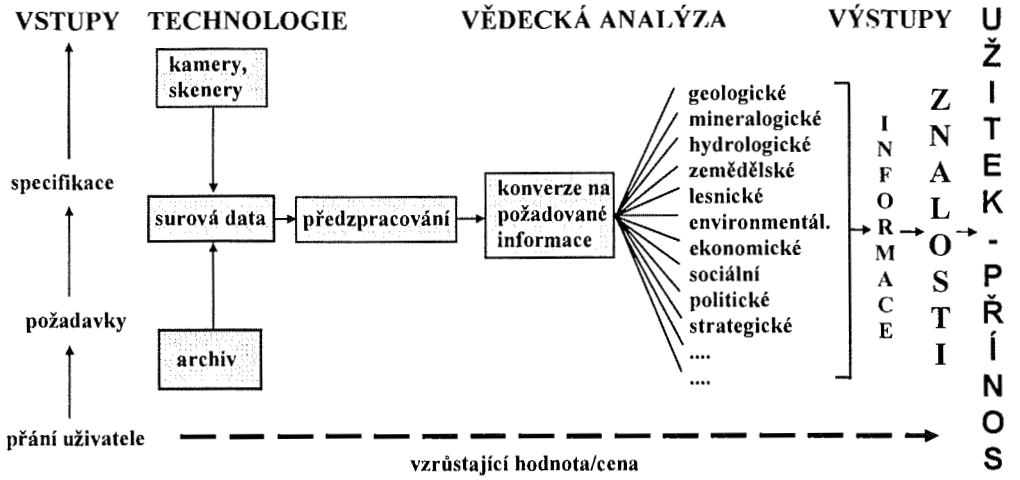
Metody dálkového průzkumu představují v současnosti standardní prostředek výzkumných, vyhledávacích a průzkumných prací, zejména v méně prozkoumaných a obtížně přístupných oblastech.

Tab.5.7 Příklady prostředků dálkového průzkumu, typů dat a aplikací.

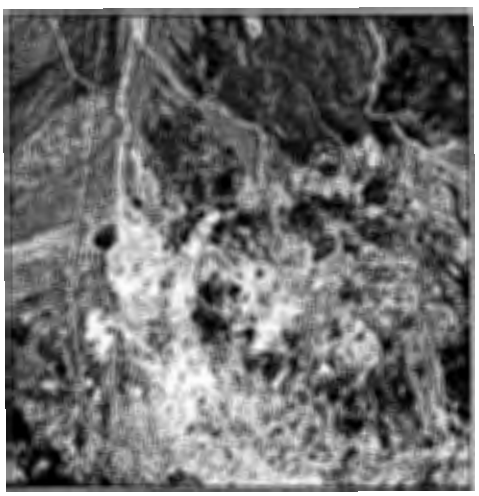
skupina	typ	popis	rozlišení	aplikace
satelitové snímání	Landsat TM	7 pásem	30 m	lesní a vodní zdroje, klasifikace
	Landsat MSS	4 pásma	80 m	regionální mapování
	SPOT Pan	1 pásmo	10 m	základní mapy, městské plánování
	SPOT XS	3 pásma	20 m	mapování vegetace
	AVHRR	5 pásem	1.1 km	oceánské procesy
	hyperspekrální	200 + pásem		geologická analýza užití území
radar	ERS-1	1 pásmo	30 m	geologické a ledovcové mapování
	ERS-2	1 pásmo	30 m	geologické a ledovcové mapování
	JERS-1	1 pásmo	30 m	geologické a ledovcové mapování
	RADARSAT	1 pásmo	10-30 m	ledovcové mapování
	SIR-C	polarimetricky		výzkum
letecké snímání	letecké foto		skenovaná data	městské plánování
	AIS	128 pásem		územní plánování
	AVIRIS	224 pásem		územní plánování
geofyzikální data	radiometrická	4 pásma	100-200 m	ložiskový průzkum
	seismická	1 a 2 pásma	20-30 m	ložiskový průzkum
	gravimetrická	1 pásmo	1000 m	ložiskový průzkum
	elektromagnetická	1 pásmo	80 m	ložiskový průzkum

Vyhledávání akumulací nerostných surovin je založeno na litologických nebo litostratigrafických kritériích, strukturních kritériích, geomorfologických kritériích a indiciích a dalších indikačních jevech, jako je zbarvení hornin, anomálie v rostlinném pokryvu, stopy starých báňských prací apod. Jejich použití je samozřejmě mnohem širší, jak naznačuje tab.5.7.

Efektivní využití obrovského množství dat, které jsou získávány ve všech oborech lidské činnosti z několika stovek satelitů a množství prováděných leteckých a námořních výzkumů a průzkumů, vyžaduje systémový přístup, jehož možnou strukturu znázorňuje obr.5.17.



Obr.5.17 Schéma systému zpracování dat dálkového průzkumu (podle Huntingtona 1998)



Goldfield, Nevada. Hyperspektrální snímek AVIRIS (240 kanálů, rozlišení 20 m) po převedení do černobílého znázornění

Radarový záznam části národního parku Richtersveld a řeky Orange na hranicích JAR a Namibie (diamantonosná oblast o rozloze 55 x 60 km)

5.3. GEOCHEMICKÉ METODY.

Úkolem geochemických vyhledávacích a průzkumných metod je popsat charakter geochemických polí a vymezit jejich lokální anomálie s cílem indikovat geochemické projevy související s akumulacemi nerostných surovin, zdroji podzemních vod, zdroji znečištění a obecně se zájmovými geologickými tělesy. Jsou zařazovány do komplexu prací všech průzkumných etap. Mohou poskytnout informace:

- o typu geochemické provincie, což je jeden z podkladů pro ocenění potenciální ložiskonosnosti území;
- o horninových formacích a tektonických elementech nadějných na výskyt nerostných akumulací a úsecích jejich pravděpodobné lokalizace;
- o perspektivnosti lokálních geochemických anomálií, pravděpodobném složení a rozměrech ložiskových akumulacích na ně vázaných;
- o hloubce eroze území;
- o úložních poměrech ložiskové akumulace vázané na lokální anomálii;
- o hydrogeologických charakteristikách území (zdrojových a akumulačních úsecích, vlastnostech kolektorů, směru a rychlosti proudění spodních vod;
- o zdrojích a stupni znečištění spodních vod atd.

V současné době se používají následující metody, resp. metodické varianty geochemického vyhledávání a průzkumu:

skupina metod	metoda
litogeochemické	aluviální metoda
	přísvahová metoda
	profilování a plošné mapování
	prospekce jezerních usazenin
	výzkum glaciálních sedimentů
	vzorkování výchozů a odkryvů
	vzorkování vrtů a důlních děl
hydrogeochemické	povrchové (orientační, systematické)
	důlní
biogeochemické	
atmogeochemické	

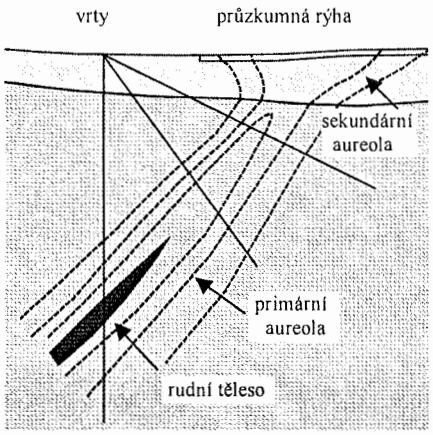
Použitelnost jednotlivých metod a metodických variant je závislá na geologicko strukturních, geomorfologických, metalogenetických, hydrogeologických a hydrologických poměrech a na stupni zakrytí terénu.

Spektrum sledovaných prvků nebo komponent závisí na účelu geochemických prací. V případě vyhledávání rudních ložisek se vychází z asociace užitkových a doprovodných prvků očekávaného geneticko-surovinového typu. Při vyhledávání a průzkumu ložisek ropy a zemních plynů se využívá tzv. *bitumenová metoda*, která je založena na sledování obsahu bitumenu a jeho složení (organický uhlík a uhlík bitumenu, komponenty bitumenu).

5.3.1. LITOGEOCHEMICKÉ METODY.

Litogeochemické metody se v průzkumné praxi velice rozšířily ve druhé polovině dvacátého století, po rozvoji poznatků o distribuci chemických prvků v zemské kůře a jednotlivých horninových formacích, o formování geochemických polí a primárních aureol, rozpracování metodiky terénních prací a zavedení vhodných analytických a to zejména instrumentálních metod. Jejich použití má smysl tehdy, mají-li lokální anomálie dostatečný kontrast vůči normálním geochemickým polím.

Často se tyto metody dělí do dvou skupin. *Horninová metalometrie,* tj. litogeochemický výzkum pevných hornin skalního podkladu, je založena na vyhledávání a hodnocení primárních a smíšených geochemických aureol vzorkováním primárních hornin na výchozech a umělých odkryvech (odkopech, rýhách a sondách) a ve vrtech (obr.5.18). V rámci regionálních prací se touto cestou zjišťuje geochemický charakter regionu stanovením průměrných obsahů prvků (klarkový výzkum). *Půdní metalometrie* spočívá ve vzorkování půdního pokryvu v oblastech jeho souvislého vývoje. představuje celosvětově nejvíce využívanou variantu litogeochemických prací. Je založena na sledování sekundárních aureol různého typu ve svahových, aluviálních, jezerních a glaciálních usazeninách.



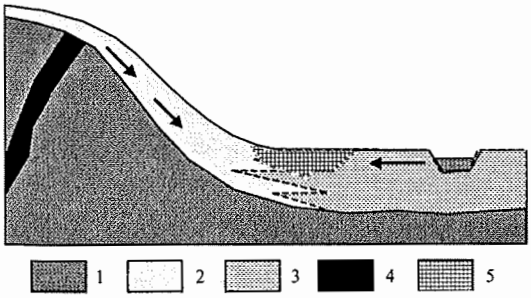
Obr.5.18
Průzkum a interpretace primární a sekundární aureoly a rudního tělesa

5.3.1.1. Aluviální metoda

je založena na vzorkování říčních pelitických sedimentů s cílem zjistit proudy rozptylu zájmových a doprovodných prvků ve stálých a dočasných vodotečích. Je vhodná pro rychlé ocenění perspektivnosti málo známých oblastí středohorského nebo pahorkatinového typu s dobře vyvinutou říční sítí v počátečních etapách vyhledávání. Vzorky pelitických usazenin se odebírají z hloubky 5-10 cm pod hladinou poblíž břehu, resp. z hloubky cca 30 cm ve střední části suchého koryta, ze všech vodotečí ve vzdálenostech 1000 až 250 m v závislosti na měřítku prací. Metodu nelze použít u velkých řek s vysokým průtokem, kde dochází k velmi intenzivnímu ředění koncentrací prvků. K detailizaci zjištěných anomálních úseků s používá geochemické profilování.

5.3.1.2. Přísvahová metoda

je založena na sledování odtržených anomálií, které vznikají v zóně míšení svahových a aluviálních vod v širokých údolích, kde sekundární anomálie ve svahových sedimentech nezasahují až do vodotečí (obr.5.19). Vzorky se odebírají z hloubky 20-50 cm a to v případě ostrého přechodu svahu do údolní nivy 5 až 10 m a v případě pozvolného přechodu 10 až 25 m od počátku svahu směrem k toku v intervalu 20 až 100 m. Vhodnou hloubku odběru je třeba určit pokusnými pracemi. Detailizace zjištěných anomálií se rovněž provádí geochemickým profilováním.



Obr.5.19
Mechanismus vzniku odtržené aureoly
1 - primární horniny; 2 - svahové zvětraliny 3 - aluviální sedimenty; 4 - ložiskové těleso; 5 - odtržená aureola

Geochemické profilování a plošné mapování

je vhodné jednak v oblastech se špatně vyvinutou říční sítí při menší mocnosti pokryvu, jednak pro prověření a detailizaci zjištěných anomálií v podrobnějších průzkumných etapách. Vzorky se odebírají na profilech volených pokud možno kolmo na průběh geologických struktur a horninových těles, vzdálených v závislosti na měřítku 2000 až 25 m, s krokem odběru na profilech 100 – 5 m. Zvolená hustota odběru vzorků musí respektovat očekávané rozměry hledaných objektů (ložisek a jejich rozptylových aureol). V podrobnějších průzkumných etapách se pro detailizaci úseků zjištěných předcházejícími pracemi používá plošné mapování (plošná metalometrie). Odběr vzorků se provádí z nejefektivnějšího hloubkového horizontu půdního profilu (v našich podmínkách zpravidla půdního horizontu B a případně C, v severských podmínkách z horizontu A). Hloubku odběru je nutno předem pokusně určit.

Ze zkušeností z vyhledávání ložisek barevných a vzácných kovů vyplývá, že aureoly většiny průmyslově významných ložisek lze zjistit při hustotě 10 až 20 vzorků na 1 km^2, což odpovídá měřítku 1:100000. V praxi se zpravidla používá měřítko 1:50000 až 1:25000 (profily ve vzdálenosti 250-500 m s krokem odběru vzorků 20-50 m).

5.3.1.4. Geochemická prospekce jezerních sedimentů

se řídí v principu analogickými postupy. Je založena na vzorkování pelitických sedimentů jak při pobřeží, tak na jezerním dně.

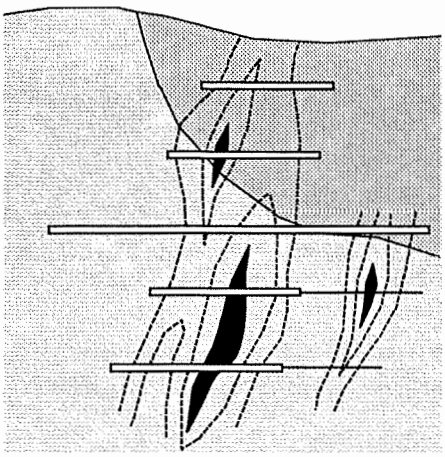
5.3.1.5. Geochemická prospekce glaciálních sedimentů

V průběhu formování glaciálních usazenin dochází vlivem pochodů mechanického a chemického přenosu a rozptylu elementů ke vzniku složitých a obtížně interpretovatelných geochemických aureol. Proto je velmi důležité studium vývoje zalednění, tj. rozlišení jednotlivých fází a plošného rozsahu, sledování směru pohybu ledovců, charakteru postglaciálních procesů a analýza rozmístění a typů akumulací glaciálních sedimentů (čelních, spodních a bočních morén, eskerů, drumlin atd.). Pro získání reálných poznatků je nezbytné vzhledem k charakteru tillu odebírat vzorky až k podložním horninovým komplexům. Pokud je till překryt půdním horizontem, vzorkuje se tento samostatně. Vzhledem k nevytříděnosti těchto sedimentů se geochemická prospekce kombinuje se sledováním valounů.

5.3.1.6. Vzorkování odkryvů, vrtných a důlních prací.

V etapě regionálního výzkumu se odebírají vzorky z primárních hornin výchozů a případných umělých odkryvů (odkopů, sond) s cílem stanovit charakter geochemických polí (regionální klarkový výzkum), tj. typickou prvkovou asociaci a hodnoty regionálního a případně lokálního geochemického pozadí.

Podle zkušeností nejlépe vyhovuje vzorek složený z 5-6 úlomků horniny odebraných asi v metrových intervalech o celkové váze 0.3-0.4 kg (Pokorný in Bouška et al. 1980).



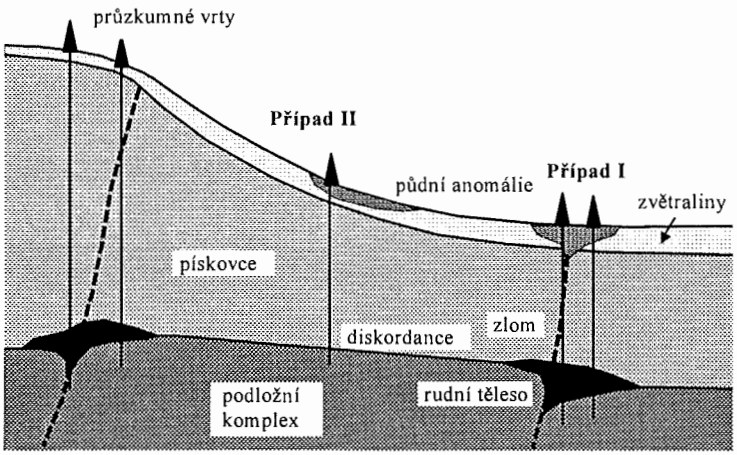
V podrobnějších etapách se sledují lokální geochemické primární, případně smíšené aureoly. Vzorky z průzkumných rýh se odebírají ze dvou hloubkových úrovní a to 60-70 cm od povrchu a z primárních hornin. Cílem je stanovit charakter primárních a sekundárních či smíšených aureol. Je-li rýhou zachycena poruchová či ložisková struktura, odebírá se z ní zásekový vzorek a dále v jejím okolí vzorky po 0.25 až 1 m do vzdálenosti 10 m; v opačném případě se odebírají vzorky v pravidelném kroku 5 či 10 m.

Obr.5.20
Příklad důlní metalometrie na rudním ložisku.

Vzorky z průzkumných vrtů se odebírají v principu podle stejných zásad, upřesněných na základě pokusných prací na analogickém objektu otevřeném důlními pracemi. Důlní metalometrie se používá k vyhledávání skrytých ložiskových těles v rámci známého ložiska. Vzorkování se provádí především na překopech ležících ve stejném řezu orientovaném kolmo na ložiskové struktury (obr.5.20). Ze žilných a poruchových struktur se odebírá zásekový vzorek. Vlastní překop se vzorkuje buď pravidelně nebo se zahuštěním v okolí struktur.

5.3.1.7. Metodická doporučení.

Při provádění průzkumu a interpretaci zjištěných výsledků je nutno respektovat skutečnost, že vývoj sekundárních aureol je silně ovlivněn vnitřními i vnějšími faktory migrace sledovaných prvků. Proto nelze do těchto podmínek přenášet poznatky o zonálnosti primárních aureol. Mimo to může v závislosti na geomorfologických, hydrogeologických a litologických poměrech docházet k posunu až odtržení sekundárních aureol od primárních aureol a ložiskových těles, ke vzniku falešných aureol (např. ve slatinných, bažinných a rašelinných sedimentech. To je třeba respektovat při prověřování zjištěných anomálií (obr.5.21).



Obr.5.21
Princip postupu vrtného ověřování geochemických anomálií při vyhledávání uranových ložisek vázaných na diskordance (podle Hoffmana, 1983).

5.3.2. HYDROGEOCHEMICKÉ METODY.

Hydrogeochemické metody jsou založeny na vzorkování povrchových, jezerních a podzemních vod, někdy i sněhu. Vedle koncentrací užitkových a doprovodných indikačních prvků se také sledují anionty charakterizující celkový ráz vod (karbonátové, síranové, chloridové, jodid-bromidové, smíšené), různé polutanty apod. Při odběru vzorků vody je nezbytné dodržovat doporučené specifické postupy a doplňovat je požadovaným terénním měřením (teplota vody a vzduchu, vydatnost zdroje, pH, případně Eh, plynné složky atd.) a popisem geologické a hydrogeologické charakteristiky místa odběru.

5.3.2.1. Povrchový hydrogeochemický průzkum

zkoumá chemismus povrchových a spodních vod a změny chemismu půdních výluhů, které jsou způsobeny anomálními objekty (ložiskovými akumulacemi, specifickými horninovými tělesy, zdroji znečištění).

Orientační hydrogeochemický průzkum spočívá v orientačním ovzorkování některých vodních toků, pramenů a studní v zájmové oblasti. Používá se pro stanovení efektivnosti metody a výběr vhodných vyhledávacích příznaků.

Speciálním typem je tzv. *půdní hydrogeochemická metoda*, tj. studium chemismu půdních výluhů. Tato metoda je vhodná v oblastech s malým počtem vodních toků a pramenů. Vzorky půdy o váze 200-300 g odebrané z hloubky 20-30 cm se vyluhují destilovanou vodou nebo 10 % roztokem NaCl a odparek se poté analyzuje.

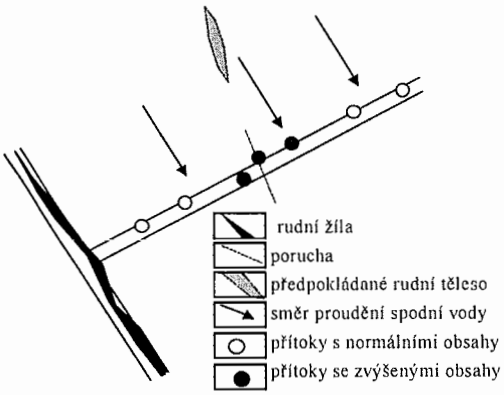
Systematický hydrogeochemický průzkum je založen na ovzorkování všech vodních toků, pramenů, pramenných linií, mokřadů, studní, vrtů a průzkumných šachtic. Vodní toky se vzorkují v pravidelných intervalech daných měřítkem prací (doporučuje se 4-5 míst odběru na 1 km^2). Vzorkování je nutno provádět pokud možno současně ze všech odběrových míst (nebo alespoň v co nejkratším časovém rozmezí), aby byly eliminovány změny koncentrací vyvolané kolísáním atmosférických srážek a ročním obdobím. Proto se doporučuje vzorkovat v humidních oblastech v období sucha a v aridních oblastech v období nejvyššího stavu spodní vody. V naší zemi je nejvhodnější odebírat vzorky vody ke konci léta a na podzim. Objem vzorku závisí na celkové mineralizaci vody a na účelu vzorkování a pohybuje se od 0.1 do 1 a ve speciálních případech až 3 litrů.

Hydrogeochemický průzkum je výhodný pro vyhledávání sulfidických ložisek např. Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mo, U, Cr, Au aj., dále při vyhledávání ložisek ropy, solí, fluoritu apod. Poskytuje dobré výsledky v morfologicky členitých terénech s dobře vyvinutou vodní sítí. Je vhodný pro rozsáhlé regionální programy, ale i pro podrobnější průzkumné etapy. Za pozitivní anomálii se považuje 5-10 násobné zvýšení oproti běžným obsahům. Předností povrchového hydrogeochemického vyhledávání je značný hloubkový dosah (v příznivých geologicko-strukturních podmínkách až několik set metrů), který umožňuje zjišťovat ložiska nevycházející na povrch a ležící ve značné vzdálenosti. Pro složitou interpretaci zjištěných anomálií o problémy v případě velmi nízkých koncentrací se používá v kombinaci s dalšími metodami.

5.3.2.2. Důlní hydrogeochemický průzkum.

Důlním průzkumem se systematicky zkoumají soustředěné a nesoustředěné přítoky vod, zvodnělé poruchové linie, zóny puklinatosti, vodonosné horizonty apod. v důlních dílech a vrtech. Jeho úkolem je získat doplňující údaje k výsledkům povrchového hydrogeochemického vyhledávání a geochemického mapování. Dále může přispět ke zvýšení

efektivnosti průzkumných důlních prací, neboť pomáhá k nalezení důlními díly nezastižených ložiskových těles (obr.5.22)



Obr.5.22

Příklad důlního hydrogeochemického průzkumu

5.3.3. BIOGEOCHEMICKÉ METODY

Biogeochemická metoda, která je založena na vlastnosti rostlin odrážet chemismus substrátu, je doporučována pro oblasti s mocnějším pokryvem, silně zalesněné a bažinaté terény, suťové a morénové terény, polopouštní a pouštní oblasti apod. Hloubkový dosah je v jehličnatých lesích 5-10 m, v suchých stepích 10-15 m, v tajze 2-5 m apod. Dosah závisí na vývoji kořenového systému. Metoda spočívá ve srovnávání analyticky zjištěných obsahů hledaných nebo indikátorových prvků v popelu rostlin nebo jejich částí či ve svrchním humusovém horizontu půd.

Odběr vzorků se provádí z jedné a téže části určité rostliny (listy, konečky větví, kůra nebo kořeny), jejíž vhodnost je nejdříve nutno určit pokusnými pracemi a to ve stejném vegetačním období. Přednost mají rostliny, které jsou dobrými akumulátory zájmových prvků. Vzorky o váze 15-500 gramů čerstvého rostlinného materiálu nebo 100 gramů svrchního humusového horizontu se odebírají po 50 až 100 m a v anomálních úsecích po 10 až 20 m. Po usušení se vzorky zpopelňují a popel se analyzuje na obsah sledovaných prvků (metodami INAA, AAS, ICP, PIGE, ICP-MS atd.). Při vyhodnocování je třeba mít na zřeteli možnost lokálních výkyvů biogeochemického pozadí v závislosti na geomorfologii, charakteru pokryvu a rozdílné chemické afinitě prvků k rostlinám (obr.4.27). V zásadě je třeba odlišit ložiskové anomálie od horninových a klamných anomálií, které vznikají vlivem selektivního akumulování některých prvků určitými rostlinami. Ložiskové anomálie převyšují hodnotu pozadí více jak desetinásobně, zatímco klamné anomálie 3-10 krát. Tuto metodu je nezbytné kombinovat s půdní metalometrií a dalšími metodami.

Jako příklad použití biogeochemické metody lze uvést vyhledávání ložiskových akumulací zlata v tropickém deštném pralese na Papui-Nové Guinei (McInnes et al. 1996). Popel kůry stromu Astronidium palanauense obsahuje 1-562 ppb Au. Kořeny tohoto stromu zasahují do hloubky 4 m. Dalším příkladem je použití při vyhledávání zlata na Kanadském štítu (Cohen et al. 1987) či v Austrálii (Huang 1998), nebo při sledování znečištění půd těžkými kovy (Tang et al. 2001) atd.

5.3.4. ATMOGEOCHEMICKÉ METODY

Tyto metody jsou založeny na vyhledávání a průzkumu plynných aureol, které doprovázejí ložiska tekutých a plynných kaustobiolitů, radioaktivních a některých dalších rudních ložisek, ložiska helia, CO_2 atd. Zjišťování plynných aureol vychází z odběru vzorků

půdního vzduchu v sondách nebo mělkých vrtech a analytického stanovení sledovaných plynných složek, difundujících z ložisek nebo vznikajících při rozpadu ložiskové výplně.

Atmogeochemické metody byly nejprve vyvinuty *pro vyhledávání akumulací přírodních uhlovodíků*. Jejich indikátorem je metan a vyšší uhlovodíky (C_2 - C_4). Metoda plynného mapování je rozpracována především pro vyhledávání a průzkum ložisek radioaktivních surovin. Jde o *emanační metodu*, která je obvykle vzhledem k metodice zjišťování řazena tradičně do skupiny metod geofyzikálních. Jako perspektivní se jeví *metoda mapování obsahu helia* v půdním vzduchu pro vyhledávání ložisek radioaktivních rud. *Atmogeochemické vyhledávání sulfidických ložisek* Pb, Zn, Cu, Mo, Hg a dalších kovů je založeno na zjišťování zvýšených obsahů Hg, H_2S , CO_2, AsH_3, N_2, O_2 vznikajících v oxidační zóně v důsledku chemických a biochemických pochodů. *Anomálie obsahů aerosolů metaloorganických komplexů* Hg, Cu, Pb, Zn, Ag, Ni atd. (Barringer in Hood ed., 1979) mohou pronikat pórovitými horninami až 100 m mocnými a tím identifikovat ložiska nevycházející na povrch. Tato metoda byla rozpracována i v letecké variantě a plně automatizována. Prakticky bylo také odzkoušena *plynová prospekce zdrojů uhličitých vod.*

Ke skupině atmogeochemických metod můžeme přiřadit *metodu vyhledávání ložisek sulfidických rud podle charakteristického pachu* pomocí speciálně vycvičených psů, která byla zavedena ve Finsku a bývalém SSSR. Podle praktických zkušeností jde o levnou a poměrně spolehlivou metodu s hlubinným dosahem 3-5 metrů.

5.3.5. VÝZKUM KONTAMINACE PŘÍRODNÍHO PROSTŘEDÍ.

Jedním z důležitých úkolů geochemického průzkumu je výzkum kontaminace přírodního prostřední, které je vyvoláno osídlením, dopravou, průmyslovou a zemědělskou činností. Některé z uvedených lidských činností způsobují rozsáhlé plošné (regionální), jiné lokální znečištění půd, vod a ovzduší. Největšími regionálními znečišťovateli jsou tepelná energetika (oxidy uhlíku, síry a dusíku, případně těžké kovy v popílku), zemědělství (sloučeniny různých kovů jako Hg, Cu či Zn v pesticidech a insekticidech, Cd či U ve fosfátových hnojivech apod.) a doprava (oxidy uhlíku a dusíku, kontaminace Pb či soli v okolí dopravních tras). Závažný zdroj znečištění jsou sídliště (komunální odpady, fosfáty v pracích prostředcích). Průmyslové kontaminace nejrůznějšího druhu vznikají průmyslovou činností. Významným znečišťovatelem je metalurgický, petrochemický a chemický průmysl. Značným lokálním znečišťovatelem jsou důlní podniky, především ty, na kterých vznikají vlivem oxidačních procesů síranové vody (ložiska sulfidických rud, hnědouhelná ložiska apod.), které mohou přenášet kationty těžkých kovů.

Ke studiu kontaminace horninového a vodního prostředí se používají litogeochemické a hydrogeochemické metody. V úsecích vlivu dlouhodobého zdroje znečištění se provádí monitorování stálých pozorovacích míst (zpravidla vrtů).

5.3.6. PROJEKTOVÁNÍ A PROVÁDĚNÍ GEOCHEMICKÉHO PRŮZKUMU

Geochemické vyhledávací a průzkumné práce mohou být projektovány buď samostatně nebo obvykle jako součást projektu geologicko-průzkumného úkolu. Jsou realizovány ve čtyřech fázích a to zkušební, terénní, laboratorní a vyhodnocovací. Při průzkumu v neznámé oblasti je velmi důležitá zkušební fáze, zaměřená na prověření účinnosti zvolené metodiky, upřesnění technologického postupu odběru vzorků a jejich laboratorního zpracování a ověření vhodnosti hustoty průzkumné sítě.

V rámci terénní fáze je nutno dodržet stanovený postup odběru vzorků včetně všech požadovaných terénních měření. Důležitý je přesný popis odebraných vzorků a všech

okolností jejich odběru. Konečně je třeba dbát na zajištění vzorků proti případnému znečištění nebo možnému znehodnocení během transportu do laboratoře.

Při laboratorním zpracování se musí dbát na dodržení procesu přípravy vzorku, především zamezení možné kontaminaci a dále zabezpečení správné homogenizace a reprezentativnosti vzorku. Celý proces laboratorního zpracování musí být zajištěn systémem kontrol podle obecných zásad.

Výsledky geochemického průzkumu jsou zpracovávány do map profilů či izolinií. Velmi pečlivě a uvážlivě je třeba řešit problém odlišení normálního a anomálního pole, tedy prakticky vymezení lokálních anomálií. Velký pozor je třeba věnovat odlišení falešných anomálií, které vznikají různými typy kontaminace, analytickými chybami, nevhodným vzorkováním apod.

5.4. GEOBOTANICKÉ METODY,

které Peters (1987) nazval „vizuální geochemie", jsou založeny na výzkumu a hodnocení složek rostlinného pokryvu. Americký geobotanik Clemens uvedl v roce 1928, že „každá rostlina je měřítkem podmínek, na kterých roste". Podle toho, které složky a znaky se uvažují, rozlišuje se:

- *indikace přímá (floristická)*, založená na určování geologických, hydrogeologických a ložiskových poměrů podle výskytu určitých druhů rostlin či jejich variet;
- *indikace nepřímá*, která vychází z hodnocení vegetačních jednotek, fyziognomie a vzrůstové mohutnosti rostlin; tyto znaky signalizují změny geologických, hydrogeologických a ložiskových poměrů.

Výhodou *přímé indikace* je poměrně značný hloubkový dosah (10-20 m), který závisí na vývoji kořenového systému rostlin. Nevýhodou je nutnost poměrně hlubokých botanických znalostí a nepříliš vysoká spolehlivost indikace. Zjištěná geobotanická pravidla platí totiž jen pro určité klimatické podmínky a pro určitý geologicko-geochemicko-morfologický typ krajiny. Metoda má jistý význam pro vyhledávání ložisek barevných a radioaktivních kovů, ložisek síry, boru, živic apod., dále pro řešení hydrogeologických, geologicko-petrografických a tektonických otázek.

V praxi se proto běžně uplatňuje *indikace nepřímá*. Nápadné změny celkového charakteru vegetace signalizují změny půdního typu a horninových komplexů. Upozorňují tak i na možný výskyt ložiskových akumulací či zdrojů podzemních vod. Už Agricola v roce 1556 napsal: „Tráva nad žilou na jaře a na podzim není ojíněná a liší se od ojíněné trávy v okolí. Tráva je tu jen nízká a nezdravé barvy. Stromy na ložisku (žíle) mají z jara listy namodralé, nebo olověně šedé barvy, větve, zvláště horní, jsou černé, nebo jinak nepřirozeně zbarveny, kmeny dvouklanné a vítr je snadno vyvrací. ... Tam, kde pozorujeme pruh určité rostliny, nebo houby, který v sousedství nevidíme, je žíla." Přeloženo do dnešních pojmů, jde o vitalitní a signalizační indikaci suchopárů na mělkých kyselých křemitých půdách, resp. žilách (Sýkora 1959).

V prvé etapě geobotanických prací probíhá předběžný výzkum oblasti s cílem určení indikátorových rostlin. Přitom se vychází z obecně známých poznatků zveřejněných v řadě publikací, které je třeba ověřit na známých objektech v regionu. Vlastní vyhledávání spočívá v sestavení map výskytu indikátorových rostlin a rozšíření rostlinných společenstev, při současném sledování geologicko-strukturních, hydrogeologických a geomorfologických

poměrů. Úseky výskytu indikátorových rostlin a intenzivních projevů změn fyziognomie a vitality rostlin se prověřují jinými průzkumnými metodami.

Je však třeba konstatovat, že v oblastech intenzívní zemědělské a průmyslové činnosti dochází k porušení přirozených rostlinných společenstev a tím k modifikaci až úplnému zastření geobotanických příznaků. Z důvodů obtížnosti identifikace rostlinných druhů a maskování původních poměrů není využití geobotanických metod zatím příliš rozšířené.

Mezi geobotanické metody se řadí *bakteriologická (mikrobiologická) metoda*, která byla rozpracována pro účely vyhledávání ložisek ropy a zemního plynu. Vychází z hodnocení kvalitativního a kvantitativního zastoupení uhlovodíkových bakterií (metanových, etanových apod.) v půdách a horninách, které mohou být přímým vyhledávacím příznakem těchto ložisek. Částečně lze jako nepřímého příznaku použít zastoupení sirných bakterií. Důležitý je sterilní odběr vzorků z mělkých cca 3 m hlubokých vrtů, rozmístěných na profilech nebo v sítích orientovaných kolmo na průběh strukturních a litologických prvků. Určitou modifikací je zjišťování zastoupení uhlovodíkových bakterií ve vzorkách vody z mělkých vrtů. Výsledky stanovení zastoupení uvedených druhů bakterií se zpracovávají do map izolinií.

5.5. GEOFYZIKÁLNÍ METODY.

Geofyzikální metody jsou podobně jako metody geochemické používány prakticky ve všech etapách geologických výzkumných a průzkumných prací, počínaje od etapy základního výzkumu až po etapu těžebního průzkumu a řešení speciálních otázek fyzikálně-mechanického stavu horninového masivu. Při jejich využívání si musíme být vědomi skutečnosti, že každá fyzikální metoda (resp. její varianta) má vymezenou informační schopnost v závislosti na geologicko-strukturních poměrech, stupni zakrytí terénu (mocnosti a složení pokryvu včetně jeho stratifikace), geneticko-morfologickém a surovinovém typu ložiska, fyzikálních charakteristikách hornin a užitkových nerostů (resp. rozdílu mezi nimi), texturně-strukturních vlastnostech hornin a ložiskové výplně, hydrogeologických poměrech atd. Dále je nutno mít na zřeteli, že *geofyzikální metody mají zpravidla charakter metod nepřímých*. To znamená, že poskytují informace o charakteru fyzikálních polí, způsobených geologickými objekty. Proto je nutno výsledkům geofyzikálních měření, znázorněných obvykle mapami profilů či izolinií, přisoudit geologický smysl, tedy z primárních geofyzikálních map odvodit *mapy geofyzikálních indikací.*

Geofyzikální metody se podle principu dělí na *gravimetrické, geomagnetické, seismické, geoelektrické, radiometrické a geotermické.* Jejich popis, přístrojová technika a postupy měření jsou náplní aplikované geofyziky. Některé z geofyzikálních metod jsou využitelné v nadzemní variantě, všechny lze použít v pozemní a podpovrchové variantě, některé i v aplikaci mořské a podmořské.

Prudký nárůst využití geofyzikálních metod byl podmíněn jak rozvojem teoretických základů a modelů, rozpracováním nových metod a jejich variant, zdokonalením a automatizací přístrojové techniky a interpretačních postupů.

Geofyzikální průzkum může poskytnout informace nejrůznějšího charakteru počínaje řešením geotektonických problémů přes vyhledávání ložisek nerostných surovin, řešení hydrogeologických otázek až po sledování fyzikálně-mechanických vlastností hornin:

- informace o geologicko-strukturní stavbě a členění zájmové oblasti, potřebné k řešení regionálně geologických, metalogenetických a prognózních otázek; komplex metod, který

se bude lišit podle geotektonického typu oblasti, zahrnuje gravimetrii, geomagnetiku, seismiku a některé geoelektrické metody;

- informace o tektonických deformacích; prvky zlomové tektoniky lze výhodně sledovat geoelektrickými metodami, emanometrií a za určitých podmínek geomagneticky, vrásovou tektoniku pomocí gravimetrie, geoelektrických a seismických metod;

- informace o litologické charakteristice hornin; v regionálním měřítku poskytují tyto informace geomagnetika, letecká gama-spektrometrie, radiometrie a emanometrie, při detailních pracích mimoto řada karotážních měření (GGK, NGK, magnetická karotáž apod.), refrakční seismika apod.;

- informace o hloubce uložení skalního odkladu, tj. o mocnosti a stratifikaci pokryvu; využitelné jsou metody geoelektrické, refrakční seismika a radiometrie;

- informace o geochemickém charakteru zkoumaného území, tj. rozložení obsahů některých prvků, potřebné pro metalogeneticko-prognózní úvahy; velmi rychlé a přesné informace poskytuje letecká gama-spektrometrie;

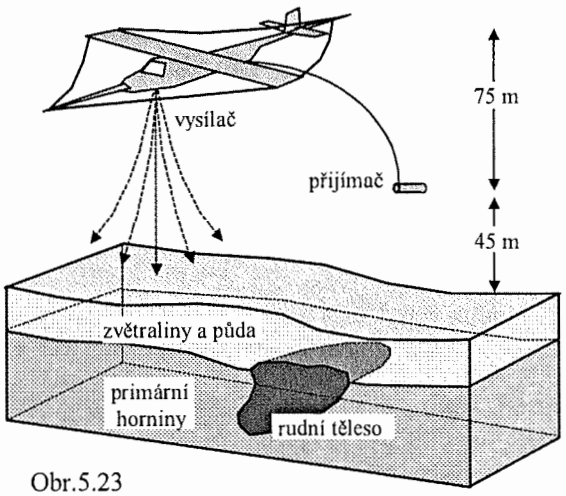
- informace o výskytu akumulací nerostných surovin; podmínkou je, aby se vlastní nerostná surovina dostatečně odlišovala svými fyzikálními vlastnostmi od okolních hornin, nebo aby byla vazba ložiskových akumulací na určité geologické prvky strukturního nebo petrografického typu známa či snadno geofyzikálně zjistitelná; vzhledem k velmi široké škále geneticko-morfologických a surovinových typů ložisek budou vhodné racionální komplexy geofyzikálních metod velmi proměnlivé;

- informace o geometrických a kvalitativních charakteristikách zkoumaných ložisek; možnosti řešení jsou závislé na fyzikálních vlastnostech suroviny a jejím texturně-strukturním typu; využívají se metody gravimetrické, geomagnetické, geoelektrické, radiometrické a radionuklidové;

- informace hydrogeologického charakteru, potřebné jak pro zajišťování zdrojů vod, tak pro vyhledávání a oceňování jiných nerostných surovin a podmínek jejich využitelnosti; informace o hladině spodní vody lze získat pomocí VES či mělké refrakční seismiky, údaje o směru a rychlosti proudění vod např. pomocí metody vetknuté sondy či různými aktivačními metodami, údaje o kolektorských vlastnostech hornin (porozitě, propustnosti, vodonasycenosti) z karotážních měření aplikací metod elektrické karotáže (SP - filtrační potenciály, mikrokarotáž, indukční karotáž), GGK, NGK, akustické karotáže atd.;

- informace o fyzikálně-mechanickém stavu horninového masivu (projevy napjatosti, výskyty oslabených a rozvolněných zón atd.), potřebné pro posouzení báňsko-technických podmínek využití ložiska, řešení různých inženýrsko-geologických problémů apod.; z povrchových metod lze pro tyto účely použít metody refrakčně-seismické a odporové, ve vrtech GGK, GK, akustickou karotáž, v důlních dílech seismoakustickou a akustickou metodu.

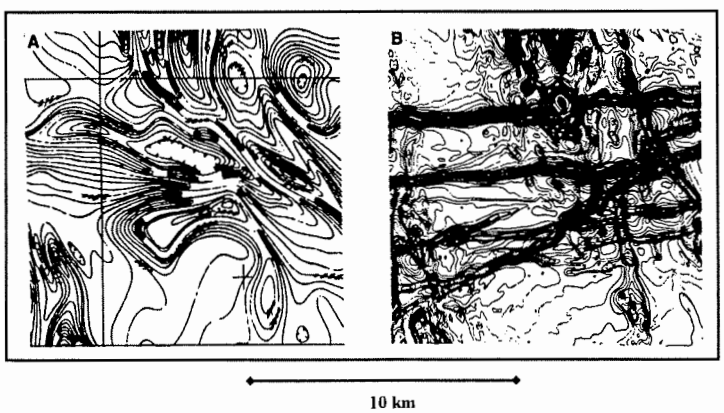
Moderní aerogeofyzikální metody, používané zpravidla v komplexu metod dálkového průzkumu, zahrnují magnetometrii, gama-spektrometrii, elektromagnetické metody a v současnosti i gravimetrii. Hlavní výhodou leteckých metod je rychlost, schopnost prozkoumat špatně přístupné či rozsáhlé oblasti. Např. v Brazílii jsou v roce 2002 realizovány velmi rozsáhlé regionální programy zahrnující magnetometrii a gama-spektrometrii na ploše více než 78000 km^2 ve státě Minas Gerais a asi 1600000 km^2 v Amazonii. Úspěšný letecký průzkum vyžaduje nízkou rychlost a malou výšku letu (40-100 m) a přesnou navigaci, založenou na aplikaci systémů GPS.



Obr.5.23
Schéma systému aeroelektromagnetického měření

Při průzkumu akumulací nerostných surovin na dně a v podloží mořských pánví se vedle akustických měření nejvíce používá seismika, sporadicky gravimetrie, magnetometrie a elektromagnetika. Velmi rozšířená je vrtová geofyzika (karotáž). Geofyzikální metody se využívají v důlním průzkumu. Pro získání kontinuálního podpovrchového řezu se používá radarové podpovrchové mapování (georadar). Tato velmi přesná technika poskytuje rychle a levně informace o připovrchové stratigrafii, hladině spodní vody, heterogenitách a dutinách.

Přes velké pokroky v přístrojové technice a interpretačních postupech, které významně zvýšily informativnost geofyzikálních prací (obr.5.24), je třeba stále mít na zřeteli, že pro úspěšné využití geofyzikálních metod je ze strany geofyzika nezbytná jak znalost alespoň základů teorie formování ložisek nerostných surovin, zdrojů podzemních vod a dynamiky přírodních procesů, tak těsná spolupráce s příslušnými odborníky při projektování prací a interpretaci výsledků měření.



Obr.5.24
Porovnání výsledků aeromagnetického průzkumu ze 70. let v novými měřením v oblasti Lake Lefroy v západní Australii (podle Bullocka a Islese, 1994)

Podklady pro projektování geofyzikálních průzkumných prací se získají jednak rozborem požadovaných cílů prací, jednak analýzou geologických podkladů a geofyzikálních materiálů, týkajících se zkoumané oblasti. I když v dosavadní praxi je těžiště geofyzikálních prací v etapě geologického výzkumu a v nižších průzkumných etapách, přesto se zařazují do komplexu prací i v dalších etapách až do těžby ložisek. Význam geofyzikálních prací v současnosti stoupá, neboť geologicko-průzkumná činnost se stále více soustřeďuje v ložiskovém průzkumu na surovinové akumulace nevycházející na povrch se zásadním dopadem na efektivnost, v hydrogeologickém průzkumu na zajištění rostoucích požadavků na vodní zdroje a jejich ochranu proti kontaminaci a v inženýrsko-geologickém průzkumu na řešení složitých otázek co nejlepšího využití území. Možnosti využití geofyzikálních metod v ložiskovém průzkumu jsou přehledně shrnuty v tab.5.8.

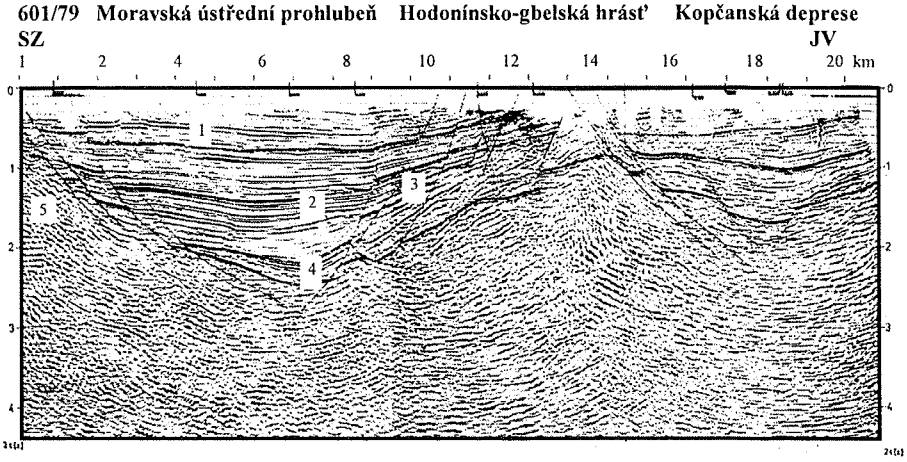
Podle povahy řešeného úkolu a jeho složitosti lze geofyzikální práce rozdělit tak jako jiné druhy prací na práce přehledné v měřítku 1:200000, základní v měřítku 1:50000 až 1:25000 a podrobné v měřítku 1:10000 a větším. Za samostatný druh prací se považuje detailní mikroměření, která jsou velmi efektivní pro studium detailní stavby horninových komplexů, zón vyhledávacích příznaků atd. Hustota měření, tj. typ použité průzkumné sítě, závisí jednak na měřítku prací, jednak na použité metodě a metodice. Při přehledném geofyzikální mapování, které se provádí především metodami využívajícími přirozená fyzikální pole, se používá plošné měření s hustotou 1 bod na 3-5 km^2, při leteckých magnetických a radiometrických pracích profilová měření s profily cca po 2 km.

Použití geofyzikálních metod při vyhledávání a průzkumu ložisek rud a nekovů závisí na morfologicko-genetickém a surovinovém typů zkoumaných ložiskových akumulací a na geologicko-strukturním charakteru zájmové oblasti. Velmi široké spektrum ložiskových a surovinových typů a geologicko-strukturních situací v praxi znamená, že postupy aplikace geofyzikálních metod jsou značně rozdílné; proto jsou dále uvedeny jen některé příklady.

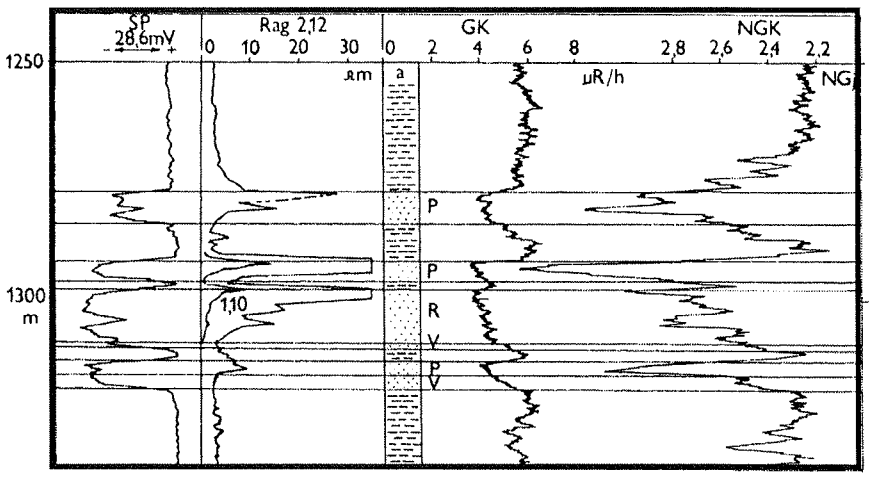
Základní metodou vyhledávání a průzkumu ložisek železných rud, ve kterých převládají nerosty skupiny titanomagnetitu, je geomagnetický a gravimetrický průzkum. Vyhledávání ložisek sedimentárních rud železa je obtížné, neboť se od okolního horninového prostředí odlišují svými fyzikálními a morfologickými vlastnostmi jen velmi málo. Podobně je tomu v případě hydrotermálních sideritových rud. Geofyzikální průzkum je v těchto případech zaměřen sledování strukturních elementů, se kterými mohou být ložiska spjata. Využívají se metody geoelektrické, seismické a případně gravimetrické. Při vyhledávání chromitových rud spjatých se stratifikovanými masívy ultrabazických hornin se používají geomagnetické a gravimetrické metody. Hlavními metodami vyhledávání ložisek barevných kovů jsou metody geoelektrické, méně geomagnetické a gravimetrické. Postup se liší podle ložiskového typu. Např. u Cu-kyzových ložisek se uplatňují hlavně metody geoelektrické a v menší míře metody geomagnetické a gravimetrické, u Cu-porfyrových a Cu-pískovcových ložisek zejména metoda VP. Základními metodami vyhledávání a průzkumu ložisek radioaktivních surovin jsou všechny druhy radiometrických metod. Při vyhledávání ložisek křemene, živců, fluoritu, barytu apod. se používají hlavně geoelektrické odporové metody. U ložisek solí, sádrovce, anhydritu a síry se uplatňují gravimetrické, seismické a někdy i geoelektrické a radiometrické metody.

Při vyhledávání a průzkumu ložisek uhlí se geofyzikální metody používají ve všech etapách prací v závislosti na charakteru pánví a typu uhlonosných souvrství. Stavba pánví se sleduje pomocí gravimetrických, magnetotelurických a seismických metod, v případě mělkých pánví i geoelektrických metod (VES, OP). Vrtný průzkum je doplňován komplexem

karotážních metod. Při vyhledávání a průzkumu ložisek přírodních uhlovodíků je základem studium stavby pánví a speciálně identifikace ložiskových pastí. Z geofyzikálních metod se používají gravimetrický a seismický průzkum (obr.5.25) podle konktrétních podmínek, při vrtném průzkumu komplex karotážních metod (obr.5.26).



Obr.5.25 Migrovaný časový řez 601/79 přes moravskou ústřední prohlubeň a hodonínsko-gbelskou hrásť (K.Cidlinský et al. In Bednaříková – Thon, red., 1984)
1 – panon, 2 – sarmat, 3 – báden, 4 – karpat + hlubší miocen, 5 – flyšové jednotky



Obr.5.26 Projev propustného kolektoru na karotážních záznamech (J.Pagáč in Böhmer – Kužvart, 1993)

Základní mapování, které se realizuje pomocí všech druhů geofyzikálních prací, se provádí buď na profilech 250-500 m vzdálených s krokem cca 50 m na profilu nebo plošným měřením s hustotou 4-10 bodů na 1 km^2. Hustota podrobných prací, které jsou zpravidla realizovány na plochách prozkoumaných přehledným a základním mapováním k určení detailních rysů zjištěných struktur, mocnosti souvrství, určení povahy, rozložení a hloubky uložení rušivých těles apod., závisí na povaze řešeného úkolu. Měřítko prací se volí tak, aby profily nebo body plošného měření byly na výsledné mapě vzdáleny cca 1 cm. Detailní měření se v zásadě provádí profilovým způsobem. Rozmístění profilů má zajistit optimální vyřešení úkolů při maximální hospodárnosti. Vzdálenost profilů má být určena tak, aby hledaný objekt byl jasně zachycen 2-3 profily, vzdálenost mezi body tak, aby byl objekt zastižen 3-5 body. Jako u všech jiných druhů průzkumných prací musí být profily geodeticky zaměřeny.

Při projektování geofyzikálních prací je nutno zachovat určitý organizační a metodický sled, který zahrnuje přípravné, terénní a vyhodnocovací fázi. Interpretace geofyzikálních anomálních projevů není zpravidla jednoznačná a proto se pro řešení zadaného úkolu volí vhodný racionální komplex geofyzikálních metod, kombinovaný s metodami geologickými a geochemickými.

Významné je, že geofyzikální metody umožňují snížit objem technických prací a tím příznivě ovlivňují časovou a ekonomickou stránku projektu při zvýšení spolehlivosti řešení. Náklady na geofyzikální práce a průměrné výkony velmi kolísají v závislosti na metodice prací, typu terénu a jeho přístupnosti a složitosti geologicko-strukturní stavby. Velmi zjednodušeně lze říci, že nejméně nákladné jsou metody, které využívají přirozená fyzikální pole, k nejnákladnějším patří metody seismické.

Tab.5.8 Využití geofyzikálních metod v ložiskovém průzkumu (z podkladů Müllera, 1979)

Vyhledávání a průzkum ložisek rud a nerud	
A. *Vyhledávání potenciálních ložiskonosných struktur*	
Letecké a pozemní gravimetrické, elektromagnetické a radiometrické metody	
Geoelektrické sondování a profilování; automobilový gama průzkum	
Doplňující metody (gama-spektrometrické, geotermické)	
B. *Průzkum ložisek*	
Průzkum rud a nerud	Průzkum radioaktivních surovin
Geoelektrické sondování a profilování; metoda SP; geomagetické metody	Automobilový a pěší gama průzkum; gamaspektrometrické metody; geoelektrické profilování
Metoda nabitého tělesa; metoda VP; metoda přechodových jevů; metoda VDV	Podrobný a hlubinný gama a emanační průzkum;
Speciální metody (radiovlnové a seismické metody, radiometrické a geotermické metody); důlní a karotážní varianty podle geneticko-morfologického a surovinového typu ložiska	Důlní a karotážní modifikace metod v závislosti na geneticko-morfologickém typu ložiska
Vyhledávání a průzkum ložisek uhlí	
A. Vyhledávání a ohraničení uhlonosných pánví a souvrství	
Regionální gravimetrické metody, letecké a pozemní geomagnetické metody	
Magnetotelurické metody; odporové sondování	
Refrakční, reflexní a 3D seismické metody	
B. Průzkum ložisek	
Karotážní metody zaměřené na ověření slojí, jejich mocnosti a kvality uhlí (karotáž VP, GGK, OK, akustická karotáž)	
C. Detailní důlní průzkum	
Seismické a seismoakustické metody; hustotní metody; geotermické metody; geoelektrické metody	
Komplexní karotážní metody (VP, hustotní, akustická atd.)	
Vyhledávání a průzkum ložisek ropy a plynu	
A. studium stavby nadějných pánví	
Gravimetrické metody, letecké či pozemní geomagnetické a radiometrické metody	
B. Vyhledávání strukturních a stratigrafických ložiskových struktur	
Refrakční a reflexní seismika, odporové profilování a sondování	
C. Průzkum ložiskových struktur	
Reflexní seismické metody, karotáž (různé varianty odporové karotáže, radionuklidová karotáž apod.)	

5.6. TERÉNNÍ ZKOUŠKY A REŽIMNÍ POZOROVÁNÍ.

V hydrogeologickém a inženýrsko-geologickém průzkumu, ale i v závěrečných etapách ložiskového průzkumu a při těžbě ložisek je nutno sledovat vlastnosti geologických objektů a dynamiku některých jevů a procesů in situ. K tomu se využívají různé terénní zkoušky a režimová pozorování důsledků hornické, stavební, hydrotechnické apod. činnosti nebo různé monitorovací soustavy.

5.7. BÁŇSKOHISTORICKÝ VÝZKUM.

Úkolem báňskohistorického výzkumu je zjistit, jaké průzkumné a těžební práce byly ve zkoumaném území provedeny, jak byly rozmístěny, jaké geologické a ložiskové skutečnosti byly zjištěny, jaké byly výsledky průzkumných a těžebních prací a proč byly přerušeny. Báňskohistorický výzkum může ve spojení s výzkumem materiálů z odvalů podat cenné údaje o geneticko-morfologickém typu ložiska, o jeho hloubkovém vývoji, úložních poměrech, o poloze ložiska a doprovodných aureol apod. Může tedy nahradit některé vyhledávací metody (např. geochemické a geofyzikální) a ve zvláště příznivém případě dovoluje přejít přímo k etapě předběžného průzkumu.

Význam studia literárních pramenů, archivovaných zpráv o výzkumných a průzkumných akcích, mapového materiálu a hmotné dokumentace (horninových vzorků, nálezů nerostů, vrtných jader) je velice důležitou součástí přípravy jakéhokoliv průzkumného záměru. Touto cestou lze vypracovat teoretické koncepční modely metalogenetického vývoje studovaných oblastí a genetické modely možných akumulací nerostných surovin, což umožňuje usměrnit připravované průzkumné akce jak z hlediska výběru zájmových objektů, tak volby metodiky prací. Klasickým příkladem je historie objevení unikátního ložiska Olympic Dam v Austrálii.

OLYMPIC DAM STORY.

Cu a U ložisko Olympic Dam u města Roxby Downs leží 560 km severně od Adelaidy, poblíž Andamooka - centra těžby opálu - v Jižní Austrálii. Toto ložisko je velmi zajímavé nejen unikátní rudní asociací, ale zejména způsobem jeho objevení. Většina ložisek v jižní Austrálii (Kapunda, Burra, Blinman, Wallaroo a Moonta) byla nalezena pastýři podle výchozů zbarvených sekundárními nerosty mědi. Ložisko Olympic Dam bylo objeveno specialisty v pracovně v Melbourne.

Ložisko nalezla v roce 1975 společnost Western Mining Corporation Ltd. při hledání mědi v zakrytém sedimentárním komplexu (UIC, 2001) po šesti letech studia literatury, archivních zpráv a vrtných jader uchovávaných ve skladu jader vlády Jižní Austrálie, geologických a geofyzikálních map a množství aeromagnetických průzkumů a vypracování ložiskového modelu, který vycházel z myšlenky Douglase Haynese o vyluhování stop mědi z bazaltů při oxidaci magnetitu na hematit a její následné akumulaci. Po výběru nadějné oblasti a terénní rekognoskaci společnost v uvedeném roce získala průzkumnou licenci. V červnu téhož roku byl odvrtán prvý vrt RD1 poblíž malé vodní nádrže Olympic Dam, ktečrý zastihl v úseku 38 m hematitizovanou brekcii s obsahem 1.05 % Cu. O měsíc později vrt RD10 navrtal 170 m úsek s obsahem 2.12 % Cu.

Mineralizace se nalézá v hematitizované brekcii v granitu Roxby Downs, který je překryt cca 300 m mocnými mladoproterozoickými až kambrickými karbonátovými sedimenty (Hiskins 1996). Další vrty potvrdily více než 2 miliardy tun zásob rudy obsahující Cu a U. Od roku 1979 společnost spolu s British Petroleum Ltd. začala s otvírkou ložiska. Během roku 1981 bylo rozhodnuto vyrazit jámu do hloubky 500 m. Jáma byla dokončena v září 1982 a v hloubce 420 m započala otvírka patra. V polovině roku 1983 započaly metalurgické zkoušky v malé pilotní úpravně. CSIRO Mineral Chemistry vyvinula hydrometalurgický proces získávání uranu a měděného koncentrátu. 11. června 1985 bylo oznámeno, že projekt je ekonomicky životaschopný. 8. prosince téhož roku oznámil společný podnik Western Mining Corporation (51 %) a BP Group (49 %) těžbu ložiska. Důl byl oficiálně otevřen 5. listopadu 1988.

„Deset let uběhlo od objevení. Deset let investovaných milionů dolarů bez záruky zisku nebo alespoň návratu peněz. Deset let veřejných debat, politického manévrování, nejistot a protestů. Deset let vrtání, testování, průzkumu, hodnocení, studií proveditelnosti a dopadů na životní prostředí. Nikdy jakákoliv důlní společnost neinvestovala tolik času a peněz do ověření ložiska před zahájením těžby". (Flinder Ranges Research, 1996-2000).

Ložisko Olympic Dam představuje největší jednotné uranové rudní těleso na světě a šestou největší akumulaci Cu. Má enormní zásoby rudy, obsahující podle odhadu 41.76 Mt Cu, 928 000 t U, 1200 t Au a 7000 t Ag a významné obsahy vzácných zemin (Johnson and Cross 1995).

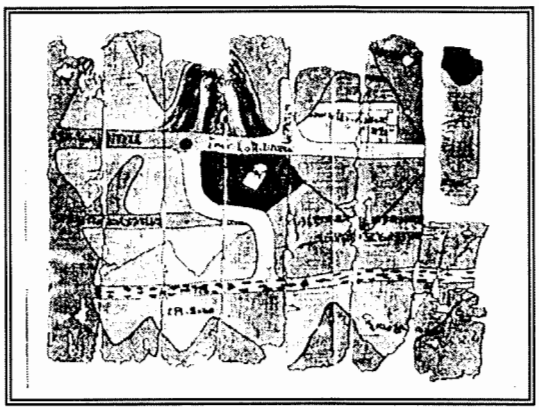
Zásoby ložiska Olympic Dam (podle WMC Ltd Annual report 1999)

zásoby	(Mt)	Cu %	U_3O_8 %	Au g/t
ověřené	500	1.8	0.05	0.5
zjištěné	1 150	1.3	0.04	0.5
odvozené	670	1.1	0.04	0.4
celkem	2 320	1.3	0.04	0.5

Ložisko představuje typový objekt železem bohatých Cu-Au-U-TR rud. Inspirovalo k novému průzkumu jiných lokalit s podobnými geologickými rysy, jako je rudní obvod Kiruna ve Švédsku, Pea Ridge v USA či Bayan Obo v Mongolsku (Pratt a Sims, 1990).

Metodika báňskohistorického výzkumu je dána jednak jeho účelem, jednak rozsahem, povahou a uspořádáním dostupných archivních a literárních údajů. Základním metodickým principem je kritické zpracování všeho dostupného archivního a literárního materiálu. Obzvláště kriticky musíme hodnotit starší údaje, a to z hlediska jejich spolehlivosti a adekvátnosti k současnému stavu vědy. Zjištěné skutečnosti je vhodné prověřit orientačními terénními pochůzkami a prohlídkou přístupných báňských prací, dále odběrem vzorků ložiskové výplně a okolních hornin, které se studují z hlediska mineralogického, petrografického, chemického a v některých případech i technologického.

Báňskohistorický výzkum provádějí zpravidla specializované složky státních geologických služeb (v ČR Geofond), někdy i složky výzkumných a průzkumných organizací. Výzkum se provádí s předstihem před vlastním vyhledáváním a průzkumem. Výsledky výzkumu se zpracovávají do formy rešerší nebo zpráv o historii průzkumu či dobývání



Obr.5.27

Mapa zlatého dolu z období faraona Sethiho I. (1250-1205 př.Kr.). Turinský papyrus.

5.8. MOŽNOSTI VYUŽITÍ VIRGULE.

Nebylo by asi správné se nezmínit o prastaré prospektorské metodě – proutkařství. Stopy o použití virgule se vyskytují na 4500 – 5000 let starých náhrobcích v Británii (Jansson, 1998), zmínky najdeme ve Starém zákoně, prvý popis využití v ložiskovém průzkumu je uveden v knize G. Agricoly „De re metallica libri duodecima" z roku 1556.

Proutkařství lze na prvý pohled charakterizovat jako použití jednoduchých přípravků (vidlicový proutek, kyvadlo, měděné zahnuté dráty apod.), pomocí kterých lze usuzovat na jisté rysy geologického prostředí. Často je přijímána domněnka, že virgule pouze zviditelňuje nepatré svalové pohyby proutkaře (Kašpar 1994, Čížek1998).O podstatě tohoto jevu existují v zásadě dva hlavní názory, které jsou principiálně neslučitelné:
- jde o reakci organismu na lokální anomálie geofyzikálních polí („biofyzikální efekt"),
- je to fyziologická reakce na psychické pochody (teorie telestéze).

Existuje mnoho údajů o úspěšném vyhledávání rudních žil a zrudnělých či zvodnělých zón, ale také řada údajů o neúspěších. Podle detailně geologicky a geofyzikálně prověřovaných studií (Rybařík, 1988; Čížek, 1994) lze soudit, že proutkař reaguje na specifické rysy geologicko-strukturní stavby a ne na existenci rudy či vody. Proto Čížek (1998) považuje proutkaření za nejstarší nepřímou geofyzikální metodu.

6. PRŮZKUMNÉ TECHNICKÉ PROSPĚDKY.

V rámci vyhledávání a průzkumu se používají průzkumné vrty, povrchové a podzemní hornické práce a různé terénní přístroje a zařízení v závislosti na krajinném typu a dostupnosti zájmové oblasti, morfologickém typu a uložení geologických těles a v případě ložiskového průzkumu i druhu nerostné suroviny.

6.1. PRŮZKUMNÉ VRTY.

Průzkumné vrty jsou široce využívané ve všech druzích geologického průzkumu a to hlavně v podrobnějších etapách prací. Mají zásadní význam při vyhledávání a průzkumu ložisek nevycházejících na povrch a studiu hlubší stavby geologicko-strukturních jednotek. Jejich hlavní předností je rychlost a relativní spolehlivost získávání informací, vysoký stupeň mechanizace (resp. v současnosti automatizace) a konečně bezpečnost práce. Jedná se však o nákladné práce a proto je dbát o racionální využití a věnovat pozornost optimálnímu informačnímu využití. Při geologickém průzkumu se převážně používá jádrové vrtání doplňované karotáží (komplex karotážních metod závisí na řešeném úkolu). Průzkumné vrty mohou poskytnout následující typy informací:

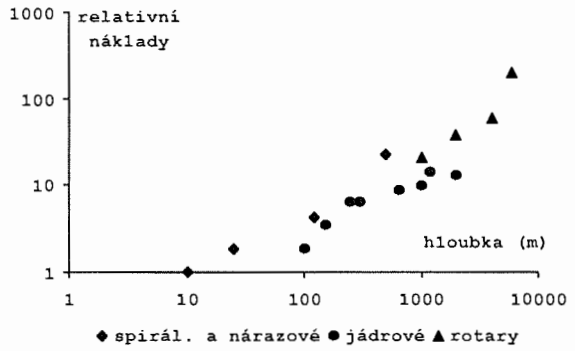
- o struktuře a složení horninového komplexu;
- strukturně-tektonické stavbě zkoumané oblasti;
- existenci a prostorové pozici ložiskových akumulací a jejich doprovodných zón;
- morfologickém a surovinovém typu ložiskových akumulací, jejich mineralogických, chemických a fyzikálně-mechanických charakteristikách a stupni tektonického namožení;
- hydrogeologických poměrech nezbytných pro ověření vodonosných horizontů a jejich vlivu na využití a ochranu zkoumaného objektu nebo pro možnost využití vodních zdrojů;
- plynových poměrech v provrtávaném horninovém komplexu, které mohou být podkladem pro ověření plynonosných objektů jak z hlediska možnosti jejich využití, tak z hlediska bezpečnosti návazných prací;
- petrofyzikálních charakteristikách hornin a geomechanických vlastnostech horninového prostředí a jejich časových změnách;
- informace o rozměrech a tvaru vrtu, které jsou nezbytné pro spolehlivou interpretaci stavby horninového komplexu a hlavně ložiskových objektů.

Vrty se obvykle dělí do tří hlavních skupin na vrty průzkumné, těžební a technické. Průzkumné vrty se podle účelu rozlišují na výzkumné, strukturní, vyhledávací, průzkumné, hydrogeologické atd. Podle hloubky se u nás dělí na mělké (do 100 m), hlubší (100 až 1000 m), středně hluboké (1000 až 3000 m), hluboké (3000 až 7000 m) a velmi hluboké. Toto členění může být různé. Např. v USA se výzkumné vrty člení na hlubší (4600 až 6100 m), hluboké (6100 až 10000 m) a velmi hluboké (nad 10000 m). Příklady velmi hlubokých vrtů obsahuje tab.6.1. Nejhlubší vrt na území České republiky je Jablůnka-1 (6506 m), dokončený v 1982.

Tab.6.1 Přehled nejhlubších vrtů

vrt	stát	rok	hloubka /m/
Kola SG-3	Rusko	1994	12262
Bertha Rogers 1	USA	1974	9883
Windischshenbach	Německo	1994	9101
University 1-17	USA	1971	8693
Zistersdorf UT-2A	Rakousko		8553
Mierow-1	Německo	1978	8008

Při řešení geologických úkolů se používají různé vrtné metody a prostředky. V počátečních etapách se aplikují zpravidla nenákladné typy (spirálové a nárazové vrtání), které ale neposkytují příliš spolehlivé informace v důsledku míchání horninových úlomků při výnosu na povrch. Mnohem spolehlivější, ale nákladnější informace poskytuje vrtání s nepřímým proplachem a hlavně jádrové vrtání (obr.6.1).



Obr.6.1.

Relativní náklady vrtných prací v Československu

Přímou informaci o horninách a nerostných surovinách může poskytnout jedině reprezentativní vzorek horniny, který musí být spolehlivě lokalizovaný. Hlavním a jediným plnohodnotným druhem vzorku je vrtné jádro, náhradním vzorkem je boční vzorek a vrtná drť. Nepřímé informace lze získat karotáží včetně karotáže mechanické, přičemž komplex karotážních metod závisí na účelu vrtu.

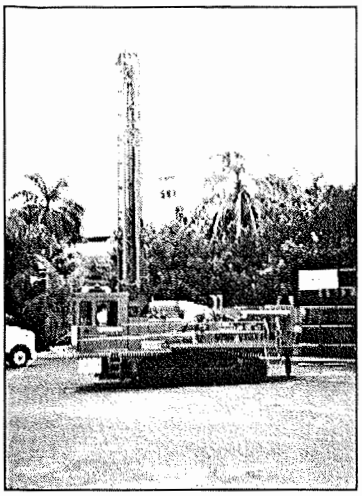
6.1.1. Mělké průzkumné vrtání.

Široce používané mělké vrty různého průměru v závislosti na použité vrtné technologii jsou vrtány různou technologií.

Spirálové vrtání je efektivní v měkkých a středně tvrdých horninách. Používá se při geologickém mapování, ložiskové prospekci, inženýrsko-geologickém a hydrogeologickém průzkumu. Vrtné soupravy jsou různého typu, od malých přenosných ručních či motorových po velké mobilní. Ruční vrtáky různého typu vyrábí řada malých výrobců, ostatní soupravy např. Soilmec a Casagrande - Itálie, Pomeroy EZ Core Drill či Calweld - USA, BSP - V. Británie, Wirth - Německo atd. ***Nárazové vrtání*** se používá při vyhledávání a průzkumu velkých ploše uložených připovrchových ložisek s nízkým obsahem užitkových složek (např. ryžovisek). Nevýhodou je nepřesná lokalizace vzorků. Velmi efektivní je ***vibrační vrtání***, které se používá pro průzkum připovrchových ložisek tvořených málo pevnými surovinami, hloubení mělkých mapovacích vrtů apod.

6.1.2. Jádrové vrtání.

Předností tohoto typu vrtání realizovaného obvykle rotačním způsobem, který je v rámci ložiskového průzkumu nejpoužívanější, je detailnost, přesnost a spolehlivost získávaných informací při velké rychlosti vrtání. Hlavním ukazatelem účinnosti vrtání je výnos vrtného jádra, který je zpravidla předem definován projektem podle druhu úkolu. Vrty různého průměru lze realizovat s libovolným úklonem ve všech horninových typech. Vrtné soupravy jsou vyráběny velkou řadou výrobců (např. Diamant Boart - Belgie, Atlas Copco - Švédsko, Longyear a Ingersoll-Rand - USA, Mašinoexport - Rusko) jako stacionární, pojízdné a samohybné s vysokým stupněm automatizace v různých uspořádáních a velikostech, od malých po středně velké s dosahem do 3000 m. Jejich volba závisí jednak na



typu průzkumného úkolu, jednak na fyzikálně-mechanických vlastnostech hornin. V současné době převažuje diamantové vrtání. Velmi používané je vrtání s nepřímým proplachem - ***vrtání s kontinuálním jádrováním*** (Con-Cor), které je velmi výkonné a které zaručuje kvalitní vzorky provrtávaných hornin. Dalším typem je ***rotačně-nárazové vrtání*** s hydraulickými či pneumatickými ponornými kladivy.

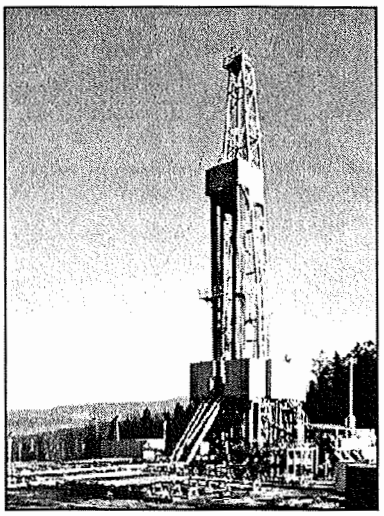
Obr.6.2

Mobilní vrtná souprava Tanrok
pro průzkumné vrtání (foro C.Schejbal)

6.1.3. Rotarové vrtání

je základním druhem vrtání při průzkumu a těžbě přírodních uhlovodíků, průzkumu vodních zdrojů apod.

Používá se také při průzkumu ložisek pevných nerostných surovin v málo až středně tvrdých horninách, zejména tehdy, kdy lze mocnost a kvalitu ložiska určovat karotáží. V takových případech se zpravidla volí systém jádrových a bezjádrových vrtů nebo intervalové jádrování. Vrtné soupravy jsou vyráběny pro vrtání středně hlubokých, hlubokých až velmi hlubokých vrtů. V kombinaci s ponornými turbinami (turbodrill) se používá při vrtání velmi hlubokých a usměrněných vrtů. Z řady výrobců lze uvést Ideco - USA, National Industrial Export – Rumunsko.



Obr.6.3

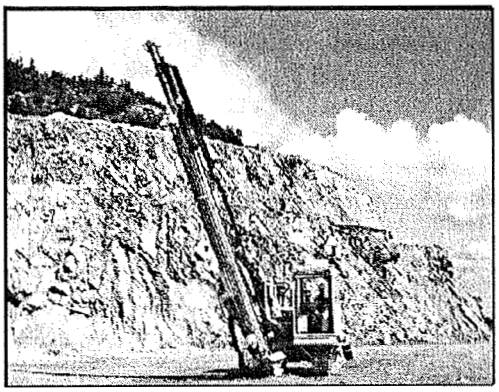
Stacionární vrtná souprava IRI 1700 HP

6.1.4. Rotační vrtání s nepřímým proplachem

zahrnuje řadu variant (sací vrtání, airliftové vrtání aj.). Používá se při geologickém a ložiskovém průzkumu, vrtání velkoprůměrových studní a odvodňovacích vrtů v měkkých a nesoudržných horninách. Vrtné soupravy, které vyrábí např. Wirth či Salzgitter - Německo, jsou konstruovány pro aplikaci různých vrtných technologií. Tyto metody nejefektivnější jsou v prostředí nesoudržných hornin, jako jsou písky, plážová ryžoviska, jíly, hlíny či štěrky. Informace o provrtávaných horninách jsou při této metodě rychlejší a přesnější, než při vrtání s přímým proplachem, ale v porovnání s jádrovým vrtáním méně spolehlivé.

6.1.5. Vrtání s ponornými kladivy

se používá při vyhledávání a průzkumu nerostných surovin a vodních zdrojů, při řešení inženýrsko-geologických a hydrogeologických úkolů, ve stavitelství, při povrchovém dobývání atd. Výrobců těchto zařízení je celá řada, např. Ingersoll Rand – USA, Atlas Copco – Švédsko, Bulroc Ltd. – V. Británie, Permon – ČR.

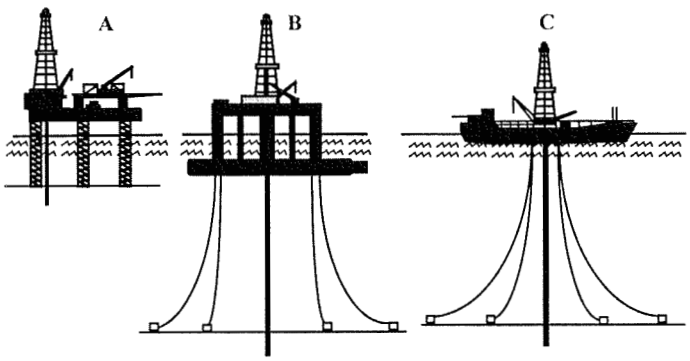


Obr.6.4

Velmi výkonná mobilní souprava ROC 848 HC, Atlas Copco pro vrtání vrtů pro střelné práce

6.1.6. Vrtný průzkum moře.

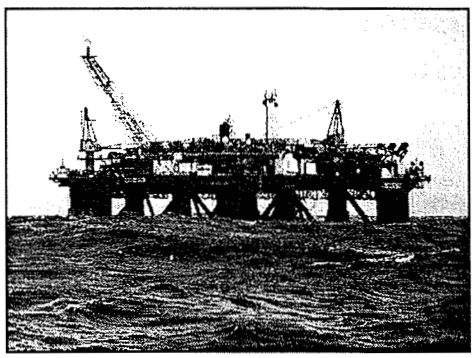
Pro průzkum mořského dna se používají vrtné soupravy na stacionárních plošinách, na samohybných ponorných pontonových plošinách a lodích. Stacionární plošiny s měnitelnou výškou lze použít do hloubky dna 100 m, plošiny na pontonech a lodích, které jsou pozičně stabilizovány kotvami či dynamicky, do hloubky dna 1500 m. Vrtné technologie zahrnují rotarové vrtání, jádrové vrtání či vrtání ponornými turbinami.



Obr.6.5

Typy vrtných souprav pro průzkum mořského dna

A - stacionární vrtná plošina;
B - samohybná plošina na pontonech;
C - vrtná loď



Obr.6.6 Výzkumné plavidlo Glomar Challenger (vlevo), těžební plošina, R block (vpravo)

6.2. PRŮZKUMNÉ HORNICKÉ PRÁCE.

Povrchové a důlní hornické práce jsou pravidelnou součástí geologických programů. V úvodních etapách geologických prací je jejich použití omezeno jak počtem, tak druhem, především na práce povrchové. Mohou poskytnout následující informace:

- o stavbě, složení a mocnosti nezpevněných pokryvných hornin;
- o petrografickém charakteru a úložních poměrech primárních hornin;

- o tektonických vrásových a zlomových deformacích z hlediska jejich zastoupení, prostorové orientace a rozložení, v případě zlomů mocnosti, charakteru výplně či zvodnění apod.;
- o ložiskových tělesech (jejich morfologii, struktuře, mocnosti, složení, úložních poměrech, porušenosti atd.;
- o hydrogeologických a plynových poměrech;
- o fyzikálně-mechanických vlastnostech ložiskové výplně a okolního horninového prostředí a o geomechanických charakteristikách horninového komplexu.

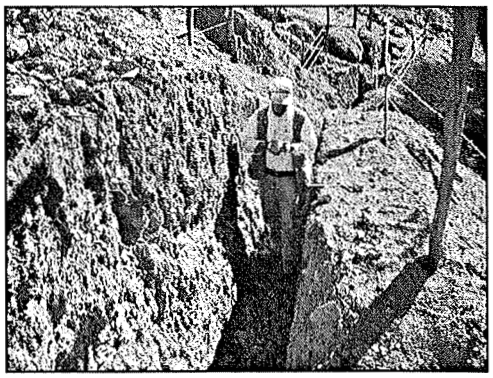
Všechny typy hornických prací představují důležité umělé odkryvy, které jsou v porovnání s jinými typy vyhledávacích a průzkumných prací (včetně vrtných) zdrojem nejspolehlivějších a nejpodrobnějších informací. Zároveň slouží jako místa odběru vzorků pro chemické, mineralogické, petrografické, petrofyzikální a technologické rozbory.

6.2.1. Povrchová průzkumná hornická díla

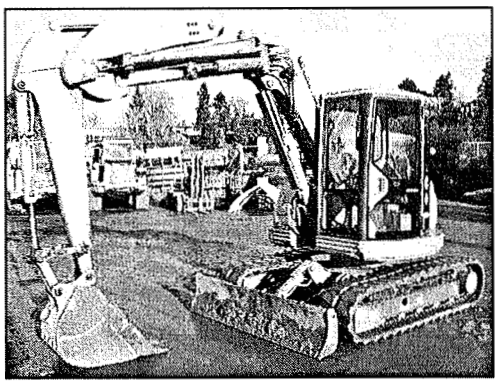
jsou odkryvná díla zpravidla netypových rozměrů, upravovaných podle potřeby a podle dostupného strojního zařízení. Jejich použití závisí na účelu geologického průzkumu, na morfologii a přístupnosti terénu, mocnosti, složení a zvodnění pokryvu a na morfologii sledovaných geologických těles. Patří sem:

- *Průzkumné rýhy*, tj. výkopy 0.6-2 m široké, několik metrů hluboké (2 až 5, maximálně 10 m při mechanizovaném hloubení) a libovolné délce od několika metrů do prvých km. Hloubka rýh závisí nejen na použitém mechanismu, ale především na geologických podmínkách (mocnost, složení a stabilita pokryvu, hloubka hladiny spodní vody. Jsou používány pro mapovací účely, sledování kontaktů hornin a tektonických linií, sledování ložiskových těles, verifikaci geofyzikálních a geochemických anomálií atd. Jsou lokalizovány podle potřeby, resp. v případě podrobného průzkumu připovrchových ložisek i v pravidelné síti.
- *Průzkumné sondy* jsou výkopy zhruba čtvercového průřezu do hloubky 2-3 m, které se používají v rámci mapovacích prací. Jsou rozmisťovány podle potřeby tak, aby nahradily chybějící přirozené výchozy.
- *Průzkumné šachtice* jsou svislá díla o průřezu v závislosti na způsobu hloubení od 0.75 x 1 m do 1.5 x 2 m, resp. kruhového průřezu o průměru do 1.5 m ražené do hloubky až 30 i více metrů. Jsou používány při větších mocnostech pokryvu, pro prověření sekundárních a primární ložiskových zón, v rámci detailních etap ložiskového průzkumu připovrchových ložisek atd.
- *Odkopy* se používají na svazích k odkrytí primárních hornin a výchozů ložiskových těles. Jejich rozměry závisí na místních poměrech a kladených požadavcích.

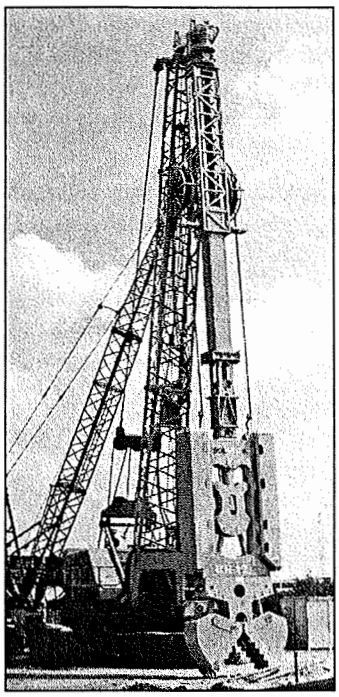
Obr.6.7
Hloubení a dokumentace průzkumných rýh

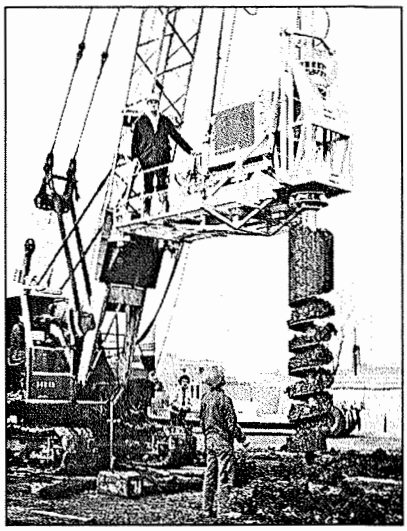


Povrchová hornická díla jsou ražena buď ručně, nebo - a to v převážné míře - strojně. Ruční ražení se používá zpravidla v nepřístupných terénech a zemích s málo kvalifikovanou a levnou pracovní silou. Pro strojní ražení průzkumných rýh, sond a odkopů se používají různé typy lžícových, kolesových a korečkových rypadel, autobagrů apod. (obr.6.8), pro ražení průzkumných šachtic drapáková zařízení na kolových či pásových bagrech nebo mobilní velkoprofilové vrtné soupravy (obr.6.9).



Obr. 6.8 Rypadlo Hitachi EX75UR (vlevo) a T-955 Commander Vermeer (vpravo)





Obr.6.9
Hydraulická drapáková souprava BH-12 italské firmy SOILMEC (vlevo) a mobilní vrtná souprava Terradrill 625 (vpravo)

6.2.2. Podzemní průzkumná hornická díla

se zpravidla používají v podrobnějších průzkumných etapách a to zejména průzkumu ložiskových akumulací komplikovaných morfologických typů, resp. typů se složitou prostorovou distribucí užitkových a škodlivých složek, pro odběr velkoobjemových vzorků pro technologický výzkum, při detailním studiu stavby a porušenosti horninového masivu v rámci inženýrsko-geologického průzkumu atd. Možnost využití závisí jak na zkoumaném geologickém či ložiskovém objektu (jeho morfologii a prostorové distribuci užitkových a škodlivých složek, úložních poměrech, tektonické porušenosti, stupni složitosti stavby horninového komplexu), tak na morfologii terénu, jeho přístupnosti, stupni ekonomického rozvoje území, hloubce a typu uložení, míře zkoncentrování nerostné suroviny a v neposlední řadě její hodnotě.

Do této skupiny se se řadí svislé a úklonné průzkumné jámy, horizontální díla jako štoly, překopy a chodby, úpadní a dovrchní díla atd. Jde o technicky a finančně velmi náročné druhy prací a proto je třeba pečlivě vážit jejich využití. Zpravidla se průzkumná podzemní díla razí v úsporných profilech a provedení. Přesto je třeba vždy uvážit možnost jejich využití v návazných etapách prací, resp. v případě úspěšnosti průzkumné akce při návazném využití.

6.3. PŘÍSTROJE PRO TERÉNNÍ MINERALOGICKÉ A FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ ANALÝZY.

V posledních letech byla vyvinuta řada přenosných prostředků a terénní stanovení obsahu chemických prvků a užitkových a doprovodných nerostů.

Několik výrobců nabízí *detektory pro hledání koncentrací kovů a užitkových nerostů* v ryžoviskách, od jednoduchých prostředků (např. Falcon Gold Probe) až po špičkové přístroje

jako je detektor Goldspear. Nové modely VLF detektorů (Garret, Minelab, Whites etd.) jsou užitečné pro detekci malých nugetů a dalších vodivých materiálů. Detektor Goldspear umožňuje identifikovat částice o velikosti 0.04-0.05 mm a rozlišit čisté kovy (Au, Pt), nerosty s vyšším podílem kovu (chalkopyrit), nerosty s nízkým podílem kovu (pyrit) a nerozlišené těžké nerosty.

Howard Lahti vyvinul geochemickou techniku vyhledávání ložisek Au, Cu, Zn, Ag atd. v semiaridním a aridním klimatu *SMX - extrakce povrchové mikrovrstvy*. Příslušné vybavení vyrábí Phoenix Instruments.

V rámci prospekce, geologického mapování, vyhledávání uranu apod. se široce využívá *gama-spektrometrie*. Výběr přenosných aparátů je velký, např. Scaler-Ratemeter SR3 a NE 5013 (Nuclear Enterprises Ltd.), scintilační radiometr BGSS-4 (Nuclear Instruments GmbH), diferenční spektrometr GRS-500, multikanálový analyzátor XF-48 (Nuclear Instruments GmbH) atd.

Rentgenfluorescenční spektrometrie (XRF) se využívá pro stanovení prvků těžších než Na v rámci geologického výzkumu a průzkumu, při vymezování rudních těles, třídění rud a analýze odpadů v úpravnách. Z celé řady výrobků lze uvést přístroje společnosti NITON Corporation pro analýzu půd, prachu a slitin v hornických, průmyslových a environmentálních aplikacích (analyzátor Niton serie 700, serie XL-800 a Niton II). Laboratorní a přenosné přístroje produkuje také Outukumpu Elektronics, Nuclear Enterprises, Columbia Scientific Industries Corporation, Hilger and Watts Ltd atd.

Při identifikaci nerostů obsahujících Fe v půdách a horninách se používá *Mössbauerova spektrometrie*. Touto technikou lze získat informace o magnetických vlastnostech nerostů a o poměru Fe^{3+}/Fe^{2+} v nich.

Termální emisní spektrometrie (TES) poskytuje možnost identifikovat krystalovou strukturu a tím identifikovat nerosty v přírodních materiálech obsahujících silikáty, karbonáty, sírany, fosforečňany, oxidy a hydroxidy.

UV-křemenná lampa je užitečná pro identifikaci fluorescenčních nerostů (scheelitu, sekundárních uranových minerálů, minerálů Li, fluoritu). Při třídění některých rud se uplatňuje laserem indukovaná fluorescenční analýza.

Velký počet kapesních a přenosných přístrojů se vyrábí pro *fotometrickou a elektrochemickou analýzu*. Různé typy kolorimetrů, ionometrů, konduktometrů a multimetrů jsou využívány pro stanovení celkové tvrdosti vody, pH, obsahu aniontů a těžkých kovů v závislosti na iontové selektivní elektrodě. Tyto přístroje vyrábějí např. firmy Earth Resources, Hach, WTW, Schott a další.

6.4. PŘÍSTROJE PRO TERÉNNÍ HYDROGEOLOGICKÉ A GEOMECHANICKÉ ANALÝZY.

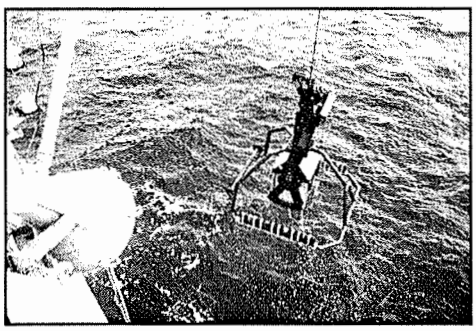
Mezi základní hydrogeologická měření náleží ***určování hladiny podzemní vody*** resp. ***pieozometrické úrovně***. K tomuto účelu se vyrábí řada přístrojů, od nejjednodušších typu měřících pásem se signalizací, přes různé hladinoměry až k piezometrům. Výrobců těchto přístrojů je celá řada. Např. Geospol Uhřinov (ČR) vyrábí elektrokontaktní hladinoměry s opticko-akustickou signalizací, Solinst (Kanada) hladinoměry a karotážní zařízení (Levelogger). Piezometry různých typů prodují např. společnosti Geotechnical Observation Ltd. (V.Británie), Solinst (Kanada) , Geonor a další.

Orientační geomechanické charakteristiky zemin se v terénu určují pomocí penetračních, vrtulkových a presiometrických zkoušek. K provádění standardních a dynamických penetračních testů se vyrábí velký počet jedno a víceúčelových penetrometrů, od ručních po mobilní pro standardní a dynamické testy. Pro malé hloubky se využívá ruční penetrometr (např. firmy Van Walt Ltd), do větších mocností testovaných zemin standardní, kuželové a víceúčelové penetrometry produkované např. společnostmi TRIGGS Technology Inc., A.P.Van den Berg, Geotech AB, MBT atd. Vrtulkové zkoušky slouží k předběžnému posouzení pevnostních charakteristik, jako smykové pevnosti měkkých až vazkých zemin. Přístroje vyrábí např. Geotech AB (Švédsko), Pagani Geotechnical Equipment (Maďarsko) atd. Presiometrické testy doplňují předchozí testy stanovováním dalších fyzikálních parametrů zemin, jako je modul elasticity atd. Existují další typy polních přístrojů pro určování dalších parametrů zemin, jako je vlhkost, permeabilita atd. Pro měření deformací zemin a hornin se používají různé přístroje, např. Marchettiho dilatometr pro statické deformační testy půd, jílů a písků (Geotech AB), přístroje pro měření lineárního posunu (např. přístroje Solexperts Geotechnical Instruments či firmy Geonor) apod.

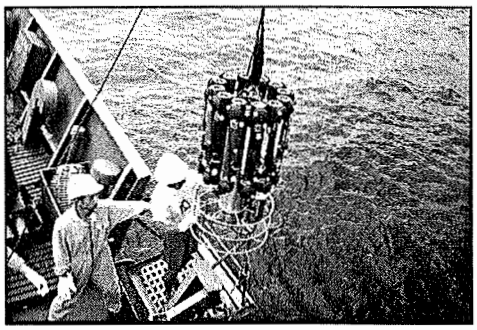
Podobně jako v případě zemin se používají ***orientační zkoušky geomechanických vlastností hornin***. K velmi jednoduchému nedestruktivnímu stanovení pevnosti hornin slouží Schmidtovo kladívko. Je vyráběno v klasické mechanické či elektronické verzi (např. firma Proceq SA, Švýcarsko).

6.5 PŘÍSTROJE PRO PRŮZKUM MOŘSKÉHO DNA.

Vedle speciálních geofyzikálních přístrojů pro seismoakustický průzkum se běžně využívá boční sonar (obr.6.10) a multifrekvenční echosondy typu „multibeam" (např. SB-2112, MB-Hydrosweep, EM 120). Všechny uvedené přístroje jsou určeny pro studium morfologie, složení a stavby mořského dna.



Obr.6.10 Spouštění bočního sonaru Oretech, USA (foto A.Pařízek)

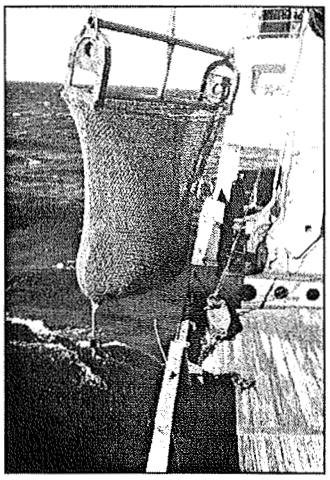


Obr.6.11 Přístroj CTD pro měření vodivosti, teploty a hustoty vody Neil Brown Instrumental Systém, USA s dálkově ovládanými vzorkovnicemi vody (foto A. Pařízek)

Celá řada přístrojů byla vyvinuta pro vzorkování mořské vody a sedimentů a nerostů mořského dna. Mezi přístroje pro měření fyzikálně-chemických vlastností mořské vody patří

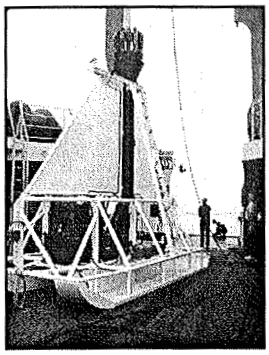
proudoměry, přístroje pro určování vodivosti, hustoty a teploty vody (obr.6.11) atd. K odběru horninových a minerálních vzorků slouží volné drapáky a gravitační jádrováky vybavené bójemi s možností odběru sedimentů do hloubky 1-3 m. Těžší vzorkovací mechanismy se spouštějí na lanech. Do této skupiny patří multicorer tvořený soupravou 8 válců o průměru 10-12 cm a délce 1 m s přítlačným zařízením pro odběr nezpevněných sedimentů a vody (obr.6.12), maxicorer skládající se ze 3 až 4 válců o průměru 30-50 cm a délce 2 m pro odběry neporušeného materiálu pro geomechanické zkoušky a stanovení fyzikálně-mechanických parametrů hornin, hydraulický jádrovák pro vzorkování sedimentů až do hloubky 12 m pro geologické studie a krabicový jádrovák o ploše odběru 0.25 až 0.5 m^2 pro vzorkování polymetalických konkrecí. Velkoobjemové vzorky konkrecí se získávají pomocí vlečných systémů s kapacitou 800 až 1500 kg (obr.6.13). Studium znečištění vodního prostředí při těžbě se provádí pomocí imitátorů – mechanických či hydraulických rozrušovačů dna (obr.6.14).

Obr.6.12 Multicorer Barnett FRG pro odběr vzorků hornin z mořského dna (foto A. Pařízek)



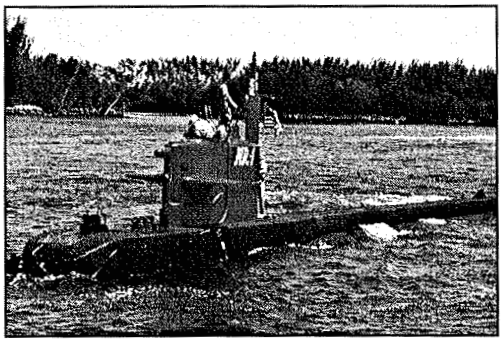
Obr.6.13 Vlečná síť typu Galatea pro odběr konkrecí k technologickým zkouškám (foto A. Pařízek)

K přímému pozorování mořského dna slouží různé typy výzkumných ponorek, kterých bylo postaveno mnoho desítek. Už v roce 1969 byla odevzdána za účelem vědeckého hlubokomořského průzkumu první 46 m dlouhá atomová ponorka NR-1 vyrobena firmou General Dynamics (Kotlinski et al.,1998) se 7–13 člennou posádkou (obr.6.16). Velmi využívaným podmořským plavidlem se stal ALVIN se 3-člennou posádkou, který umožňuje ponoru až do 6 km (obr.6.17). K témuž účelu se využívají autonomní podmořské jednotky (AUV – autonomous underwater vehicles) a dálkově řízené jednotky (ROV – remote operation vehicles), vybavené vedle různých přístrojů v závislosti na cíli průzkumu video a fotokamerami (obr.6.15). V současnosti se používají především digitální fotokamery s přímým přenosem dat optickým kabelem do počítačového palubního centra, kde se data operativně vyhodnocují a vynášejí do map za použití speciálního programového vybavení.



Obr.6.14 Rozrušovač dna DSSRS-2, USA (foto A. Pařízek)

Obr.6.15 Přístroj Abyssal MIR, Rusko, pro kontinuální foto a video záznam mořského dna (foto A. Pařízek)



Obr.6.16 Výzkumná ponorka NR-1

Obr.6.17 Ponorný člun Alvin

7. METODIKA VYHLEDÁVACÍCH PRACÍ.

7.1. VÝBĚR METODICKÉHO KOMPLEXU.

Plánování, projektování a provádění vyhledávání závisí v prvé řadě na geologických, metalogenetických, hydrogeologických a dalších předpokladech. Podstatným způsobem je ovlivňuje jak stupeň ekonomického a kulturně-politického rozvoje státu a zájmového regionu, tak přírodní podmínky (tj. krajinný typ) daného území. Velmi důležité je také respektování právního prostředí a místních zvyklostí. Metodika vyhledávacích prací je vedle už uvedených determinantů závislá na míře geologického poznání zájmového území. Jestliže v zemích se známými geologickými charakteristikami a dostupnými materiály o geologických, metalogenetických, ložiskových a dalších poměrech je základem právě studium těchto materiálů a z něho vycházející prognózní hodnocení území, pak v zemích s nízkým stupněm poznání je postup odlišný, využívající zejména metod dálkového snímání (analýza záznamů satelitových skenerů, leteckých snímků a geofyzikálních měření). Konkrétní postup se liší jednak podle cílů vyhledávání, tj. surovinového a průzkumného typu nerostných akumulací, jednak podle jejich dostupnosti. Je třeba si uvědomit, že v průběhu historie lidstva se měnilo jako spektrum využívaných surovin, tak způsoby jejich získávání (tab. 7.1).

Tab 7.1. Změny cílů vyhledávání v lidské historii

průzkumné ložiskové typy	starověk	středověk	18.-19. století	1.polovina 20.století	2.polovina 20.století	21.století
povrchová ložiska						
mělce uložená ložiska						
překrytá ložiska						
pohřbená ložiska						
ložiska pod mořem						
jiné zdroje						

Současný přístup k vyhledávacímu průzkumu charakterizují dva zásadní trendy a to zvyšování efektivnosti prací a snižování environmentálních dopadů. Proto se vyhledávání a geologické mapování opírá o stále větší využití materiálů dálkového snímání, geochemický průzkum o citlivější, rychlejší a levnější analytické metody, geofyzikální průzkum o stále důmyslnější a přesnější technologie. Z technických prostředků stoupá využívání helikoptér jak pro přímou realizaci vyhledávání, tak pro dopravu osob a zařízení. Vrtný průzkum využívá především mobilní soupravy (v kombinaci s karotážními soupravami) s vysokou produktivitou a spolehlivostí získávaných poznatků.

7.2. VLIV SPOLEČENSKO-HOSPODÁŘSKÉHO ROZVOJE.

7.2.1. VYHLEDÁVÁNÍ V ROZVOJOVÝCH ZEMÍCH.

Prostředí pro vyhledávání v rozvojových zemích charakterizují následující právní, ekonomické a přírodní poměry.

- Typ právního prostředí, tj. pravidla a podmínky získávání povolení či licencí pro prospekci a vyhledávání, systém poplatků a daní, obchodní a pracovní zákony, zákony o zahraničních investicích a jejich ochraně, stupeň státní ingerence atd. Ve většině států je tato nutno respektovat místní (kmenové či zvykové) právo.
- Stupeň politické a ekonomické stability státu vyjadřující míru rizika podnikání, která je ve sféře geologického a hornického odvětví už tak velmi vysoká.
- Stupeň hospodářského rozvoje státu a zájmového území (možnost nákupu potřebného vybavení, možnost zajištění a kvalifikace místních pracovníků, dopravní, spojová, ubytovací a energetická infrastruktura, která je zpravidla málo či nedostatečně vyvinuta).

- Specifický a často velmi diferencovaný krajinný typ a jeho vegetační pokryv (pouště, polopouště, deštný prales, tundra, buš, horská území, náhorní planiny atd.).

Typickým příkladem je velmi rozsáhlé území Amazonie, ve které téměř neexistuje dopravní, sídlištní a průmyslová infrastruktura. Dopravní možnosti jsou zde omezeny na leteckou dopravu, kterou limituje nedostatek letišť. Další možnost představuje přeprava čluny po řekách, kterou ale ztěžuje období dešťů. Výstavba a údržba cest je velmi nákladná. V oblastech dolů jsou budovány hornické vesnice s potřebnou vybaveností. Je ale skutečností, že to přináší řadu sociálních problémů vyvolaných jednak stresujícími podmínkami života ve vesnicích, jednak nekontrolovatelnou migraci indiánských komunit a v nezanedbatelné míře asociálních živlů (Chaves 1996). Atraktivnost rozsáhlých geologicky a surovinově málo známých území vzrůstá s výstavbou základních dopravních tras, jako je např. Transsibiřská a Bajkalsko-Amurská magistrála, Transamazonská či Aljašská dálnice apod. Výchozím krokem vyhledávacích prací je ocenění území na základě publikovaných prací a archivních zpráv, materiálů dálkového průzkumu a letecké geofyziky (tyto materiály – pokud existují – jsou zpravidla zabezpečovány státními geologickými službami či analogickými institucemi příslušné země nebo i OSN) a případné prověření získaných poznatků nezbytnými rekognoskačními pochůzkami. Cílem je zpracovat přehledné geologické, metalogenetické a prognózní mapy a na základě toho stanovit prioritní objekty pro vyhledávání. Současně je třeba ocenit ekonomické, sociální a přírodní faktory. Takovéto studie proveditelnosti (feasibility study) jsou např. sestavovány experty Mezinárodní banky pro obnovu a rozvoj či Světové banky.

Vlastní terénní práce jsou zaměřeny zpravidla na určitý druh nerostné suroviny, např. nejčastěji na ropu, drahé kovy, diamanty, barevné kovy apod. Jsou realizovány jak malými firmami s nevelkým počtem pracovníků, tak komplexními expedicemi velkých společností či konsorcií na rozsáhlých plochách (sta až tisíce km^2). V rámci těchto expedicí se v nezbytné míře provádějí technické práce (vrty, umělé odkryvy) a orientační testy upravitelnosti suroviny. Závěrečná zpráva musí vedle popisu lokalit a objektů, přehledu vyhledávacích prací podle typu a metodiky, teoretických předpokladů a modelů obsahovat posouzení geologických a věcných výsledků (nález a orientační ocenění ložiska či zdroje vody atd.), možností jejich praktického využití (těžební, technologické atd.) a doporučení pro návazné průzkumné práce.

Vyhledávání mohou provádět jak domácí, tak zahraniční (či smíšené) subjekty. Velmi efektivní je spolupráce s místními prospektory a obyvatelstvem, od kterého lze získat cenné informace. Zejména v málo osídlených oblastech je třeba kontaktovat např. kočující komunity, které vynikají podrobnými znalostmi území.

7.2.2. VYHLEDÁVÁNÍ VE VYSPĚLÝCH ZEMÍCH.

Plánování a provádění vyhledávacích prací v zemích hospodářsky a společensky rozvinutých je v zásadě závislé na jiných faktorech, než v rozvojových zemích.

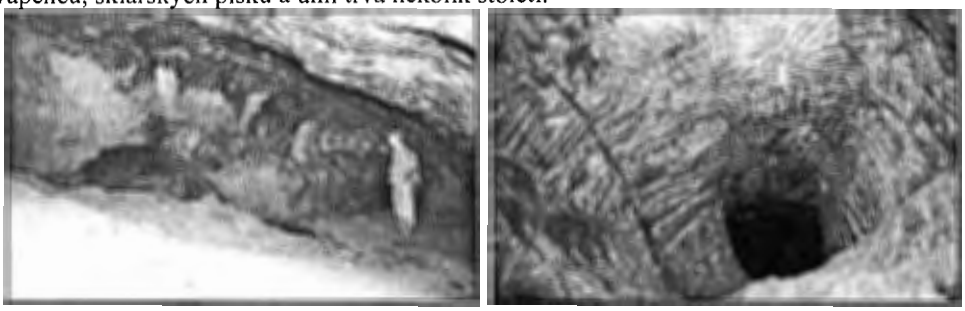
- Významnou úlohu hraje typ společenského zřízení. Je jistě rozdíl mezi státy s tradičním a dlouhodobě rozvíjeným demokratickým systémem a vyspělou tržní ekonomikou, státy s nedemokratickým režimem a centrálně plánovanou ekonomikou a státy s přechodovou ekonomikou, což se projevuje hlavně se sféře podnikatelské kultury.
- Všechny rozvinuté státy mají nebo transformují své právní prostředí tak, aby dovolovalo geologické a hornické podnikání všech domácích a zahraničních subjektů.
- Zásadní úlohu hraje metalogenetický charakter státního území, na kterém závisí význam domácí nerostné surovinové základny a spektrum nerostných surovin (porovnání Kanady, USA či Brazílie na straně jedné a Holandska či Dánska na straně druhé to potvrzuje).
- Význam nerostné surovinové základny a tím i perspektivnost vyhledávání je v rozvinutých zemích v řadě případů deformován stupněm vyčerpání (např. v zemích Střední Evropy).

- Původní půdní a vegetační poměry jsou ve většině vyspělých zemí zpravidla výrazně ovlivněny lidskou činností (zástavbou, průmyslovou a zemědělskou výrobou, tepelnou energetikou atd.), což omezuje možnosti využití klasických prospektorských postupů.
- Geologické a návazné těžební činnosti usnadňuje rozvinutá dopravní, průmyslová, sociálně-zdravotní a urbanistická infrastruktura a dostatek kvalifikovaných pracovníků.

Česká republika je typickým příkladem země, kde vyhledávání a využívání nerostných surovinových zdrojů má mnohatisíciletou tradici. Např. ze sídliště lovců mamutů na Landeku u Ostravy je známo vůbec nejstarší použití uhlí před 23 tisíci lety (obr.7.1).

Obr.7.1 Centrální ohniště na Landeku u Ostravy (in Vokřínek, P. et al., 1996)

České země měly velký hornický význam v období starověku a středověku. Např. cín v bronzech trojské kultury pochází podle mínění některých historiků z Krušných Hor. Významná byla keltská těžba zlata a železa před 2-3 tisíci lety a zejména středověká těžba drahých kovů ve 12.-14. století. V 15.-16. století byly české země nejdůležitějším producentem cínu (obr.7.2) a ve druhé polovině 20. století velmi významných producentem uranu. Těžba vápenců, sklářských písků a uhlí trvá několik století.



Obr.7.2 Cínový důl Jeroným v Čisté ve Slavkovském Lese, (Česká republika), který byl založen v roce 1548. Na obrázku vlevo je vytěžená komora se stopami po sázení ohně, vpravo ústí chodby do dobývky se stopami po ručním ražení. (Foto P.Beran)

Důsledkem této mnohatisícileté těžby je skutečnost, že prakticky všechna rudní ložiska vycházející na povrch či do připovrchové zóny byla objevena a ve značné míře vydobyta a že využitelné uhelné zdroje jsou dosti vyčerpány (tab. 7.2).

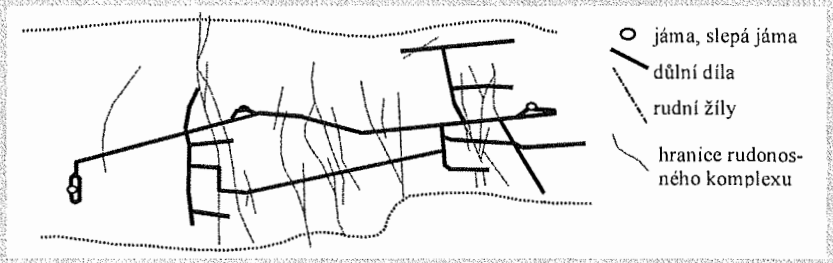
Tab.7.2 Využívání zdrojů důležitých nerostných surovin v českých zemích

nerostná surovina	století												
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
zlato												?	?
stříbro													
cín													
železo													
olovo													
uran													?
vápence													
sklářské písky													
uhlí													
kaolin													

Vyhledávání v rozvinutých zemích začíná studiem zpráv o staré hornické činnosti, rozborem důlních map, stop po starých hornických dílech, úpravnických a hutních zařízeních, archeologických nálezech aj. Báňsko-historický výzkum má tedy zásadní význam. Rozvinuté země se obvykle vyznačují vysokým stupněm geologické prozkoumanosti, což usnadňuje výběr zájmových objektů.

OBJEVENÍ PŘÍBRAMSKÉHO URANOVÉHO REVÍRU.

Výskyty uraninitu a uranových sekundárních nerostů byly známy z dolů Březohorského revíru už od prvé poloviny 19. století (Zippe 1829, Breithaupt 1837, Reuss 1851atd.). Proto bylo vyhledávání uranových rud, které na Příbramsku započalo v roce 1947, zahájeno studiem literárních a archivních pramenů. Vyhledávání pokračovalo následnými terénními revizními pracemi, které spočívaly v radiometrickém proměřování starých hald v síti 5 x 5 až 10 x 10 m a geologickou a radiometrickou revizí štol a horizontů březohorských dolů tam, kde se staré záznamy zmiňovaly o výskytu uraninitu a kde se mezi starými horníky mluvilo o proměnách stříbrné rudy v bezcenný černý tzv. smolný kámen - smolinec. Povrchové vyhledávání na ploše cca 50 km^2 zahrnovalo radiometrické mapování a hloubení mělkých šachtic, kterými se prověřovaly zjištěné anomálie. Vrtný průzkum ověřoval strukturní vývoj sledovaných žil a žilných uzlů. Všechny anomální úseky jak v povrchových, tak v existujících nebo obnovených důlních dílech byly ovzorkovány. Následná etapa důlního průzkumu zahrnovala hloubení jam a otvírku pater. Celý systém důlního průzkumu byl orientován tak, aby důlní díla bylo možno využít při vlastní těžbě v úsecích ověřeného průmyslového zrudnění.



Princip otvírky žilného uzlu příbramského uranového ložiska

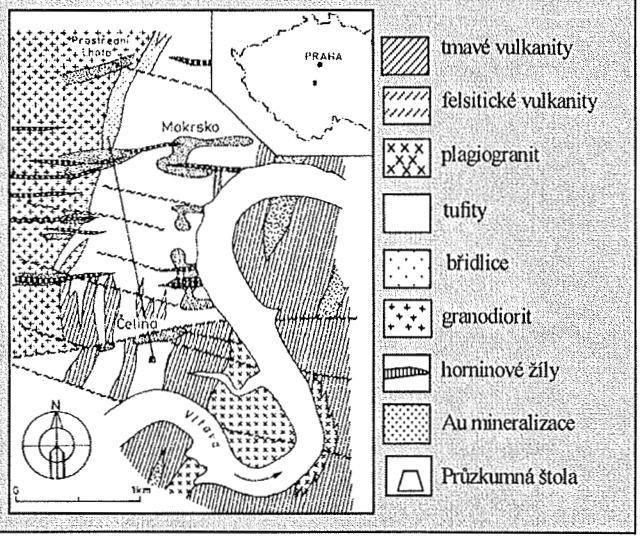
Přesto jsou v řadě států málo prozkoumaná území, např. v severských státech oblasti pokryté glaciálními sedimenty či tundrou (v Kanadě, Skandinávii či Rusku), v subtropech a tropech oblasti pokryté deštnými a vlhkými pralesy (v Brazílii, Peru, v západní a střední Africe, v Indonésii apod.), kde je nutno postupovat od globálních a regionálních postupů dálkového průzkumu v kombinaci s prospektorskými postupy. V těchto oblastech narážíme rovněž nepříliš rozvinutou až nedostatečnou infrastrukturu. Např. dopravní možnosti v severních a severozápadních územích Kanady jsou omezeny hlavně na dopravu vrtulníky a zimní ledové cesty. Pozornost se musí soustředit na analýzu vztahů hlubokých struktur s mineralizací a proto je důležitou složkou vyhledávání interpretace materiálů satelitového a leteckého snímání a geofyzikálních měření, dále aplikacím geochemického průzkumu a studiu asociací těžkých nerostů a jejich prostorového rozmístění.

Využití objevených ložiskových oblastí či velkých ložisek si v řadě případů vyžádalo výstavbu nákladných dopravních tras, což dokumentují následující příklady. Rozsáhlá oblast železorudných ložisek Hamersley Iron Range v západní Austrálii byla spojena 426 km dlouhou železnicí s přístavem Port Headland, železorudná provincie v oblasti Schefferville v Labradoru 588 km dlouhou železnicí se Sept Iles či velice významná rudní provincie Carajás v Brazílii 890 km dlouhou železnicí vedoucí tropickou džunglí s přístavem Sao Luis.

VYHLEDÁVÁNÍ A PRŮZKUM LOŽISKOVÝCH AKUMULACÍ ZLATA V PSÍCH HORÁCH.

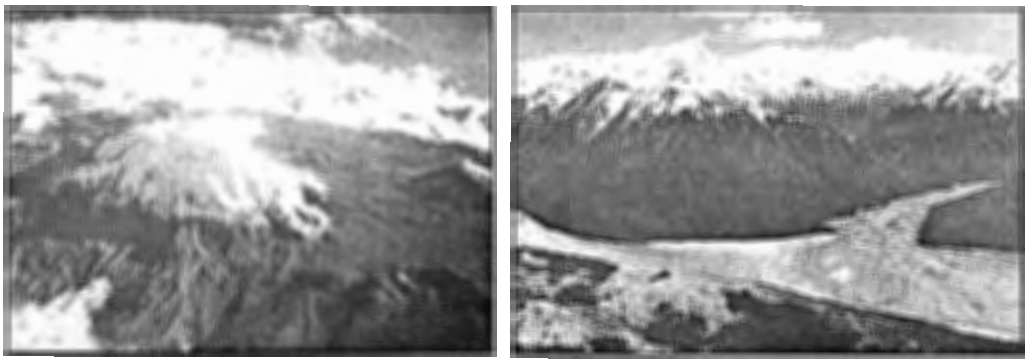
(zpracováno podle Morávka, 1995)

V oblasti Psích hor cca 50 km jižně od Prahy u Vltavy se vyskytují rozsáhlé stopy po keltském ryžování zlata ze 3.-1. století př.Kr. Od konce 16. století bylo toto území ve středu pozornosti prospektorů. Starší regionální geochemické a orientační vrtné práce indikovaly rozsáhlou oblast mineralizace ve svrchnoproterozoických vulkanosedimentárních horninách jílovského pásma. Tyto práce jednak potvrdily existenci ložiska Čelina v centru historického zlatého hornictví, jednak ohraničily celý rudní revír. Klíčovou úlohu ve vymezení několika mineralizovaných zón měla půdní metalometrie. V rámci detailních prací bylo odebráno celkem 5362 vzorků z půdního horizontu B (hloubka 0.5-1.0 m) v síti 125 krát 25 m. Vzorky byly analyzovány na komplex 22 prvků, z nichž pouze Au, As, Bi a Hg měly praktický význam (As a Hg pro omezení mineralizovaného revíru, Au a Bi při identifikaci zlatonosných zón). V období 1980 až 1990 byla vrtným a důlním průzkumem zjištěna čtyři ložiska - Mokrsko-západ, Mokrsko-východ, Čelina a Prostřední Lhota) a další nadějné mineralizované zóny. V rámci této etapy bylo realizováno 2712 m průzkumných rýh, 105 povrchových a 127 důlních vrtů, 8056 m štol a 3 větrací šachty. Na těchto ložiskách převažuje Au-křemenné zrudnění žilného a žilníkového typu. Celkem bylo v revíru odhadnuto 100 až 140 tun Au v chudých rudách s průměrným obsahem 1.5 až 2.5 g/t. Většina zásob je soustředěna na hlavní mineralizované zóně Mokrska, která byla ověřena vrtnými a důlními pracemi v délce 600 m do hloubky více než 200 m.



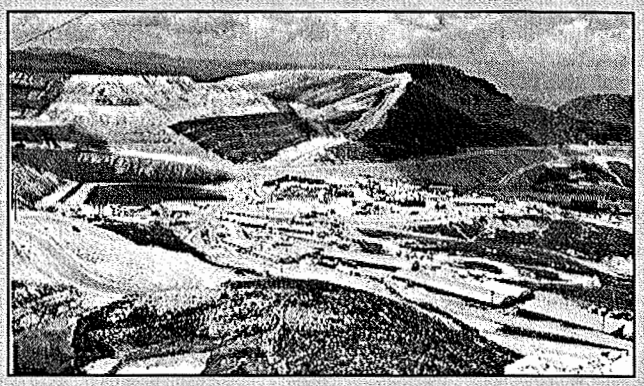
7.3. VLIV PŘÍRODNÍHO PROSTŘEDÍ.

Horské a vysokohorské oblasti jsou charakteristické rozsáhlými výchozy primárních hornin, malým až nulovým rozsahem sekundárních změn na výchozech a velkým rozptylem úlomků ložiskové výplně, často rozsáhlými a mocnými akumulacemi eluviálních, koluviálních, proluviálních a aluviálních uloženin v údolích a při úpatí svahů (obr. 7.3).



Obr.7.3 Vlevo vrcholky And v Peru se zřetelnou čárou sněhu. Vpravo aluviální usazeniny řeky Waimakarri v Novozélandských Alpách (Foto C.Schejbal)

YANACOCHA (PERU) - NEJVĚTŠÍ LOŽISKA ZLATA V LATINSKÉ AMERICE



Rozsáhlý zlatonosný obvod Yanacocha leží asi 45 km od města Cajamarca ve výšce 3500 až 4200 metrů n.m. v Západní Kordilleře And. V současné době jde o pravděpodobně nejrozsáhlejší podnikání zaměřené na těžbu zlata v Latinské Americe.

Yanacochský revír má za sebou dlouhou historii průzkumu a těžby, počínaje mělkým dobýváním rtuti v incké a dokonce předincké éře a poté obdobím španělské kolonizace. Na úseku Carachugo bylo také vytěženo malé množství zlata. Průzkum v letech 1968 až 1973, který prováděly Japonská společnost a společnost St. Joe Minerals, byl zaměřen hlavně na zrudnění Cu-porfyrového typu. BRGM sledoval anomálie Pb a Zn v říčních usazeninách na úseku Yanacocha Norte a následně ověřil malé zásoby Ag. Po získání průzkumného území společností CEDIMIN v roce 1984 vznikla společnost Minera Yanacocha jako společný podnik BRGM Peru, Cia Minas de Buenaventura, Newmont Gold Co a International Finance Corporation a zaměřila se pod řízením Newmont Gold na průzkum zlatonosných rud.

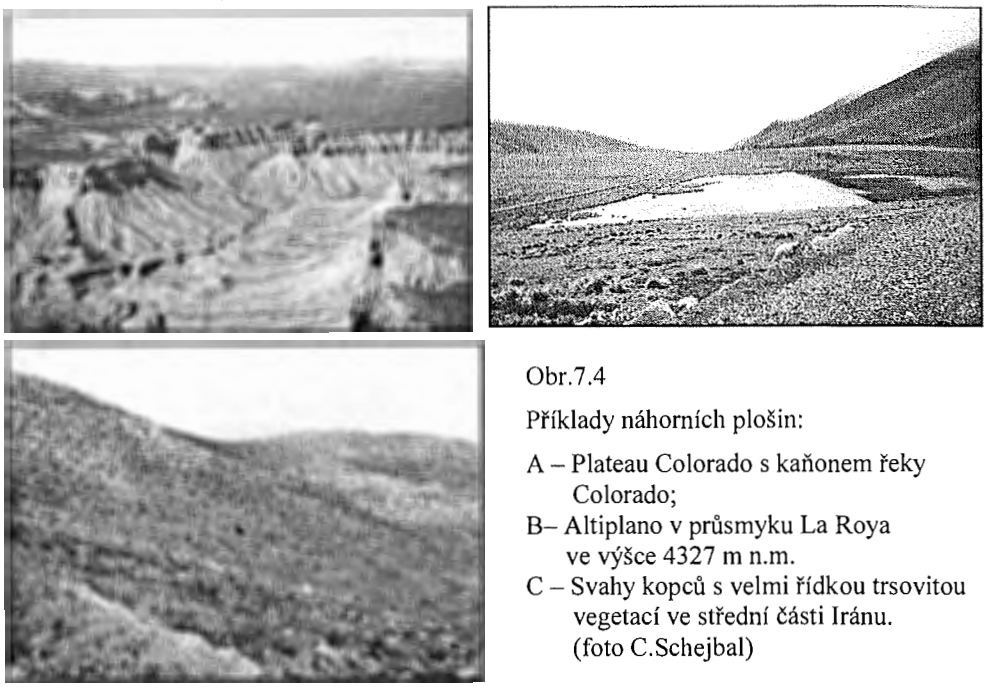
Rudní obvod je tvořen zónou alterovaných hornin o rozměrech 10 x 4 km v pásmu terciérních vulkanitů, které se táhne přes celé Peru. Komplex andezitů a ryodacitů s pyroklastiky a málo zastoupenými jezerními sedimenty je uložen diskordantně na tektonicky deformovaném souvrství křídových vápenců, břidlic a křemenců. Yanacochský vulkanický komplex je v rámci rudního obvodu přeměněn epitermálními zlatonosnými a v menší míře i stříbronosnými roztoky. Minimálně devět odlišitelných ložiskových akumulací je obklopeno zonálně uspořádanými zónami alterace, od vnitřní zóny prokřemenění přes zónu alunitizace, kaolinizace ± pyritizace až k zóně tvořené směsí křemen + sericit (illit) + albit ± (chlorit + magnetit). Kvalitnější Au zrudnění je spjato se zónou prokřemenění, chudší zrudnění se zónou prokřemenění a alunitizace. Zóna pyritizace je překryta sulfidickou mineralizací (enargit, pyrit, kovelin, digenit, sfalerit, galenit), která se vyskytuje ve vyluhovaných dutinách a trhlinách v brekciích. Mikroskopické zlato je spjato s Ag nosným enargitem a arsenopyritem. V oxidační zóně dochází k uvolnění Au z asociace Cu-As-Ag sulfidů, Cu je vyluhováno, Au se váže na Fe oxidy a Ag na jarosit. Au mineralizace je kontrolována strukturními a litologickými faktory. Rudní tělesa jsou vázána na nepravidelně vyvinuté zóny drcení či na rozhraní odlišných hornin.

Intenzivním průzkumem bylo ověřeno velké množství zásob. Od roku 1993, kdy byla zahájena těžba na lomu Carachugo, rostly zásoby rychleji, než byly odtěžovány. Od roku 1996, kdy společnost vyprodukovala cca 25 t Au, došlo k nárůstu výroby na cca 56 t Au v roce 2000. Vzrůst ověřených zásob lze dokumentovat následujícími údaji: v roce 1998 činily 624 t , v roce 1999 1020 t a v roce 2000 1136 t Au. V posledních letech byl vrtný průzkum zaměřen na hlouběji uložené kvalitnější oxidické a sulfidické rudy (úseky El Tapado a Corimayo).

Průzkumné a těžební aktivity v ložiskovém obvodu Yanacocha, které byly realizovány v posledních dvou desetiletích, představují přes náročné přírodní podmínky (vysoká poloha) a politicky nejistou oblast (guerilová válka) jednu z nejvýznamnějších a největších zahraničních investic v Peru po uvolnění možností vstupu zahraničního kapitálu a podnikání.

Prospekční trasy se vedou podél hlavních údolí proti směru vodních toků a pramenným úsekům a rozvodím, ale také podél horských hřbetů. Při prospekci se sledují úlomky ložiskové výplně v tocích a aureoly těžkých nerostů.

Náhorní plošiny mají odlišný vzhled. Některé mají stepní až pouštní charakter se sporadickou vegetací a množstvím výchozů (Anatolská plošina, plošiny v Iránské vysočině). Poskytují tedy ideální podmínky pro vyhledávání a geologické mapování. Jiný obraz skýtají alpinské plošiny typu Altiplano v Peruánských a Bolivijských Andách. Tato plošina s výškou kolem 4000 m n.m. je pokryta vegetací a je intenzívně zemědělsky využívána. Výchozy hornin se vyskytují pouze na svazích hor při okrajích či v zářezech vodních toků.



Obr.7.4

Příklady náhorních plošin:

A – Plateau Colorado s kaňonem řeky Colorado;
B– Altiplano v průsmyku La Roya ve výšce 4327 m n.m.
C – Svahy kopců s velmi řídkou trsovitou vegetací ve střední části Iránu. (foto C.Schejbal)

Poznamenejme, že výšková hranice vysokohorského prostředí závisí z hlediska vegetačních pásem na zeměpisné šířce. V tropické oblasti v Peruánských Andách začíná ve výšce 4000 až 5300 m n.m., v mírném pásmu (Alpy, Himaláje) ve výšce 2600 až 3800 m n.m., ale např. v severním Norsku ve výšce pouhých 300 m n.m.

V mírném pásmu se vedle kulturních území vyskytují jednak stepi, jednak jehličnaté lesy (tajga) a listnaté a smíšené lesy.

Stepi mírného pásma (prérie v Severní Americe, stepi v Rusku či Mongolsku, pampy v Argentině a Uruguayi) jsou zcela pokryty povrchovými uloženinami. Výchozy se vyskytují pouze v údolích a roklích. Zóny sekundárních změn na výchozech nejsou rozsáhlé, ale výrazné. Zóny rozptylu úlomků a těžkých minerálů jsou malé.

Oblasti listnatých a smíšených lesů mírného pásma byly většinou s rozvojem lidské civilizace přeměněny v kulturní krajinu s intenzívním zemědělstvím a průmyslovou výrobou. Prospekce se tedy musí opírat o nepřímé geofyzikální metody a o studium existujících geologických a ložiskových údajů, o podrobnou analýzu metalogenetických poměrů, geochemické prospekce atd.

Oblasti jehličnatých lesů mírného pásma (tajgy) jsou z hlediska provádění vyhledávacích prací složité. Tato území jsou jednak pokryta souvislým lesním porostem, místy přerušovaným jezerními, bažinatými a rašelinnými plochami, jednak mocným pláštěm zvětralin a degradovaných půd. Typickým příkladem je rozsáhlá Západosibiřská nížina, pokrytá aluviálními, jezerními a bažinnými uloženinami. Vyhledávání je velmi obtížné, pracné a nákladné. Základními prospekčními metodami je družicové a letecké snímání a letecká geofyzika. Pro orientaci se s výhodou využívá GPS. V nadějných úsecích následuje pozemní geofyzikální měření. Geologické mapování lze realizovat jen pomocí technických prací (ponejvíce mělkých vrtů). Ověřování ložiskových objektů je možné hlavně pomocí karotovaných jádrových vrtů.

Obr.7.5
Aerogeofyzikální průzkum ve Finsku zajišťuje Geologická služba (GSF). Průzkum zahrnuje magnetická, elektromagnetická a radiometrická měření.

Podobný postup prací se uplatňuje v rozsáhlých územích ***tropických deštných a vlhkých pralesů***. Komplikovanost prací vyplývá z velmi špatné prostupnosti pralesního porostu a z velmi mocného pokryvu zvětralin, dosahujících několika desítek až stovek metrů. Základním prostředkem vyhledávacích prací je dálkový průzkum a letecká geofyzika, následovaná orientačním průzkumem z helikopter. Proto se v takových oblastech v posledních letech realizují rozsáhlé a nákladné aerogeofyzikální programy (Amazonie, Střední a západní Afrika apod.).Velký signalizační význam mají výskyty nízké a řídké vegetace typu savany nad plošně rozsáhlejšími výchozy ložiskových těles (např. nad ložiskem železných rud Carajás v Brazílii či nad výchozem ložiska Cu-Au porfyrových rud Ok Tedi v Papui-Nové Guinei.

Obr.7.6 Vlevo - deštný prales v Kostarice, vpravo - prales v národním parku Iguazú, Argentina (foto C.Schejbal)

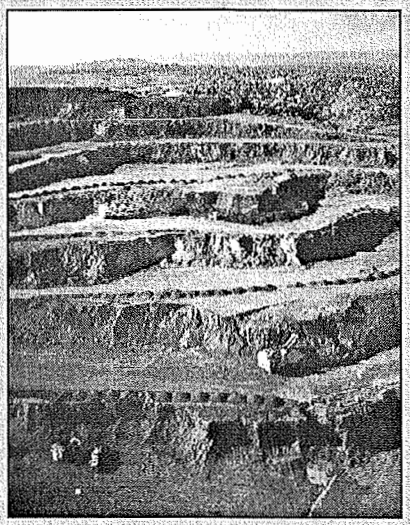
VYHLEDÁVÁNÍ, PRŮZKUM A TĚŽBA V TROPICKÉM DEŠTNÉM PRALESE.

LOŽISKO CARAJÁS V BRAZÍLII.

(Podle materiálů společnosti CVRD).

Železorudné ložisko Carajás leží 130 km jihozápadně od města Marabá v pohoří Serra dos Carajás ve východní Amazonii na jihu státu Pará v Brazílii. Celý region je pokryt souvislým deštným pralesem, kterým protékají řeky Itacaiúnas a Parauapebas. Je to největší světové ložisko, které náleží společnosti Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), která je největším producentem a exportérem železné rudy.

Intenzívní vyhledávání v Amazonii započalo v šedesátých letech minulého století. Při přeletech nad oblastí hřbetu Carajás s cílem hledat ložiska manganu geologové zpozorovali v džungli malé skvrny nízké vegetace typu savany, místně zvané canga, které naznačovaly možnost akumulací vysokoprocentních železných rud. 31. července 1967 tým geologů společnosti Companhia Meridional de Mineraçoes (pobočka U.S. Steel), který vedl Breno Augusto dos Santos, přistál na mýtině v Serra Arqueada na západě hřbetu Carajás, kde byly nalezeny výchozy železných rud. Společnost pokračovala v průzkumu oblasti mimořádně bohaté nerostnými surovinami. Průzkum a výzkum pokračoval do roku 1977, kdy U.S. Steel a CMM odstoupila od projektu. Od roku 1978 převzala projekt společnost CVRD. Průzkumné práce ověřily obrovské ložisko velmi kvalitních hematit/martitových rud se zastoupením magnetitu a goethitu, s průměrným obsahem 66 % Fe, které leží u povrchu. Odhadnuté zásoby činily 18 miliard tun.



Pro využití ložiska bylo nutno vybudovat nejen povrchový lom a úpravnu, ale také město pro zaměstnance, 890 km dlouhou železnici se 61 mosty a mořský přístav Ponta da Madeira na ostrově Sao Luís v zátoce Sao Marcos. Tato železnice tvoří páteř ekonomického a sociálního vývoje obrovské oblasti na severovýchodě Brazílie.

LOŽISKO OK TEDI (PAPUA - NOVÁ GUINEA).

(Podle Danielsona a Whyteho 1997 a materiálů Ok Tedi Mining Ltd.)

Cu-Au ložisko Ok Tedi leží v hornaté oblasti deštného pralesa Západní provincie státu Papua-Nová Guinea ve výšce 2000 m n.m., kde roční srážky kolísají mezi 8 až 10 m. Je součástí jedné z nejbohatších rudních provincií na světě.

V roce 1963 vládní hlídka nalezla známky Cu mineralizace v oblasti Star Mountains a odebrala vzorky. V roce 1969 geologové společnosti Kennecott Copper Corporation obdrželi licenci na průzkum této oblasti. Terénní práce komplikoval neprůchodný terén, silné déšť, velmi špatné počasí neumožňující letecké snímkování a neexistence topografických map. V prvé fázi byly ovzorkovány říční sedimenty toku Fly a sledovány úlomky s magnetitem a měděnou mineralizací k místu výskytu. Následovalo testování bohatého zrudnění ve skarnech ve spodní části svahu hory Mount Fubilan. Zkušený geolog Robert Jones předpokládal, že v horní části hory, která byla stále v mracích, existuje rozsáhlý gossan bez vegetace, což se později potvrdilo. Prospekce pokračovala do roku 1969, kdy bylo prvým vrtem zastiženo bohaté měděné zrudnění. Bohužel vzorky nebyly analyzovány na zlato a proto se nezjistilo, že svrchní část ložiska je obohacena zlatem.

Diamantové vrtání v letech 1969 až 1971 ověřilo zásoby rudy. Nicméně společnost Kennecott se nedohodla s vládou o těžbě ložiska a proto v roce 1975 ukončila projekt. V roce 1976 vstoupila do jednání s vládou společnost Broken Hill Proprietary Company Ltd. (BHP) a po uzavření dohody v roce 1981 zahájila výstavbu. V prvé fázi byl otevřen povrchový lom a vybudován dopravní systém, ve druhé fázi byla vybudována úpravna a hydroelektrárna a konečně ve třetí fázi rozšířena produkce.

Ověřené a pravděpodobné zásoby v roce 1998 činily 344 Mt s průměrným obsahem 0.88 % Cu a 0.92 g Au/t. Koncentrát obsahující 34 % Cu a 20 g Au/t se dopravuje potrubím 156 km dlouhým do města Kiunga na řece Fly. Po odvodnění a vysušení je dopravován speciálními čluny cca 900 km do zásobníků na ostrově Umuda a překládán na lodě.

Mnohem lepší podmínky pro vyhledávání existují v oblastech ***tropických savan*** pokrytých řídkou vegetací či buší (obr.7.7). Tato území jsou většinou dobře přístupná. Na svazích existují poměrně kvalitní výchozy. Lateritické zvětraliny mohou dosahovat značných mocností. Průběh prací komplikuje nedostatek vody v období sucha a naopak záplavy v období dešťů.

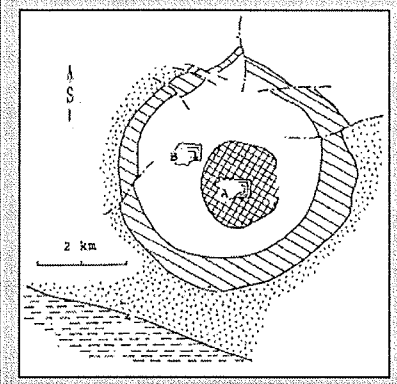
VYHLEDÁVÁNÍ, PRŮZKUM A TĚŽBA V SUBTROPICKÝCH SAVANÁCH.

LOŽISKO NIOBU ARAXÁ V BRAZÍLII.

(Podle Mining Magazine a materiálů společnosti Companhia Brasileira do Metalurgia e Mineracao).

Karbonatitové ložisko pyrochloru a apatitu Araxá ve státě Minas Gerais v Brazílii představuje největší známé ložisko niobu na světě, které obsahuje více než 70 % ekonomicky těžitelných světových zásob a poskytuje přes 70 % světové produkce. Vedle toho ložisko produkuje značné množství apatitu a barytu.

Karbonatitový komplex Barreiro představuje diferencované koncentrické těleso o průměru cca 4.5 km. Přítomnost baryumpyrochloru byla zjištěna v roce 1954 Djalmou Guimaraesem, který už dříve ověřil v tomto komplexu významné koncentrace apatitu.



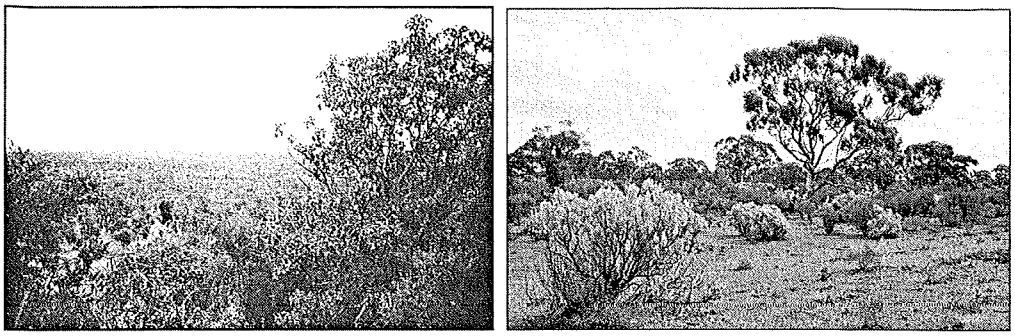
Baryumpyrochlor, rudní těleso
Zvětralý karbonatitový komplex
kvarcity
Biotitické břidlice
Sericitické fylity
lomy: A- CBMM, B- Arafértil

Prvá etapa vyhledávání zahrnovala leteckou fotografii a radiometrii, dále pozemní geologické, radiometrické a geomagnetické mapování. Na základě těchto prací byl definován možný rozsah pyrochlorové mineralizace V centrální části komplexu bylo vymezena oblast o průměru 1800 m s vysokým obsahem niobu.

Následná etapa, ve které se odvrtalo 42 diamantových vrtů o celkové délce 5700 m, byla zaměřena na ověření zásob. Vrty byly ukončovány v nezvětralých horninách. V roce 1958 se ověřovala upravitelnost rudy a v následujícím roce byly odhadnuty zásoby. Pro jejich detailnější ověření a pro potřeby plánování těžby CBMM realizovala rozsáhlý průzkum mineralizované oblasti sítí šachtic o průřezu 1 m^2 do hloubky až 45 m v závislosti na morfologii povrchu, která byla v zóně nejvyšší koncentrace niobu zahuštěna na 60 x 60 m. Celkem bylo vyraženo 241 šachtic o celkové metráži 8084 m. Ze všech šachtic byly odebrány zásekové vzorky o délce 1 m. Vzhledem k uvažované těžební metodě byly poté vypočteny průměrné obsahy v desetimetrových etážích. Na základě těchto a předchozích prací bylo provedeno přehodnocení zásob v zvětralé zóně, zasahující do hloubky až 240 m. Tyto zásoby s průměrným obsahem 2.5 % Nb_2O_5 zaručují při současné úrovni těžby životnost ložiska na 500 let

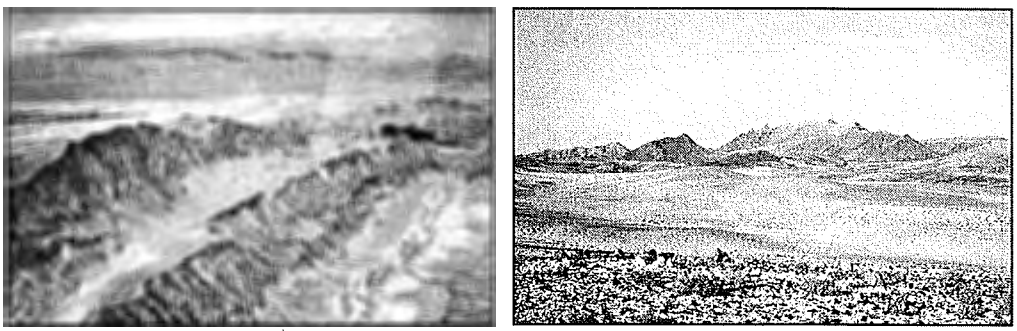
Pro ověření dalších perspektiv bylo odvrtáno 6 vrtů do hloubky 600 až 800 m, které potvrdily pokračování kvalitní niobové mineralizace v celém rozsahu.

Povrchový lom CBMM těžící lateritizovaný pyrochlorový karbonatit (Foto C. Schejbal)



Obr.7.7. Vlevo buš v Kruegerově národním parku v JAR, vpravo savanový porost v regionu Kalgoorlie v Západní Austrálii. (foto C.Schejbal)

Velmi obtížné podmínky pro vyhledávací práce existují na pouštích a polopouštích. To se týká především ***písčitých pouští***, kde je nutno se opřít o geofyzikální průzkum. ***Kamenité pouště*** poskytují lepší možnosti. Na prudkých svazích vyvýšených plošin a izolovaných hor vystupují primární horniny. Mělká i hluboko zařízlá suchá údolí (wádí) jsou často vyplňována štěrkovými, písčitými a jílovitými uloženinami až desítky metrů mocnými. Plošiny jsou naopak prakticky bez pokryvu. Oxidační zóna je velmi málo mocná, ale výrazná. Prospekční trasy se orientují kolmo na geologické struktury. Cenné informace poskytuje geomorfologické a metalometrické mapování. Značné problémy vyplývají z nedostatku topografických a účelových map. Proto je často nutné si zajistit alespoň hrubé topografické podklady vlastními silami. Velkou pomoc v tomto směru poskytují GPS. Práce také komplikuje nedostatek vody, což ztěžuje provádění vrtného průzkumu.

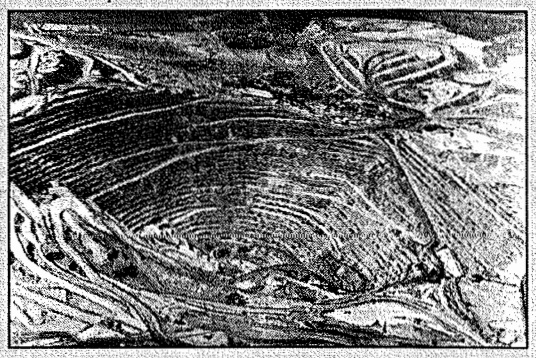


Obr.7.8 Vlevo pouštní ráz krajiny v Nevadě. Vpravo písčitá a kamenitá poušť (Foto Schejbal)

Terény pokryté glaciálními uloženinami, které jsou velmi rozšířené v severských zemích (Kanada, sever USA, Skandinávie, Rusko, Aljaška), vyžadují dobré znalosti kvartérní geologie. Charakter těchto sedimentů a směr glaciálního transportu v různých fázích zalednění poskytují elementární informace pro analýzu zón rozptylu ložiskových úlomků a těžkých nerostů, což jsou základní vyhledávací metody. Často využívané je geochemické profilování a mapování. Vychází se z povrchových vzorků tillu, přičemž obsahy zájmových prvků se zjišťují v nejjemnější frakci. Hustota vzorkování se liší jak podle etapy prací, tak podle geologických a geomorfologických poměrů. Např. ve Finsku se při rekognoskačních pracích odebírá 1 vzorek na 50-300 km^2, při regionálním mapování 1 vzorek na 4 km^2, při lokálních pracích 40 vzorků na km^2 a konečně při detailním mapování více než 100 vzorků na km^2. V oblastech mocného pokryvu se odebírají vzorky z větších hloubek pomocí nárazového vrtání v kombinaci se vzorky z výchozů. Pro ověřování možných předledovcových koryt, ve kterých se mohou často

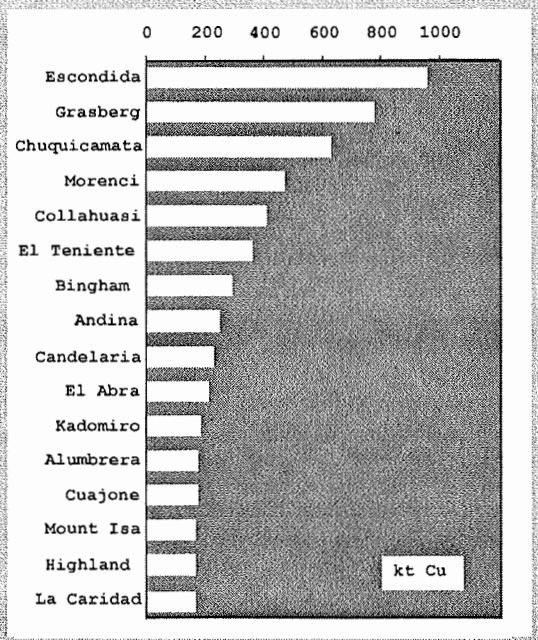
ESCONDIDA (CHILE) - NEJVĚTŠÍ MĚDĚNÝ DŮL NA SVĚTĚ

Cu-Au-Ag ložisko Escondida leží v aridní oblasti pouště Atacama v severním Chile, asi 160 km jihovýchodně od přístavu Antofagasta, v nadmořské výšce 3050 m. Společnost Escondida Minera Limitada je tvořena společnou organizací BHP, Rio Tinto, Japonského konsorcia a International Finance Corporation, která vznikl koncem 80. let. V roce 1979 Minera Utah de Chile a Getty Mining zahájily pod vedením Minera Utah průzkumný program v udané oblasti. 14. března 1981 bylo objeveno ekonomicky těžitelné ložisko Cu, které se později stalo základem důlní společnosti Minera Escondida, jež získala těžební práva.



Ložisko Escondida je tvořeno třemi porfyrovými tělesy, které intrudovaly podél rozsáhlého Chilského západního zlomového systému. Primární sulfidické rudy obsahují 0.2 až 1 % Cu. Následným zvětráváním se vytvořil vyloužený až 180 m mocný klobouk nad bohatou zónou supergenně obohacených rud. Primární sulfidická mineralizace obsahuje pyrit, chalkopyrit a bornit, v obohacené zóně ještě kovelin a chalkosin, místy se vyskytují Cu oxidy. Původně zjištěné zásoby o hmotnosti 662 Mt s obsahem 2.12 % Cu se v roce 1998 dalším průzkumem zvýšily na 1990 Mt s průměrným obsahem 1.23 % Cu.

Výstavba dolu začala v srpnu 1988. Povrchová těžba byla zahájena 3. listopadu 1990 a prodej koncentrátů 31. prosince téhož roku. Úvodní investice na výstavbu dolu, úpravny, 170 km dlouhého potrubí na dopravu koncentrátu a přístavu Coloso původně dosáhly 836 mil. US$. Odpovídající produkce činila 320 kt Cu koncentrátu, která byla následující výstavbou podstatně zvýšena na kapacitu 800 kt. V prvé fázi dokončené v roce 1993 došlo ke zvýšení kapacity úpravny a tím k růstu roční produkce na 400 kt koncentrátu. Druhá fáze byla zaměřena na zvýšení kapacity úpravny a zlepšení důlního vybavení, další na výstavbu nové hydrometalurgické továrny v přístavu Coloso. Roční produkce se po dokončení této fáze v listopadu 1994 zvýšila na 480 kt koncentrátu a katod. Do května 1996 dokončené další rozšíření těžebních a také úpravárenských kapacit zvýšilo roční produkci na 800 kt. Tím se zvýšily celkové investiční náklady na více než 3 miliardy US$. Po prozkoumání značného množství oxidických rud bylo nezbytné postavit v oblasti lomů hydrometalurgický závod. Zvyšování produkce vedlo rovněž k potřebě zajištění dostatečných zdrojů technologické vody (projekt Monturaqui). Všechny práce byly dokončeny v roce 1998. Tím vzrostla celková kapacita produkce na více než 1000 kt za rok. V roce 2000 bylo vytěženo 46.9 Mt sulfidických rud, obsahujících 776.4 kt Cu, R t Au a 102 t Ag, dále 12.6 Mt oxidických rud obsahujících 140.3 kt Cu.



Graf znázorňuje ložiska s největší těžbou mědi v roce 1999

vyskytovat akumulace těžkých nerostů (např. zlata), se používá mělká refrakční seismika. Pro ověření geochemických a geofyzikálních anomálií se používají vrty.

VYHLEDÁVÁNÍ V OBLASTI BUTTERCUP V KANADĚ.

Vyhledávání vanadionosných magnetit-ilmenitových akumulací v oblasti Buttercup (region Lac St.-Jean v provincii Quebec) v roce 1998 započalo na základě nálezů několika ostrohranných valounů masivní magnetit-ilmenitové rudy a lokalizací a ovzorkováním několika výchozů. Vzorky obsahovaly 0.48-0.66 % V_2O_5. Aeromagnetický průzkum s vysokým rozlišením v roce 1999 ověřil rozsah magnetického lineamentu a silné anomálie v bloku Montagnais tvořeném intruzí gabra, anortozitu a monzonitu Tyto výsledky naznačovaly, že magnetické lineamenty jsou způsobeny vanadionosným magnetitovým horizontem. Možné zdroje rudy byly odhadnuty na 3.2 Mt rudy s obsahem 0.67 % V_2O_5. Následný průzkumný program zahrnuje pozemní geofyziku, geologické mapování a rýhování. Cílem je ověření zásob pro povrchovou těžbu.

V posledních letech se v územích pokrytých glaciálními uloženinami soustřeďuje v Kanadě a ve Skandinávii pozornost na vyhledávání diamantů. Postup se odlišuje od vyhledávání akumulací drahých nebo barevných kovů tím, že pro detekci kimberlitů jako zdroje diamantů se používá sledování aureol indikátorových nerostů a kimberlitových valounů, v kombinaci s geofyzikálními pracemi místo geochemického studia tillu.

Metodika vyhledávání bude zahrnovat následující práce:

1. analýza map kvartérních sedimentů nebo interpretace leteckých snímků z hlediska morfologie terénu, rozmístění, typu a mocnosti pokryvu a výchozů primárních hornin;
2. mapování směrů pohybu ledovce (sledování rýhování a rozložení morén);
3. provedení vhodného geofyzikálního průzkumu (leteckého nebo pozemního);
4. trasování valounů zón výskytu indikátorových nerostů a případně i geochemické práce;
5. ověření možného zdroje mineralizovaných valounů a geochemických anomálií průzkumnými rýhami;
6. ohraničení zdrojového tělesa pomocí vrtných prací.

Speciální problém představuje ***vyhledávání pod hladinou jezer***. V zemích jako Kanada nebo Finsko, kde je několik desítek procent rozlohy země překryté glaciálními uloženinami státu pokryto jezerními plochami, jde o vážnou věc. Vyhledávání začíná studiem geologických a geofyzikálních materiálů (satelitových, leteckých i pozemních – pokud existují) pro vyhodnocení nadějných území. Vlastní práce pod vodní hladinou začínají topografickým profilováním dna pomocí sonaru, geofyzikálním měřením a geochemickým vzorkováním vody a sedimentů dna. Geofyzikální práce zahrnují elektromagnetické profilování z helikoptér a člunů pro identifikaci vodivých zón jako možných rudonosných struktur a měření pod hladinou (radiometrie, gama-spektrometrie atd.). Hustota průzkumné sítě závisí na velikosti jezera a očekávaných cílových objektů. Např. při průzkumu 8 km dlouhého a 0.8 km širokého jezera Alces Lake v ložiskovém revíru Beaverlodge v severním Saskatchewanu byla použita síť 200 x 20 m s profily orientovanými kolmo na hlavní osu jezera. Nalezené anomálie bylo ověřovány vrty z plovoucích platform.

Že nejde o okrajovou záležitost, dokazuje např. průzkum a těžba zemního plynu ze dna jezera Erie či průzkum části uranového ložiska pod jezerem Cigar Lake v Kanadě nebo průzkum části uranového ložiska v prostoru strážského bloku v české křídě.

VYHLEDÁVÁNÍ A PRŮZKUM URANOVÝCH LOŽISEK V ÚZEMÍCH POKRYTÝCH GLACIÁLNÍMI SEDIMENTY.

URANOVÉ LOŽISKO CIGAR LAKE V KANADĚ.
(podle materiálů Cogema Canada Ltd, 1987 a dalších).

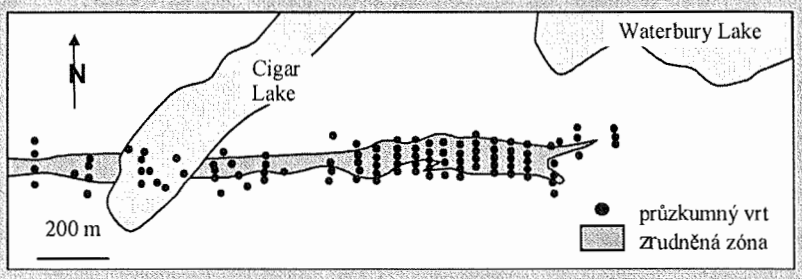
Historie vyhledávání uranových ložisek ve východní části pánve Athabasca začala v roce 1958 objevením ložisk Rabbit Lake. Tento objev potvrdil existenci nového typu uranových akumulací, později označeného „ložiska typu unconformity". Tím začala největší hornická horečka v kanadské historii.

Morfologie území Waterbury Lake je modelováno drumlinami pleistocenního tillu o mocnosti až 50 metrů. Ledovcová formace pokrývá pískovce skupiny Athabasca o mocnosti 400 metrů. Pod nimi jsou diskordantně uloženy archaické grafitické metasedimenty.

Vyhledávání vedené nejdříve společností Asamara Oil Corporation zahrnovalo v prvých dvou a půl letech geochemický výzkum jezerních usazenin a vod, letecký průzkum (geomagnetiku, radiometrii a INPUT), gravimetrii a refrakční seismiku.

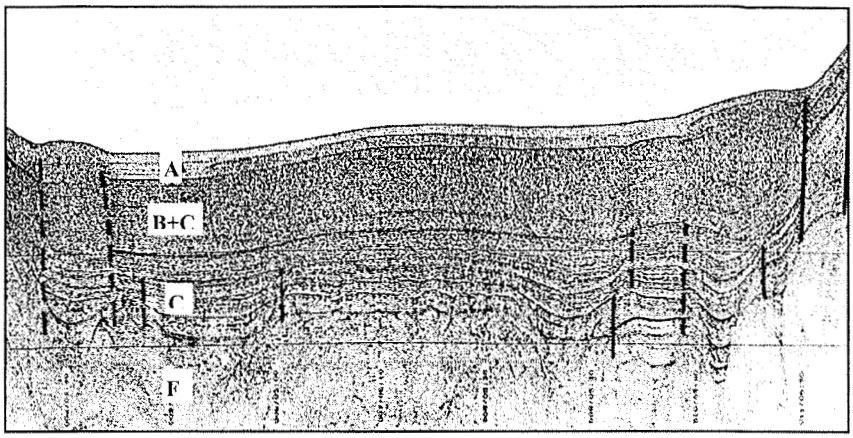
V roce 1979 v oblasti začala působit společnost Cogema Canada Ltd., která od roku 1980 převzala veškeré práce. S cílem rychlého ocenění území byl dokončen geochemický průzkum a a znovu ověřeny anomálie. Letecký průzkum byl doplněn geomagnetikou s vysokým rozlišením a reinterpretací předcházejících prací. Následné pozemní práce v anomálních úsecích zahrnovaly geologické mapování a výzkum glaciálních sedimentů a valounů. Rekognoskační pozemní geofyzikální práce zahrnovaly 36 elektromagnetických sond v jižní části území, které potvrdily vodivé zóny indikované letecky. V roce 1981 byly práce rozšířena do oblasti jezera Cigar Lake a potvrdily výraznou vodivou zónu a nepříliš výraznou uranovou geochemickou anomálii. V zimě 1980/1981 bylo vodivé zóny orientačně ověřovány vrty. Poslední třináctý vrt objevil ložisko Cigar Lake, pouhý rok a půl po po zahájení prací společností Cogema.

Detailní průzkum byl realizován povrchovými jádrovými vrty. Tím byla ověřena zrudněná zóna v délce 1800 m a šířce 25-105 m se zásobami odhadnutými na 150000 t U v hloubce 410-450 m na rozhraní pískovců a metasedimentů. V roce 1984.bylo na základě 72 vrtů vypočteny geostatistickou metodou geologické zásoby ve výši 110000 t U s průměrnou kovnatostí rudy 12 % a další zásoby s průměrným obsahem 4 % U ve výši 40000 t v západním pokračování ložiska. V současné době je ložisko Cigar Lake druhé největší na světě.



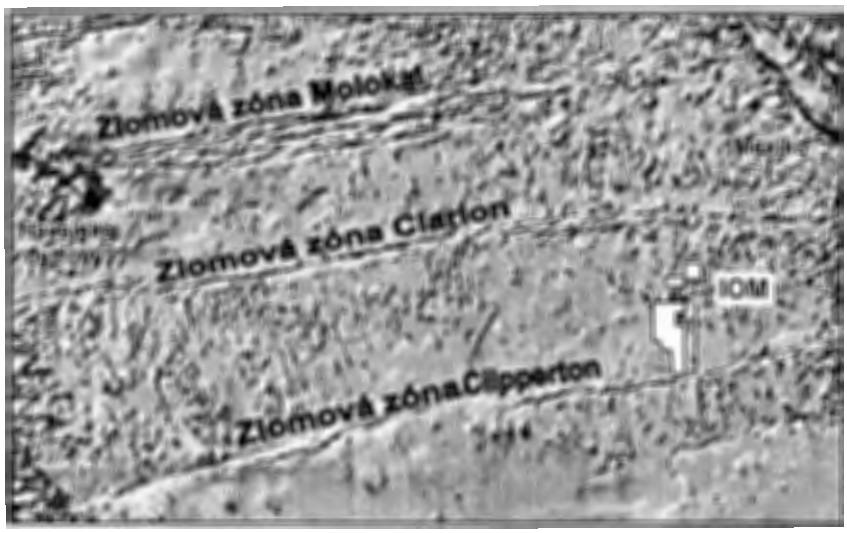
Vyhledávání a průzkum v mořských pánvích je už po několik desetiletí předmětem zájmu mnoha států. Metodika prací závisí v prvé řadě na pozici nerostné akumulace (příbřežní oblast, hlubokomořské pánve) a na jejím typu (akumulace na mořském dně nebo pod ním). Používané metody lze obecně dělit na nepřímé (geofyzikální a geochemické) a přímé (vizuální pozorování, vrtání a vzorkování). Velmi důležitou podmínkou všech prací je prostorová orientace zajišťovaná telemetrickými metodami pomocí satelitů.

Při vyhledávání nerostných surovin vázaných na mořské dno mají pro studium jeho struktury prvořadý význam geofyzikální metody a to zejména seismoakustické metody. Při regionálních pracích se používá reflexní metoda, pro rozlišení sedimentárního pokryvu seismoakustické profilování. V závislosti na použitých frekvencích lze zjistit velmi přesně stratifikaci sedimentů až do hloubek několika set metrů (obr.7.9).



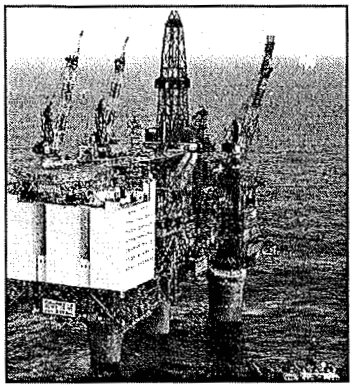
Obr,7.9 Část seismoakustického profilu mořského dna (Pařízek, 2001)

Široce využívanou prospekční metodou je boční skener, který poskytuje souhrnnou informaci pro geomorfologické a litologické analýzy. V poslední používaný době integrovaný multifrekvenční sonar poskytuje přesné batymetrické mapy jako podklady pro vymezování rudních polí a pro výpočet zásob. Magnetometrické metody v letecké a lodní variantě umožňují sledovat strukturně-tektonickou stavbu horninových komplexů mořského dna. Používají se také pro prospekci příbřežních ryžovisek s titanomagnetitem, při výzkumu středooceánských hřbetů atd. Gravimetrické, elektromagnetické a radiometrické metody se využívají při průzkumu šelfových oblastí např. pro lokalizaci masivních sulfidických rud, sledování podmořské vulkanické činnosti atd. Možnosti využití geochemických metod jsou omezené, až na běžně aplikovaný výzkum salinity, hustoty a teploty mořské vody v různých hloubkových úrovních (sonda CTD). Nejpoužívanější přímou metodou je vzorkování hornin a nerostů dna pomocí celé řady zařízení (jádrováky různého typu, drapáky, vlečná zařízení atd.) pro petrografické, mineralogické, chemické a inženýrsko-geologické studie.



Obr.7.10 Morfologie dna Pacifického oceánu s vyznačením polohy území společnosti Interoceanmetal (IOM)

Intenzívní průzkumné práce zaměřené na akumulace polymetalických konkrecí probíhají v oblasti omezené zlomovými pásmy Clarion a Clipperton mezi Mexikem a jižními Havajskými ostrovy (obr.7.10) v hloubkách 3800 až 4300 m, kde je na ploše 9 mil. km^2 oceněno cca 34 bilionů t konkrecí. V příbřežních zónách jsou zkoumána a využívána ryžoviska kasiteritu, diamantů, zlata, platiny, magnetitu a dalších těžkých nerostů, v oblastech šelfů akumulace fosforitů apod. Od konce 70. let minulého století se zkoumají výskyty polymetalických sulfidických rud, které vznikají podmořskou recentní hydrotermální činností („black smokers").



Obr.7.11 Těžební plošiny v Severním moři (vlevo, střed) a v Mexickém zálivu (vpravo)

Velmi rozsáhlý průzkum a těžba akumulací přírodních uhlovodíků pod mořským dnem probíhá v oblastech šelfů a mělkých vnitřních moří, kde je známo cca 600 ropo a plynonosných pánví. Nejvýznamnější oblasti byly objeveny v Mexickém zálivu, v Karibském moři, v Perském zálivu, Jávském moři a Severním moři. Podobně byla v posledních desetiletích nalezena řada solných ložisek (např. v Perském zálivu, v archipelagu Franklin v Kanadě či v Severním moři). Výchozím krokem je seismické profilování, následované trojrozměrnou a při opakovaných měřeních čtyřrozměrnou seismikou. Následný vrtný průzkum se realizuje vhodnými typy vrtných zařízení (kap.6) v závislosti na hloubce mořského dna. Stejně jako v případě průzkumu ložisek ropy a zemního plynu na souši jsou průzkumné vrty orientovány tak, aby v případě pozitivních výsledků sloužily těžebním účelům (obr.7.11).

Vyhledávání, průzkum a těžba akumulací nerostných surovin probíhá v současnosti s různou intenzitou často v extrémních podmínkách po celé Zemi, s výjimkou Antarktidy, kde je dobývání nerostných surovin zakázáno mezinárodní úmluvou (tab.7.3).

Tab.7.3 Příklady průzkumných a těžebních aktivit v extrémních podmínkách

ložisko	území, stát	ukazatel	poloha	surovina	aktivity
Longyearbyen - Barentsburg	Západní Špicberky	Zeměpisná poloha	78° s.š.	uhlí	těžba
Polaris mine	Little Cornwallis Island, SZ Teritoria, Kanada	Zeměpisná poloha	75° s.š.	Pb-Zn	těžba
Ohňová země	Argentina	Zeměpisná poloha	55° j.š.	ropa	těžba
Centrální Andy	Peru	Nadmořská výška	více než 5100 m	Ag	stará těžba
El Laco	Severní Chile	Nadmořská výška	5000 m	Fe	těžba
Clarion-Clipperton	mezi Havají a Mexikem	Pod hladinou moře	4300 m	rudní konkrece	průzkum
Savuka	Západní Rand, JAR	Hloubka dolu	3777 m	Au	těžba

8. PROGNÓZNÍ HODNOCENÍ ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍ.

Účelem prognózních studií je určit nejvhodnější cílové objekty a ocenit jejich vlastnosti (v ložiskovém průzkumu možné surovinové zdroje). Výběr cílových objektů, pokud nejsou přímo určeny zadáním, představuje základní úvodní fázi řešení průzkumných programů, která s rozvojem obecných prognostických postupů získala novou dimenzi.

8.1. PŘEHLED PROGNOSTICKÝCH METOD.

V současné době existuje celá řada metodik prognózování v ložiskovém průzkumu. Jsou založeny na různých principech z oblasti geologických, ekonomických a matematických věd (tab.8.1) a rozpracovány do rozdílné míry úplnosti a tedy použitelnosti. Některé metody mají uplatnění při globálních, jiné regionálních nebo lokálních úvahách. Využívají se ve všech etapách geologických prací, ale zejména v etapě vyhledávání. Výsledné vymezení cílových objektů a odhady surovinových zdrojů mají nejen rozdílný rozsah, ale i spolehlivost v závislosti na množství a charakteru vstupních informací.

Už před několika desetiletími byly použity některé jednoduché heuristické, statistické a ekonomické modely. Jako příklad lze uvést velmi úspěšnou prognózu uranových akumulací v souvrství Salt Wash formace Morrison v oblasti Colorado Plateau, která byla založena na ocenění závislostí mezi akumulacemi a geologickými veličinami pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace (Bates, 1959) nebo ocenění nadějnosti alžírské Sahary na základě analýzy statistických distribucí charakteristik francouzských ložisek (Allais, 1957).

Tab.8.1 Metodiky oceňování nerostného potenciálu

MODELY			OBLASTI POUŽITÍ
skupina	*typ, podtyp*		
ekonomické	analýza časových řad		G,R,L
	vztah tonáž - kvalita		G,R,L
	ocenění nerostné hustoty		R
	ekonometrické		L
geochemické	závislost na klarkovém obsahu		G,R
	termodynamické metody		G,R
	produktivita lokálních anomálií		L
geofyzikální	kvantitativní interpretace lokálních anomálií		L
strukturní	pravidelné systémy ruptur a mineralizace		R,L
metalogenetické	hodnocení geologických a metalogenetických podmínek a odhady surovinových zdrojů	plošné	G,R.L
		prostorové	R,L
subjektivní (heuristické)	prosté expertní hodnocení		G,R,L
	komplexní soubory pravidel		G,R,L
geologicko-statistické	analýza statistických distribucí		R,L
	korelace/regrese/asociace		R,L
	trendová analýza		R,L
	multivariační	mnohonásobná regrese	R,L
		rozpoznávání obrazů	L
		diskriminační analýza	R,L
		shluková analýza	L
		faktorová analýza	R,L

G - globální, R - regionální, L - lokální

Od šedesátých let byly rozpracovávány postupy, které vycházely z využití genetických a metalogenetických koncepcí různého typu. Různé varianty tohoto metalogeneticko-prognózního hodnocení, které byly navrženy a prakticky využity v bývalém Sovětském svazu (genetické pojetí), ve Francii (agenetické pojetí), v bývalém Československu (smíšené pojetí) apod., jsou založeny na mentální analýze vztahů mezi geologicko-metalogenetickými veličinami a ložiskovými koncentracemi. Přes nesporné přednosti je uvedený přístup zatížený nedostatky, které jsou důsledkem jednak nejasností v názorech na genezi ložisek, jednak použitým postupem analýzy (obtížnost zpracování velkého množství informací, problematičností analýzy vlivu jednotlivých geofaktorů a kvantifikace predikcí). S postupem času se začaly stále více rozvíjet postupy, které využívaly složitější statistické procedury. Posledním vývojovým stupněm jsou geologicko-statistické postupy, které pomocí často složitých multivariačních technik (např. Harrisův model ocenění surovinových zdrojů Aljašky), metod rozpoznávání obrazů, informačních metod, filtrace polí a mapové algebry atd. analyzují vztahy geologického prostředí a ložiskotvorných procesů. Aplikují výhody předchozích přístupů, tj. znalostí o geologickém a metalogenetickém vývoji na straně jedné a matematického aparátu umožňujícího hlubší analýzu a kvantifikaci závislostí a predikcí na straně druhé.

8.2. OBECNÝ PROGNOSTICKÝ MODEL.

Obecný prognostický model, jehož základní schéma je uvedeno na obr.8.1, můžeme formulovat velmi jednoduše. Jsou-li **X,Y,Z** prostorové souřadnice, **T** geologický čas a $G_1,G_2,...,G_m$ geologické faktory, které charakterizují geologicko-strukturní a metalogenetický vývoj zájmového území, pak lze vyjádřit logickou nebo matematickou (obvykle statistickou) závislost akumulací nerostných surovin na těchto faktorech vztahem

$$A = f(X,Y,Z,T;G_1,G_2,..,G_m)$$

a pravděpodobnost jejich výskytu vztahem

$$P(A) = F(X,Y,Z,T;G_1,G_2,...,G_m),$$

které jsou odvozeny na známém modelovém objektu (tj. objektu s geologickým vývojem a metalogenetickými charakteristikami analogickými s hodnoceným). Cílem je získat následující informace:

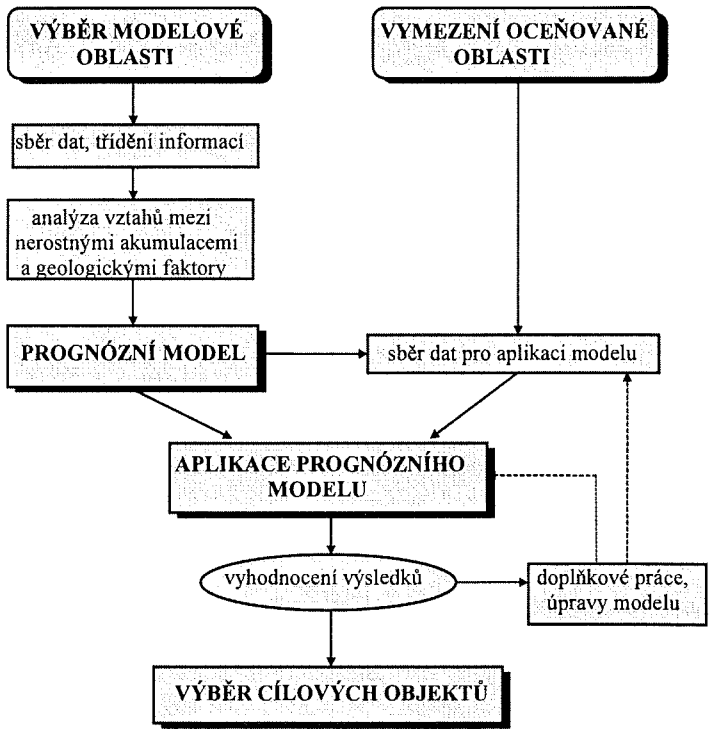
- kde lze očekávat akumulace nerostných surovin,
- jaká je celková hodnota očekávaných surovinových zdrojů,
- jakou velikost a typ ložisek můžeme očekávat,
- jaká je jistota požadovaných informací.

Celou proceduru můžeme z metodického hlediska rozdělit na tři základní fáze (Schejbal 1984, Bugaets-Hruška-Schejbal 1985):

1) analýza vztahů akumulací nerostných surovin s faktory, které podmiňují jejich vznik, přičemž cílem je stanovit zákonitosti jejich časové a prostorové distribuce v zájmové oblasti; zvláštní pozornost je třeba věnovat konstrukci prostorových geologicko-strukturních modelů hodnocených objektů;
2) prognózní ohodnocení oblasti s cílem vymezení nadějných objektů, resp. úseků s rozdílnou pravděpodobností možného výskytu nerostných akumulací na základě vhodného prognózního modelu, tj. modelu, který minimalizuje riziko chybné klasifikace;
3) ocenění praktického významu vyčleněných úseků, tj. odhad prognózních zdrojů ve vymezených objektech.

Musíme zdůraznit, že jedním z vůdčích principů prognostických modelů je princip analogie, neboť modely v zásadě vycházejí ze známých, dobře prozkoumaných (standardních

- kontrolních) objektů.Tento předpoklad nemusí být explicitně platný a proto je nezbytné začlenit do predikčních postupů určité mechanismy, které zpětně prověřují spolehlivost předpokladů, ze kterých se vycházelo při tvorbě modelu. Málo řešenou otázkou je volba prognózní metody. Je ale zřejmé, že výběr vhodné metody musí vycházet z charakteru vstupních informací (struktury, detailnosti a spolehlivosti) a požadavků na výstupní informace (podrobnosti a hodnověrnosti), které musí být z hlediska praktické realizace průzkumnými programy dostatečně verifikovány.

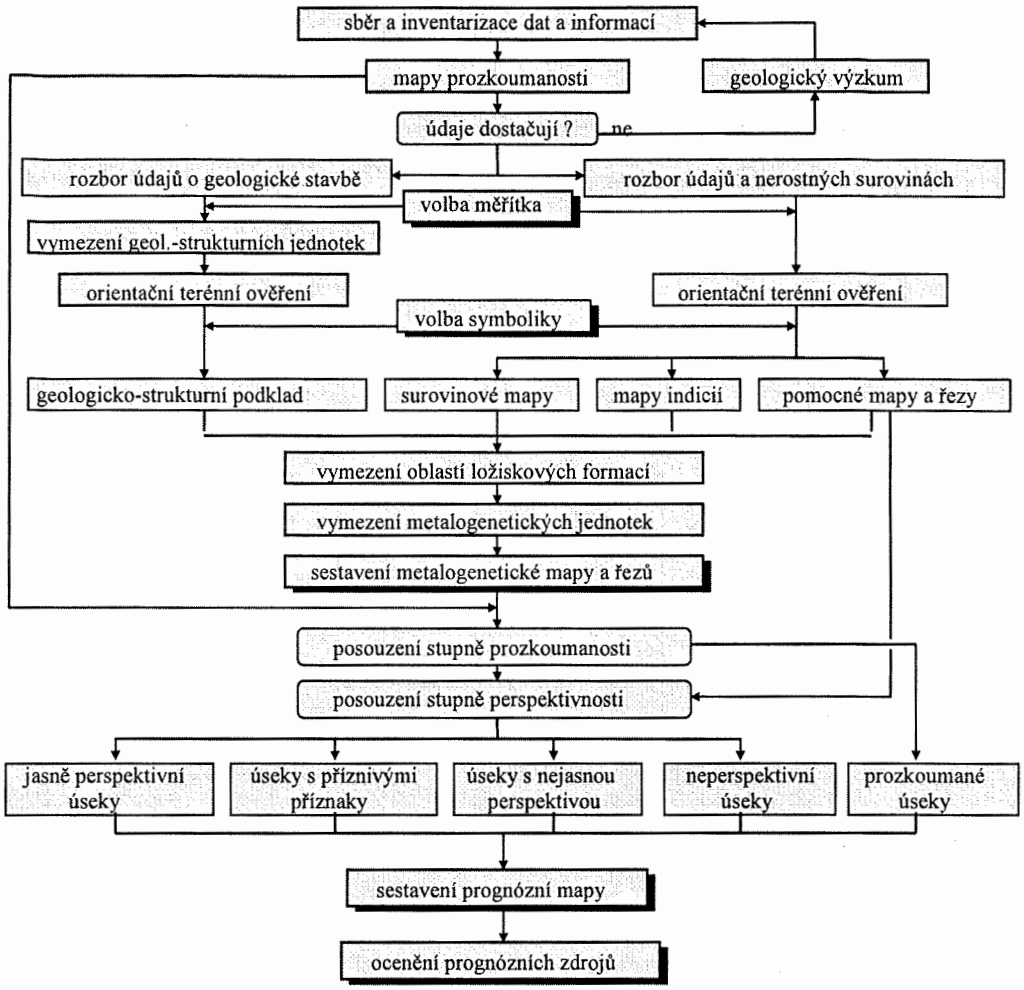


Obr.8.1. Schéma obecného prognózního modelu

8.3. PŘÍKLADY PROGNÓZNÍCH METOD.

8.3.1 METALOGENETICKO-PROGNÓZNÍHO HODNOCENÍ.

Základem metodiky je studium metalogeneze hodnoceného území. Výsledky analýzy se zpracovávají do různých typů metalogenetických, prognózních a pomocných map a řezů. Analýza probíhá v několika na sebe navazujících fázích (obr.8.2). V prvé fázi se shromažďují veškerá data a dostupné informace o geologické stavbě zájmového území, výskytech akumulací nerostných surovin a jejich indiciích. Výsledkem jsou katalogy informací a mapy prozkoumanosti, v nichž jsou zachyceny veškeré provedené výzkumné, vyhledávací a průzkumné práce podle druhu a stupně podrobnosti (měřítka). Důležitým krokem je stanovení měřítka sestavovaných map, které závisí na formulaci úkolu, stupni prozkoumanosti a rozměrech metalogenetických jednotek. Klíčovým problémem, který ovlivňuje celý následující postup a výsledné zpracování, je volba symboliky pro zachycení všech typů údajů a informací. Právě v otázce symboliky se projevuje značná nejednotnost vyplývající z rozdílných přístupů, které lze v zásadě rozdělit do tří skupin:



Obr.8.2 Schéma metalogeneticko-prognózního ocenění (Schejbal, 1972)

1. pojetí, které vychází z genetické klasifikace surovinových akumulací, na jejímž základě je stanovena symbolika a rajonizace metalogenetických jednotek (např. systém Orlové a Šatalova či kolektivu Tatarinova);
2. pojetí, zdůrazňující maximální objektivitu informací bez apriorního respektování genetické koncepce (francouzská a severoamerická škola); základem jsou hlediska morfologie, složení a významu surovinových akumulací;
3. řešení Subkomise pro metalogenetickou mapu Evropy nebo kolektivu ÚÚG, která představují určitý kompromis respektující nejasnostmi v nauce o genezi ložisek a rozdílnou úrovní znalostí geologických a metalogenetických charakteristik v zájmových územích.

V další fázi se zpracovává řada podkladových materiálů pro sestavení metalogenetické mapy (strukturně-tektonický podklad, registrační surovinové mapy, mapy indicií, mapy produktivnosti, mapy horninových a ložiskových formací apod.). Po sestavení metalogenetické mapy se zpracovává prognózní mapa, ve které jsou v zájmovém území vymezeny plochy s různým stupněm perspektivnosti doplněné návrhem pořadí jejich řešení a

metodiky prací. Nezbytnou součástí je ocenění prognózních zdrojů, které vycházejí z porovnání s produktivností geologicky a metalogeneticky analogických oblastí.

morfologie ložiska	**velikost ložiska**			
	indicie	malá	velká	sedimentární ložiska o velké rozloze
žilná				
stratiformní				
nepravidelná				ve skutečné velikosti

složení ložisek (příklady)								
surovina	Fe,Ti	U,V	Mo,Sn, W,Bi	Au	Ag,Hg, As,Sb	Pb,Zn	Al	pyrit
barva (Technicolor)	T4+5	T4	T7	T3	T8	T12	T20	T15+1

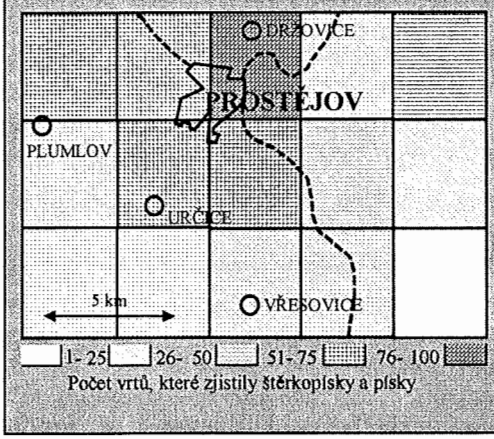
geneze ložisek					
povrchové alterace		hydrotermální		magmatická	
sedimentární		teletermální		metamorfní	
aluviální		mezotermální		metamorfovaná	
exhalačně-sedimentární		katatermální		nejasné geneze	
		pegmatitová			

Obr.8.3 Příklad symboliky Subkomise pro metalogenetickou mapu Evropy

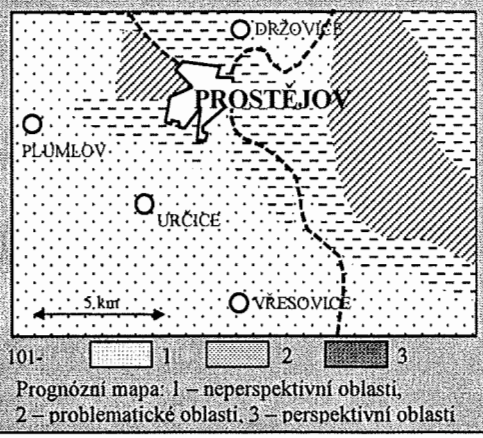
LOŽISKOVÁ ANALÝZA ZDROJŮ ŠTĚRKOPÍSKŮ

(Podle Hlavatého a Krejčíře 1976 a Kratochvíly 1990)

Prognózní hodnocení, které předchází vyhledávacímu průzkumu, vychází ze zhodnocení dostupné archivní geologické a technické dokumentace (geologických, geomorfologických, hydrogeologických a správních map, dokumentace vrtných kopných a těžebních prací atd.). V prvé fázi se posuzuje použitelnost a úplnost dokumentace. Všechny materiály se zpracovávají do map (viz příklad), kartodiagramů a schémat, včetně textových komentářů. Posuzují se geofaktory životního prostředí a registrují se střety zájmů. Velmi důležité je posouzení dopravní situace. Cílem je vymezit disponsibilní oblasti a určit optimální prostorovou distribuci zájmových úseků budoucí těžby. Výsledkem je mapa prognóz (viz příklad).



Počet vrtů, které zjistily štěrkopísky a písky



Prognózní mapa: 1 – neperspektivní oblasti, 2 – problematické oblasti, 3 – perspektivní oblasti

8.3.2. EXPERTNÍ METODY SUBJEKTIVNÍCH PRAVDĚPODOBNOSTÍ.

Induktivní expertní metody jsou založeny na úsudcích expertů (jednotlivců či skupin), vycházejících z logické analýzy možností existence ložiskových akumulací v zájmové oblasti. Mínění expertů představují jisté hypotézy o hodnocených objektech a jejich vlastnostech, které ze statistického hlediska vyjadřují apriorní subjektivní pravděpodobnosti. Použitelnost metod závisí na možnostech kvantifikace individuálních mínění do pravděpodobnostní míry. Podle řady studií to při pečlivém posouzení v kontextu realizovaného průzkumu možné je. Logicky lze expertní soudy podle Baechera (1975) vyjádřit Bayesovým teorémem

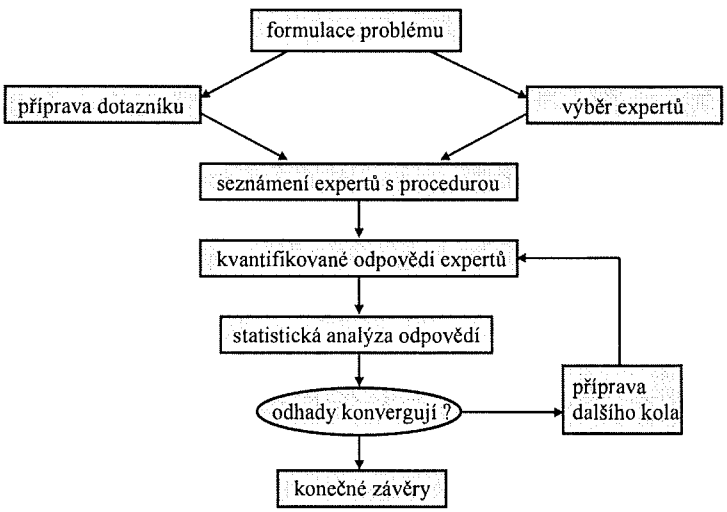
$$\mathbf{P'(A,D \mid G) = P^{\circ}(A,D)\, L(G \mid A,D)},$$

kde **A** popisuje velikost ložiskových akumulací, **D** jejich prostorové rozmístění, **G** pozorovaná data kde sledované parametry **A**, **D** jsou pravdivé, $\mathbf{P^{\circ}(A,D)}$ apriorní pravděpodobnost distribuce parametrů, $\mathbf{L(G \mid A,D)}$ věrohodnost pozorovaných dat s pravdivými parametry **A**, **D** a $\mathbf{P'(A,D \mid G)}$ aposteriorní pravděpodobnost distribuce parametrů. Spojování těchto individuálních pravděpodobností reprezentujících mínění expertů lze spojovat podle Bayesova vztahu

$$\mathbf{P'(A,D \mid E) = P^{\circ}(A,D) \times L(E \mid A,D)},$$

kde **E** je mínění experta. Za nejvíce rozšířenou můžeme považovat *delfskou metodu* (obr.8.4), která ve skutečnosti představuje proces diskuse a hledání konsensu směřujícího k „průměrným" odpovědím. Kolektivní názor skupiny expertů se vytváří v iteračním procesu obvykle o 3 až 6 kolech. Proces pokračuje potud, pokud anonymní odpovědi na předem připravené dotazy konvergují. Procedura hodnocení zpravidla vychází z předpokladu rovnoměrné distribuce odhadů. Problematickými kroky těchto metod je příprava dotazů a zejména výběr expertů.

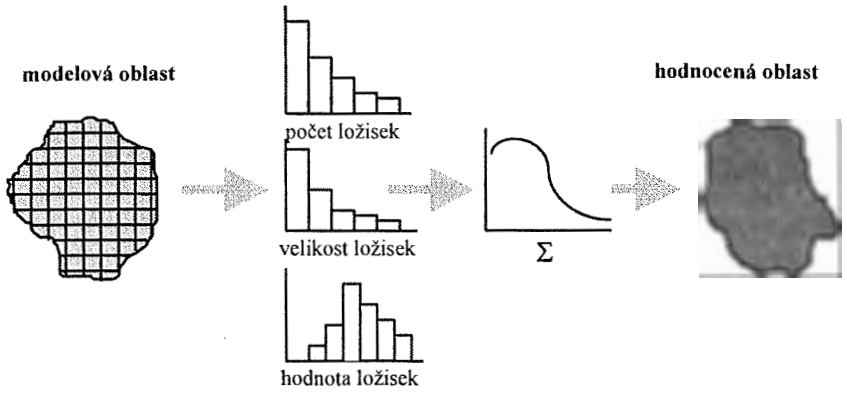
Tyto postupy jsou využívány v podmínkách nedostatečné prozkoumanosti, tj. vysoké neurčitosti, např. při predikcích možných zdrojů tekutých a plynných uhlovodíků (Kaufman 1975, Roy 1975 apod.).



Obr.8.4 Blokové schéma delfské metody

8.3.3. METODY ZALOŽENÉ NA ANALÝZE STATISTICKÝCH DISTRIBUCÍ.

Tyto metody vycházejí z analýzy statistických distribucí ložiskových charakteristik (počet ložisek, jejich velikost, kvalita, hodnota atd.) v hodnoceném území bez ohledu na jeho vývoj a geologickou stavbu. Poznatky o typu distribuce a tedy pravděpodobnosti výskytu se z modelové ložiskově a hornicky dobře známé oblasti přenášejí na oblast hodnocenou (obr.8.5).

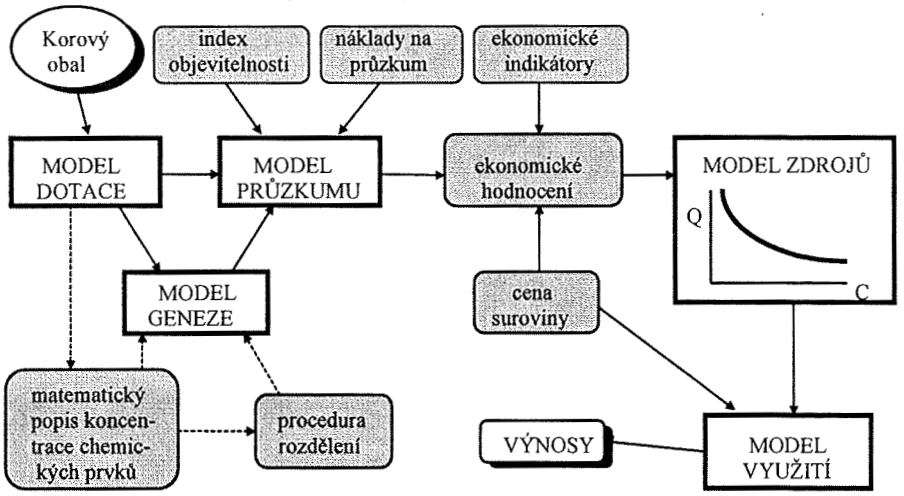


Obr.8.5 Schéma prostorového statistického hodnocení zájmových oblastí

Studie tohoto typu byly poměrně časté v šedesátých a sedmdesátých letech (Allais 1957, Nolan 1959, Slichter 1960, Uhler a Bradley 1970, Rozanov 1975, DeGeoffroy a Wu 1970 apod.). Nedostatkem tohoto postupu je skutečnost, že neposkytují predikci pro jednotlivé dílčí úseky, ale slouží pouze jako ukazatel nadějnosti průzkumu v celém hodnoceném území. Je však velmi užitečný v případech nízkého až velmi nízkého stupně geologických a metalogenetických poměrů hodnoceného území.

8.4. DYNAMICKÉ MODELOVÁNÍ A PREDIKCE SUROVINOVÝCH ZDROJŮ.

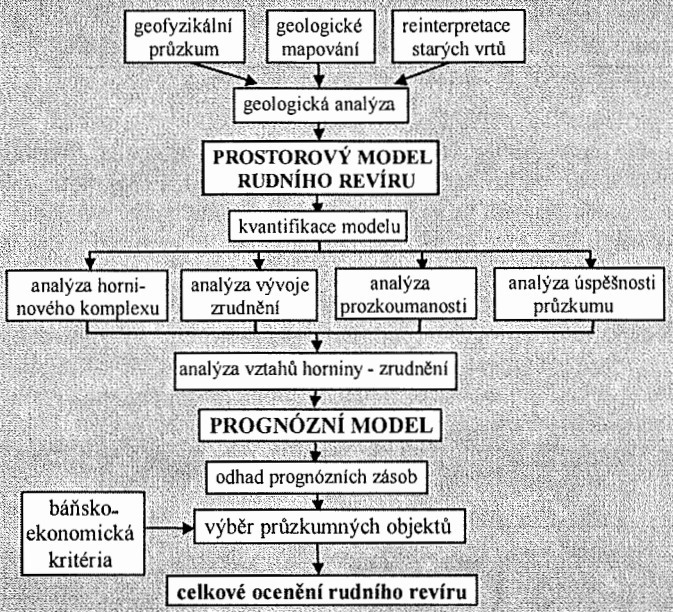
Charakteristickým rysem současného vývoje prognózních úvah je dynamické oceňování surovinových zdrojů. Prognózní model zahrnuje vedle ocenění nadějnosti zájmového území i ekonomická a časová hlediska. Dále jsou uvedeny některé příklady takovéhoto postupu. Harris a Chavez (1984) navrhli dynamického systému oceňování zdrojů uranu včetně uvážení jejich využití, který je uvedeno na obr.8.6



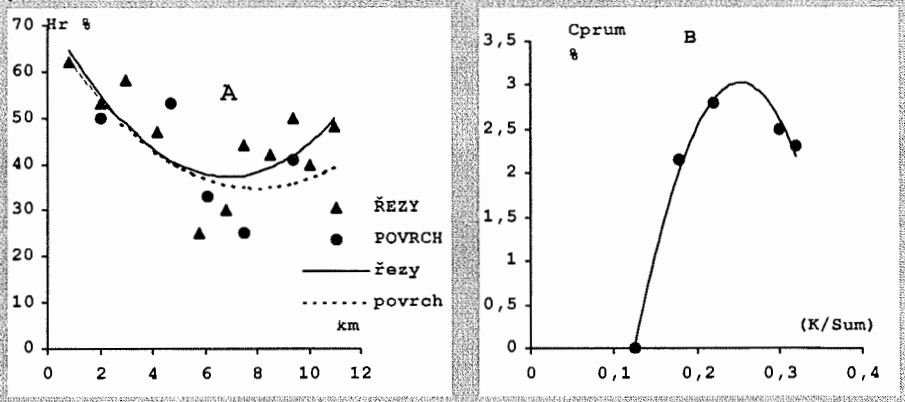
Obr.8.6 Obecná struktura modelu predikce zdrojů uranu (Harrise et al., 1984)

PROGNÓZNÍ OCENĚNÍ POLYMETALICKÉHO KYZOVÉHO REVÍRU.

Rudní revír Horní Město leží v jesenické rudní provincii, v pásmu regionálně metamorfovaných hornin vrbenského devonu SV-JZ směru. V šedesátých letech bylo ve střední části revíru těženo malé ložisko. Údaje o zásobách a těžbě z tohoto ložiska a poznatky o stavbě horninového komplexu z geologického mapování, geofyzikálního průzkumu a reinterpretace starého vrtného průzkumu byly podkladem pro ocenění prognózních zásob (Schejbal, 1983).



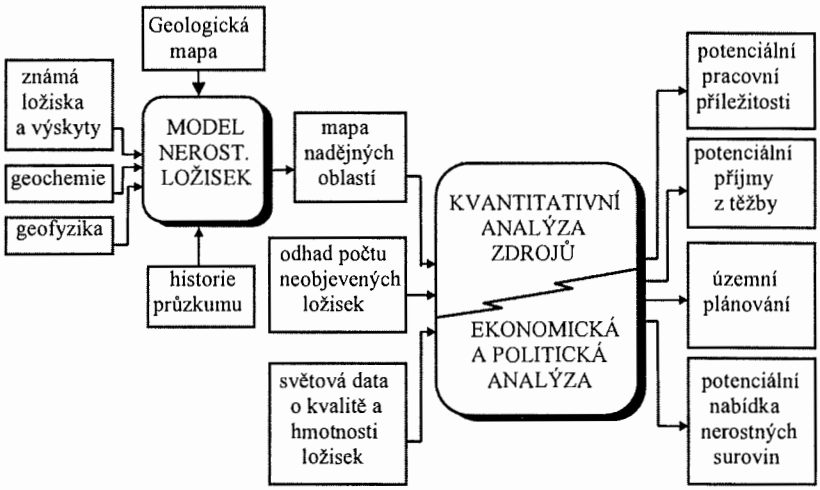
Procedura je založena na využití informační a regresní analýzy (viz blokový diagram). V prvé etapě byl nově interpretován geologický model, který ukázal, že celý revír se rozpadá do několika tektonicky omezených bloků, v nichž byla realizována analýza vývoje horninového komplexu, prostorové distribuce zrudnění a stupně prozkoumanosti. Uspořádání regionálně metamorfovaného vulkano-sedimentárního horninového komplexu vyjádřené pomocí informačních měr se snižuje od centrální části k periferii. Nejvýznamnější horizontální změny keratofyrového poměru v horninovém systému lze popsat operátorem logaritmického Gaussova typu, zatímco jeho vývoj ve vertikálním směru je lineární. Charakter horizontálních změn obsahu Pb-Zn, koeficientu rudonosnosti, stupně prozkoumanosti a poměru úspěšnosti průzkumu v blocích se mění podobně. Největší zrudnění lze očekávat při keratofyrovém poměru 1:3.85. Prognózní model vycházel z využití poznatků ze starého ložiska a zjištěných tendencí. Podle tohoto modelu byly v každém tektonickém bloku odhadnuty prognózní zásoby a navrženy nadějné průzkumné úseky.



Relativní entropie horninového komplexu (vlevo) a závislost obsahu Pb+Zn na zastoupení keratofyrů

Predikční model je založen na geochemickém modelu relativního zastoupení uranu v horninovém prostředí zemské kůry (model dotace), ze kterého je odvozen model tvorby ložiskových akumulací (genetický model), který je spolu s ekonomickými omezujícími podmínkami základem modelu průzkumu. Za pomoci hodnocení a odhadu vývoje ceny uranu a dalších ekonomických indikátorů je vytvářen dynamický model surovinových zdrojů a model jejich využití. V modelu je nezbytné uvážit časové závislosti mezi dílčími modely, které jsou podmíněny technologickými a ekonomickými faktory. Výběr cílových objektů úzce souvisí s analýzou reálných potřeb suroviny a vývoje ekonomického prostředí, což je předmětem optimalizačních úvah na makroekonomické úrovni.

Jedním z posledních komplexních systémů oceňování prognózních zdrojů je systém USGS, který popisuje Drew (1998). Metody oceňování, které vyvinula USGS (Harris - Rieber 1993), byly na základě doporučení z řady diskusí (Barton et al. 1995), upraveny a doplněny o časové hledisko (možnost ocenění ve více krátko až dlouhodobých časových horizontech) a o ekonomickospolečenská hlediska. Jádrem je predikční systém neuronového typu vedoucí k vymezení nadějných oblastí a blok kvantitativní analýzy surovinových zdrojů, který zahrnuje simulační program a program ekonomické analýzy a analýzy surovinové politiky. Geologická služba USA periodicky provádí ocenění zdrojů tekutých a plynných uhlovodíků jak v USA, tak v ostatních regionech světa. Jde o model založený na geologických představách o ropo a plynonosnosti oceňovaných sedimentárních pánví, doplněný hodnocením geologického rizika a pravděpodobnostních charakteristik prognózovaných zdrojů.



Obr.8.7 Schéma postupu oceňování surovinových zdrojů USGS (Drew 1998)

9. VZORKOVÁNÍ GEOLOGICKÝCH OBJEKTŮ.

Vzorek představuje obecně stanovení hodnoty sledované veličiny/veličin v jistém místě geoobjektu pro potřeby jeho hodnocení. Může být realizován různým způsobem podle povahy řešeného problému a vlastností geoobjektu. Vzorkování zkoumaných geoobjektů je standardní součástí průzkumných prací. V ložiskovém průzkumu je základním cílem zjištění údajů o kvalitě nerostné suroviny, tj. obsahu užitkových a škodlivých složek, mineralogickém a petrografickém složení, technologických a fyzikálně-mechanických charakteristikách atd. Na základě výsledků vzorkování se určují parametry výpočtu zásob, v případě neostrých hranic stanovována morfologie těles, vyčleňovány technologické typy suroviny apod.

9.1. TYPY VZORKOVÁNÍ.

Vzorkování lze v zásadě rozdělit do dvou tříd a to na vzorkování hmotné a vzorkování nehmotné. Přehled metod vzorkování v závislosti na etapě prací uvádí tab.9.1

Tab.9.1 Metody vzorkování, druhy vzorků a účel vzorkování

ETAPA	METODY	VZORKY	VÁHA VZORKU	ÚČEL VZORKOVÁNÍ
vyhledávání	vzorkování odkryvů	kusové	< kg	petrograf.-mineralog.
	vzorkování rýh a šachtic	kusové a zásekové	n kg (n = 0.2-10)	ověření výskytu nerostné suroviny
	vzorkování vrtů	jádro, vrtná drť	n kg	
	geochemické práce	vzorky hornin, půd, vod, rostlinstva		zjištění geochemických anomálií
	geofyzikální práce	měření fyzikálních vlastností	-	zjištění anomálií fyzikálních polí
průzkum	vzorkování vrtů	jádro, vrtná drť/kal	n kg	1) stanovení hodnot ložiskových veličin 2) definování typů rudy 3) odhad zásob
	vzorkování důlních prací	bodové vzorky, záseky, vývrty	10 - 100 kg	
	nepřímé vzorkování	rtg.fluorescenční		
		magnetometrické		
		radiometrické		
		radionuklidové		
		UV-fluorescenční		
těžební průzkum a těžba	vzorkování důlních děl	záseky, vývrty	5-50 kg	omezení těžebních bloků a technologických typů rud
	vzorkování důlních průzkumných vrtů	jádro, vrtná moučka	n kg	
	vzorkování těžebních vrtů	vrtná moučka	n kg	těžba bloků a kontrola těžby
	velkoobjemové vzorky	rudnina	sta až tisíce kg	kontrola těžby a úpravy

Vzorky lze rozlišit podle způsobu odběru (kusové, bodové zásekové, zásekové, odstřelové, vrtné atd.), podle místa odběru (vzorky z vrtů, důlních děl, hald apod.) či podle účelu (chemické, mineralogické, technologické a j.).

9.1.1. VZORKOVÁNÍ HMOTNÉ.

Je založeno na odběru hmotných vzorků hornin, ložiskové výplně, půd, vod a rostlinstva. Řadí se sem vzorky z přirozených a umělých odkryvů, vrtné vzorky, vzorky z báňských prací, vzorky z přirozených a umělých zdrojů vod atd.

Vzorkování odkryvů

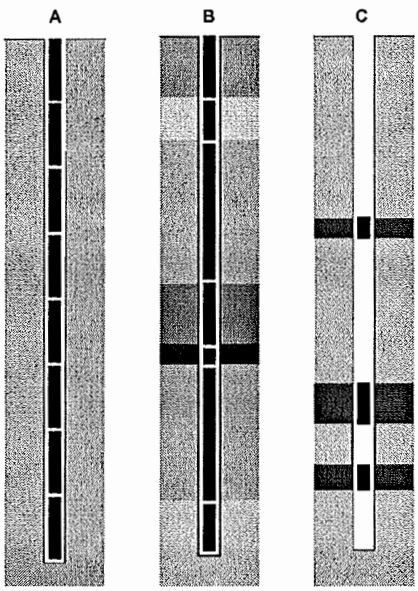
Na odkryvech se odebírají převážně kusové vzorky rozmístěné tak, aby postihly petrografické typy a jejich přeměny a specifické mineralogické charakteristiky. Tyto vzorky se nepoužívají pro potřeby výpočtu zásob. V případě, že jde o výchoz ložiskového tělesa, odebírají se rovněž zásekové vzorky.

Vzorkování průzkumných rýh a šachtic

Základním typem vzorků kusové vzorky a záseky (viz dále). V ojedinělých případech se používají velkoobjemové vzorky pro určení technologických vlastností nerostné suroviny.

Vzorkování vrtů

Průzkumné vrty se obvykle vrtají jako *vrty jádrové*. Vzorkuje se souvisle v pravidelných segmentech, souvisle v nepravidelných segmentech (např. podle horninových typů nebo podle technologických typů nerostné suroviny) nebo výběrově v určitých intervalech podle vývoje ložiskonosného komplexu (obr.9.1).



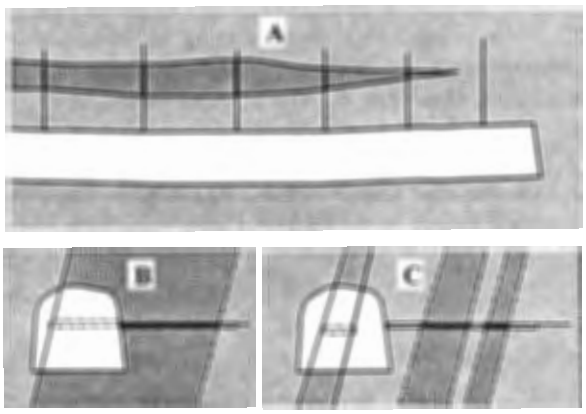
Obr.9.1 Vzorkování průzkumných vrtů.

A - souvislé pravidelné,
B - souvislé nepravidelné,
C - výběrové

Velmi důležitou podmínkou spolehlivosti jádrových vzorků je dostatečný výnos jádra (zpravidla 80 - 90 %). Požadavky na výnos jádra z ložiskových těles a horninového komplexu musí být definovány v rámci projektování průzkumného programu, aby projektant vrtných prací mohl volit vhodnou technologii vrtání a jádrování a zajistit tak reprezentativní vzorky. V současné době převažuje diamantové vrtání, které zabezpečuje vyhovující výnos jádra. V případě nedostatečného výnosu jádra se jako náhradní používá *boční vzorek*. U jiných vrtných technologií je základním typem vzorku tzv. *výplachový vzorek - vrtná drť a kal* (rotarové vrtání, vrtání s nepřímým proplachem a hydrotransportem jádra, náběrové vrtání apod.) nebo případně *vrtná moučka* (plnoprofilové vrtání se vzdušným proplachem). Reprezentativnost těchto typů vzorků je mnohem nižší, neboť dochází k selektivnímu rozdružování a míšení materiálu z různých objektů (ložiskových těles a okolních hornin).

V rámci těžebního důlního průzkumu se vedle maloprofilových jádrových vrtů často používá *vzorkování krátkými vrty*, ze kterých se odebírá vrtná moučka nebo kal (obr.9.2).

Takový systém vzorkování se uplatňuje při průzkumu ložiskových těles s nevhodnými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi rudniny (obr.9.2-A), při průzkumu těles, jejichž mocnost přesahuje rozměr důlní chodby (obr.9:2-B) a při v případě těles složité stavby (obr.9:2-C).



Obr.9.2

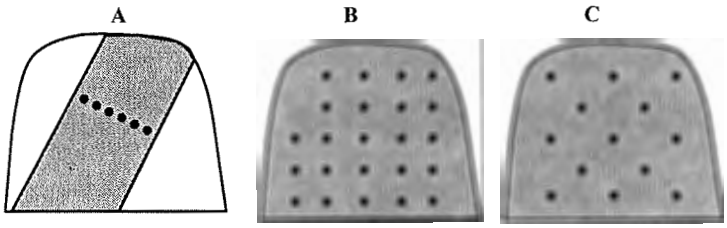
Vzorkování krátkými vrty v rámci těžebního průzkumu

A - vzorkování rudního tělesa ze směrné chodby,
B - vzorkování na plnou mocnost tělesa,
C - vzorkování složitého rudního tělesa

Vzorkování báňských prací

Ke vzorkování důlních děl se používají vzorky různého typu a to bodové, zásekové, plošné a velkoobjemové. Vedle toho se při těžbě ložiska používají vzorky vozové, skipové, zásobníkové apod. Využití vzorků určitého typu závisí na vlastnostech mineralizovaného pole (především jeho variabilitě).

Bodové (otlukové) vzorky se skládají z kousků ložiskové výplně stejné velikosti odebrané v pravidelné síti vhodného tvaru z plochy důlního díla - čelby, boku či stropu tak, aby charakterizovaly vývoj tělesa v daném místě (obr.9.3). V případě nerostných surovin s rovnoměrným prostorovým rozložením užitkových složek se doporučuje odebrat vzorek složený z cca 15 kousků, u nerovnoměrného rozložení cca 25 kousků a v případě velmi nerovnoměrného rozložení až 100 kousků. Je samozřejmé, že souhrnný vzorek musí splňovat podmínku požadované hmotnosti. Jde o velmi rychlou metodu odběru vzorku, jejíž použití je třeba zdůvodnit porovnáním s přesnějšími metodami. Podle studií provedených v průzkumných organizacích bývalého Československa jde způsob plně srovnatelný se zásekovým vzorkováním.



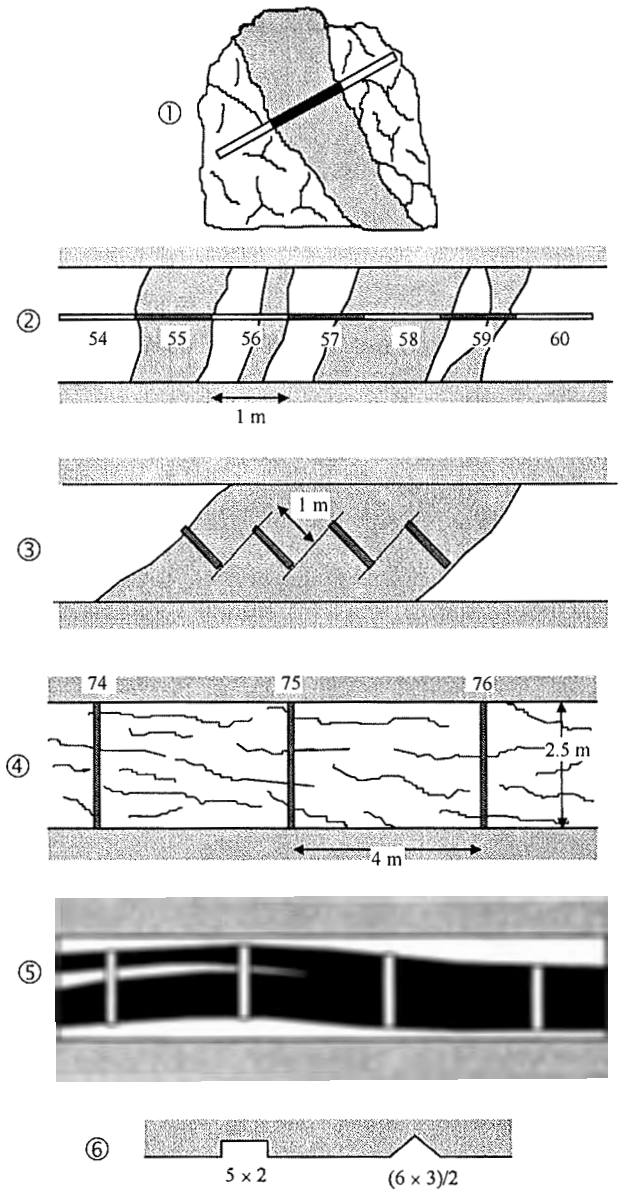
Obr.9.3 Typy bodového vzorkování. A - tzv. bodový zásek, B,C - plošný čelbový vzorek

Zásekové vzorkování

je pro svou univerzálnost a spolehlivost nejrozšířenějším způsobem vzorkování důlních děl jak v ložiskovém průzkumu, tak při těžbě. Vzorky se rozmisťují podle možností daných způsobem rozfárání ložiska tak, aby co nejlépe postihly vlastnosti ložiskového tělesa.

Příčný průřez záseku, který se volí obdélníkový nebo trojúhelníkový (obr.9.4.6), musí být v rámci průzkumného programu konstantní a musí zajistit požadovanou hmotnost základního vzorku. Obvykle se pohybuje kolem 10 - 15 cm^2.

V průzkumných rýhách se zásek odebírá z boku nebo ze dna rýhy. Čelbové záseky (obr.9.4.1) se v závislosti na úklonu tělesa odebírají ve směru pravé, horizontální nebo vertikální mocnosti. V případě malé mocnosti se v čelbě odebírají dva až tři záseky pro zajištění dostatečné hmotnosti vzorku. Nejsou-li v případě mocných těles známy směry anizotropie mineralizovaného pole, volí se křížový zásek. Stěnové dělené (segmentové) záseky se používají v případě průzkumu mocných těles. Mohou být uspořádány horizontálně (obr.9.4.2) nebo ve směru pravé mocnosti (obr.9.4.3). V mocných a v ploše uložených tělesech se záseky odebírají vertikálně buď v celém profilu důlní chodby (obr.9.4.4) nebo v rozsahu mocnosti tělesa (obr.9.4.5). V případě strmě uložených ložiskových těles se používají stropní záseky.



Obr.9.4
Zásekové vzorkování:
1 - čelby,
2,3- mocného strmě uloženého rudního tělesa se složitou strukturou
4 - ploše uloženého rudního tělesa s homogenní strukturou
5 - zásekové vzorkování uhelné sloje
6 - příklad šířky a hloubky záseku v cm

Málo využívané je s ohledem na pracnost *plošné vzorkování*, při kterém se z celé plochy čelbou otevřeného tělesa odebírá vzorek o tloušťce 3-5 cm. Tento způsob vzorkování má své oprávnění pouze v případě velmi variabilního zrudnění.

Velkoobjemové vzorkování se používá jednak pro účely technologického výzkumu upravitelnosti a zpracovatelnosti nerostné suroviny, jednak v případě velmi variabilních typů nerostných surovin (např. drahých kovů, drahých kamenů, optických materiálů, slíd atd.). Někdy ani takovýto způsob vzorkování nedává dostatečně spolehlivý obraz o obsahu a distribuci užitkových složek ve zkoumaném ložiskovém tělese. V takovém případě se používá *vzorkování pokusnou těžbou.*

9.1.2. VZORKOVÁNÍ NEHMOTNÉ.

Nejstarším typem nehmotného vzorkování je *vizuální posuzování* kvality zrudnění v důlních dílech. Zkušení odborníci jsou schopni odhadnout kvalitativní třídy rudniny s dostatečnou přesností pro řízení přípravy a dobývání ložiska.

S rozvojem analytických metod, které vycházejí z měření fyzikálních charakteristik rudniny in situ, se do praxe zavedly některé metody nepřímého vzorkování. Nejrozšířenější je *radiometrické vzorkování,* které představuje základní metodu vzorkování na uranových dolech. Při dodržení závazných předpokladů (ocejchování přístroje, znalost koeficientu radioaktivní rovnováhy ...) poskytuje velmi spolehlivé údaje. Stále více je využívaná gamaspektrometrie pro stanovení obsahu K, U a Th. Dále se využívají různé *varianty radionuklidových metod* pro stanovení specifických vlastností přírodních materiálů a obsahu odpovídajících prvků (tab.9.2). Časté je *UV-fluorescenční vzorkování*, které se používá pro identifikaci scheelitu, sekundárních uranových nerostů, fluoritu či litných nerostů. Např. na wolframovém ložisku Mittersill v Rakousku se takto rozlišují třídy scheelitové rudniny s obsahem pod 0.1 %, 0.1-0.3 %, 0.3-0.6 %, 0.6-1.5 % a nad 1.5 % WO_3. Na železorudných ložiskách se používá *magnetometrické vzorkování* založené na měření magnetické susceptibility rudniny.

Tab.9.2 Využití radionuklidových metod pro terénní měření (Böhmer - Kužvart, 1998)

prvek	metoda	dosah (cm)	mez detekce (%)	prvek	metoda	dosah (cm)	mez detekce (%)
Al	NAA	20 - 30	0.3 - 0.8	V	XRF	1	0.2
Fe	NAA	20 -30	0.1 - 0.3	Zn	XRF	1	0.1
	GG-S	3	0.4 - 0.5	Co	XRF	1	0.2
	XRF	1	0.2	Mo	XRF	1	0.01 - 0.05
Mn	NAA	20 - 30	0.1 - 0.2	Sn	GG-S	3	0.4 - 0.5
	GG-S	3	0.4 - 0.5		XRF	1	0.05
	XRF	1	0.2	Be	GN	20 - 30	0.005
Ba	GG-S	3	0.4 - 0.5	Pb	GG-S	3	0.2 - 0.3
	XRF	1	0.05		XRF	1	0.1
F	NAA	20 - 30	0.05 - 0.1	Sb	GG-S	3	0.3 - 0.5
Cr	XRF	1	0.2		XRF	1	0.05
Cu	NAA	20 - 30	0.1	Ag	XRF	1	0.05
	XRF	1	0.05 - 0.1	W	XRF	1	0.1
Ni	NAA	20 - 30	0.1	B	NN	20 - 30	0.003 - 0.006
	XRF	1	0.2				

Vysvětlivky: GG-S ... selektivní gama-gama metoda, NAA ... neutronová aktivační analýza, NN ... neutron-neutron metoda, GN ... gama-neutron metoda, XRF... rentgen-fluorescenční metoda

9.1.3. MINERALOGICKÉ STANOVENÍ KVALITY NEROSTNÉ SUROVINY.

Jsou-li v rámci geologické dokumentace průzkumných prací zaznamenávány paragenetické typy nerostné suroviny v ložisku a jejich vzájemné podíl (mineralogické mapování), lze při znalosti odpovídajících technologických typů suroviny odhadnout zastoupení užitkového nerostu nebo prvku jako vážený průměr

$$\bar{c} = \sum_i c_i \times p_i / \sum_i p_i ,$$

kde c_i je průměrná kvalita technologických typů a p_i plochy nebo mocnosti vymezených typů z geologické dokumentace. K podobnému orientačnímu ocenění lze využít výsledků planimetrických analýz mineralogických vzorků, nebo výsledků kvantitativních analýz výplavů těžkých minerálů, ať už přirozených (např. při hodnocení ryžovisek) nebo umělých při hodnocení pevných nerostných surovin.

9.2. HUSTOTA VZORKOVÁNÍ.

Systém vzorkování je v prvé řadě určen použitým průzkumným systémem. Dále je ale nutno stanovit hustotu odběru vzorků v průzkumných dílech (vrtech, důlních pracích). Podle názorů Matherona, Carliera a dalších je při tom vhodné vycházet z poměru měrných nákladů na vzorek a nákladů na průzkumné dílo, s uvážením variability mineralizovaného pole. Význam má také cena suroviny (např. na žilných ložiskách zlata je hustota vzorkování mnohem vyšší, než na ložiskách barevných kovů).

Základním úkolem vzorkování je v konečné podobě ocenění parametrů výpočtu zásob nerostné suroviny v ložiskovém objektů. Určujícím faktorem tedy bude variabilita zrudnění. Na velkých pravidelných ložiskách s rovnoměrným rozmístěním zrudnění se pohybuje vzdálenost vzorků kolem 20 - 50 m, na malých nepravidelných ložiskách kolem 2 - 5 m a na velmi nepravidelných ložiskách s nerovnoměrným rozložením zrudnění kolem 1 - 2 m. Böhmer a Kužvart (1993) doporučují vzdálenost vzorků v případě velmi rovnoměrného zrudnění 50 - 5 m, rovnoměrného zrudnění 15 - 4 m, nerovnoměrného zrudnění 4 - 2.5 m, velmi nerovnoměrného zrudnění 2.5 - 1.5 m a mimořádně nerovnoměrného zrudnění 1.5 - 1 m. Ze statistického hlediska lze vzdálenost vzorků **d** pro ovzorkování důlních děl o délce **L** určit podle vzorce

$$d = L \times \left(\frac{p}{t \times V} \right)^2 ,$$

kde **p** je přípustná chyba vzorkování, **V** koeficient variability a **t** koeficient pravděpodobnosti. Soukup (1988) navrhl postup založený na dosahu **a** a hodnotě prahu **c** semivariogramu

$$d = 3.33 - 0.73 \times \ln\left(\frac{100 \times c}{a \times \bar{u}} \right),$$

kde $\bar{u}$ je průměrná hodnota sledované veličiny **U**. Podle uvedeného vzorce se interval vzorkování pohybuje u ložisek zlata do 1 m, u ložisek cínu v rozmezí 3 - 4 m a u ložisek barevných kovů mezi 1 - 4 m v závislosti na parametrech semivariogramu odvozeného ze vzorkování důlních děl.

9.3. HMOTNOST ZÁKLADNÍHO VZORKU.

Stanovení hmotnosti základního vzorku není triviální, neboť je ovlivňováno celou řadou naturálních i technických faktorů. Této problematice se věnovala řada autorů po mnoho desetiletí. Můžeme konstatovat, že hmotnost vzorku **G** bude záviset na hmotnosti ověřovaného ložiskového tělesa G_V, variabilitě určujícího ložiskového atributu vyjádřené obvykle rozptylem σ^2 a na kvantitativních znacích nerostné suroviny **R**, tj.

$$G = f\left(G_V, \sigma^2, R\right).$$

Velmi často se uvádí Richards-Čečotův vzorec

$$G = k \times d^2 ,$$

kde **d** je maximální velikost částic v rudě a **k** koeficient charakterizující stupeň stejnorodosti rudy. Jeho hodnota kolísá v širokém rozmezí od 0.1 do 20 (tab.9.) a má dosti subjektivní povahu. Demond a Halferdal navrhli podobný vzorec

$$G = k \times d^a,$$

kde exponent **a** odpovídá variabilitě suroviny a dosahuje hodnoty 1.8 u rovnoměrné, 2.0 u nerovnoměrné a 2.25 u velmi nerovnoměrné rudy. Závažným nedostatkem uvedených postupů je, že neberou v úvahu faktor přesnosti vzorkování v závislosti na velikosti vzorku.

Tab.9.3 Příklady koeficientu stejnorodosti rudy

charakteristika rudy	koeficient k
magnetitová ruda, rovnoměrné zrudnění, obsah 55 % Fe	0.05 - 0.03
magnetitová ruda s obsahem S a P, hrubě vtroušená, obsah 55 % Fe, 0.7 % S, 0.05 % P	2.0 - 2.5
měděná ruda, rovnoměrné chalkopyritové zrudnění, obsah 3 % Cu	0.13 - 0.1
bohatá polymetalická ruda, obsah 11.5 % Pb, 15 % Zn, 1.4 % Cu, 0.02 % Ag	0.4 - 0.6
bohatá polymetalická ruda s proustitem	3.5 - 5
molybdenová ruda, rovnoměrné zrudnění, obsah 0.5 0 Mo	1.5

Na základě uvedeného vzorce Krejter doporučil dostačující hmotnosti vzorků pro jednotlivé skupiny ložisek a různou zrnitost rudy (tab.9.4).

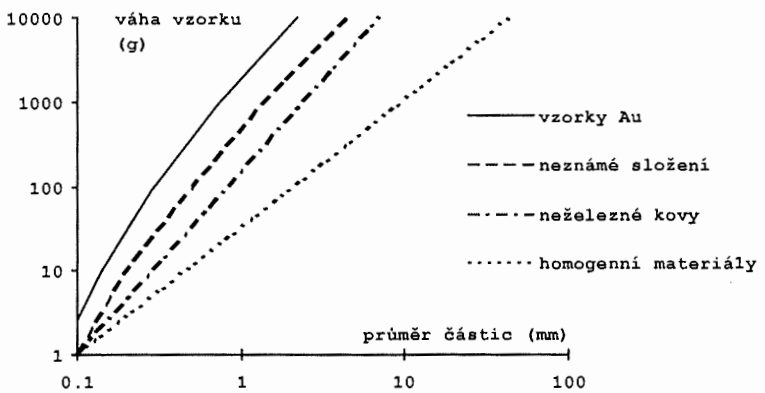
Tab.9.4 Doporučená hmotnost základního vzorku podle Krejtera.

charakteristika proměnlivosti ložiska	koeficient k	hmotnost základního vzorku v kg při maximální velikosti zrna v mm				
		20	10	5.0	2.5	1.0
rovnoměrné	0.02	8	2	0.5	0.12	0.02
nerovnoměrné	0.1	40	10	2.5	0.6	0.1
velmi nerovnoměrné	0.2-0.5	80-200	20-50	5-12	1.2-3.0	0.2-0.5
mimořádně nerovnoměrné	0.5-1.0	200-400	50-100	12-25	3-6	0.5-1

Velmi podrobně propracoval teorii vzorkování s ohledem na stanovení hmotnosti základního vzorku na základě charakteristik vzorkovaného materiálu Pierre Gy (1979). Váha základního vzorku je dána výrazem

$$G = C \times d^3/\sigma^2,$$

kde **d** je průměr největších částic v rudě v cm (definovaný jako průměr oka síta, kterým propadne 95 % materiálu), σ^2 variabilita rozptylu a **C** parametr charakterizující vlastnosti rudy.



Obr.9.5 Graf stanovení váhy základního vzorku podle Comlabs (Wellmer 1998)

Na základě uvedeného postupu publikovala Comlabs v Australii graf pro určení váhy základního vzorku jako funkce velikosti částic (in Wellmer 1998 - obr.9.5).

9.4. KONTROLA VZORKOVÁNÍ.

V rámci kontroly vzorkování je třeba jednak ověřit *opodstatněnost zvoleného způsobu vzorkování* (zejména porovnáním se vzorkováním vyšší přesnosti a spolehlivosti), jednak kontrolovat *proces odběru, transportu a uchovávání vzorků,* neboť vzniklé nedostatky prakticky nelze eliminovat žádnými postupy zpracování a hodnocení vzorků. *Kontrola procesu úpravy vzorků* pro analytické zpracování se provádí analýzou odpadu z homogenizace a kvartování. Zejména je třeba soustředit pozornost na možnou kontaminaci vzorků ve všech fázích úpravy (drcení, mletí, sítování, zmenšování hmotnosti). Nejvíce je propracována *kontrola analytického zpracování vzorků* standardizovaným systémem vnitřních, vnějších a arbitrážních kontrol. K tomu se využívají kontrolní a etalonové vzorky, které mají být voleny tak, aby postihly všechny kvalitativní i kvantitativní třídy nerostné suroviny. Na vnitřní kontrolu se dává asi 5 % vzorků a na vnější asi 3 - 5 %, přičemž minimální použitý počet kontrolních analýz musí umožnit přijatelný statistický rozbor. Vedle toho existují normami stanovené požadavky na shodnost analytického stanovení paralelních vzorků, které musí každá laboratoř plně respektovat. Význam kontrol vyplývá i ze skutečnosti, že instrumentální analytické metody jsou zatíženy nepřesnostmi danými časovými faktory.

V procesu vzorkování se mohou vyskytovat hrubé, náhodné a systematické chyby. *Hrubé chyby*, které v praxi vznikají omyly pracovníků (chybné záznamy, přepisy apod.), lze odhalit stanovením vhodných logických omezení (např. rozmezí možných obsahů sledovaných užitkových a škodlivých prvků, možné mocnosti tělesa apod.) a eliminovat možnost jejich vzniku soustavnou kontrolou. *Náhodné chyby* vznikají vždy a nelze jím prakticky zabránit, neboť jsou důsledkem náhodných změn podmínek celého procesu. Za podmínky dodržení požadavků norem na shodnost paralelních stanovení se tyto chyby oceňují pomocí vyhodnocení statistického rozptylu. *Systematické chyby* se prověřují porovnáním výsledků základních x_Z a kontrolních x_K stanovení vhodnými statistickými testy. Z věcného hlediska úplněji lze posoudit existenci systematické chyby pomocí regresní analýzy. Teoreticky musí platit, že $x_K = x_Z$.. V případě statistického zjištění existence systematické chyby a jejím případném potvrzení další nezávislou laboratoří či zkušebnou vzniká otázka praktického využití pozorování chybou zatížených. Řešení spočívá ve využití přepočtené regresní závislosti

$$x_Z = a_0 + a_1 \times x_K,$$

která představuje potřebný opravný koeficient.

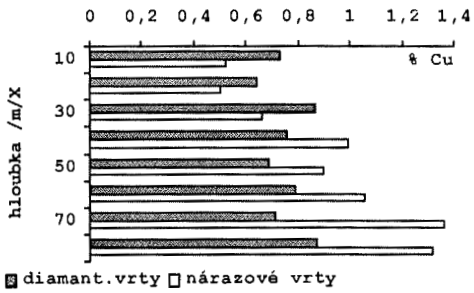
Hodnoty, které jsou z výše uvedených důvodů označeny za podezřelé, je nutno pečlivě prověřit a rozhodnout, jde skutečně o hrubou chybu nebo o skutečně reálnou extrémní hodnotu. Pokud půjde o významný údaj, bude v krajním případě nezbytné provést opakované měření či odběr vzorku a jeho analytické zpracování.

Využití reálně existujících extrémních hodnot je komplikovanější problém, zejména v případě běžných statistických postupů hodnocení, které je základem tradičních metod výpočtu zásob. Obecně přijatý způsob řešení neexistuje. V podstatě existují dva odlišné přístupy. Prvý z nich, typický pro moderní metody výpočtu zásob, považuje extrémní hodnoty za hodnoty ložisku vlastní, avšak málo časté, s velmi malou zónou vlivu. Tento postup lze považovat za univerzálně použitelný, neboť respektuje přírodní poměry. Druhý přístup má empirický

charakter a spočívá v záměně extrémních hodnot jinou hodnotou, odvozenou podle zvoleného pravidla od ostatních pozorování (např. průměrem ostatních pozorování, průměrem dvou nebo tří nejbližších pozorování, nejblíže nižší hodnotou ve variační řadě apod.).

APÉRA BRÉ-X

Příklad analýzy vlivu způsobu vzorkování je uveden na obr.9.6. Na ložisku měděných porfyrových rud byly v rámci detailního průzkumu použity jádrové diamantové vrty a nárazové vrty. Výsledky průměrných obsahů v desetimetrových etážích jsou značně rozdílné. Je zřejmé, že při nárazovém vrtání dochází ke gravitační diferenciaci ryzí mědi, která je součástí rudniny, do spodních zón vrtů. Nárazové vrtání vede ke vzniku systematické chyby vzorkování a je proto nepřijatelné pro oceňování zásob a řízení těžby.



Obr.9.6. Porovnání výsledků vzorkování na Cu-porfyrovém ložisku (podle Wellmera, 1998)

10. LOŽISKOVÝ PRŮZKUM.

10.1. CÍLE LOŽISKOVÉHO PRŮZKUMU.

Ložiskový průzkum představuje *samostatnou etapu studia* stavby a vývoje geoobjektů, která začíná po nalezení akumulace nerostné suroviny v etapě vyhledávání a končí po uzavření dolu (lomu) a zahlazení následků dobývání. Je tedy zřejmé, že se v zásadě dělí na *etapu vlastního průzkumu a etapu těžebního průzkumu.* Výsledkem vlastního průzkumu jsou informace o morfologickém a surovinovém typu ložiska, kvantitativních, kvalitativních a technologických vlastnostech prozkoumaných zásob nerostné suroviny, báňsko-technických podmínkách dobývání, hydrogeologických a plynových poměrech, environmentálních dopadech využití ložiskového objektu atd. Součástí musí být i odhad reálnosti využití objektu z technickoekonomického hlediska.

Etapa vlastního průzkumu se v případě potřeby člení na podetapy podle věcných, metodických, časových a nákladových hledisek, např. na podetapu předběžného a podrobného průzkumu. Rovněž *etapu těžebního průzkumu* lze dělit na podetapu otvírky ložiska, přípravy a dobývání. Paralelně s nimi probíhá průzkum okrajových a hlubších částí ložiskových těles.

Základní metodologický přístup je založen na modelování geometrických charakteristik (morfologie ložiskových těles), topologie (úložní poměry a prostorová poloha v ložiskonosném horninovém prostředí), vnitřních atributů objektu (kvalitativních a kvantitativních chemických, fyzikálních, mineralogických a dalších charakteristik mineralizovaného pole) a atributů ložiskonosného komplexu, zejména těch, které souvisí s podmínkami budoucího využití ložiska (hydrogeologické a plynové poměry, stabilita horninového masivu apod.). Metodika průzkumu, tak jak se postupně vyvinula, v sobě obecně zahrnuje:

- postupné vytváření uspořádaných systémů umělých odkryvů pomocí technických průzkumných prací, tj. průzkumných vrtů a povrchových a podzemních hornických prací,
- provedení geologických, geofyzikálních, hydrogeologických a inženýrsko-geologických terénních pozorování a zkoušek a vzorkování pro účely laboratorních chemických, mineralogických, petrografických, technologických a fyzikálně-mechanických výzkumů,
- geologické, ložiskové, hydrogeologické a inženýrsko-geologické ocenění prozkoumaných objektů na základě analýzy a zpracování získaných informací.

10.2. PRŮZKUMNÉ TYPY LOŽISKOVÝCH AKUMULACÍ.

V rámci průzkumu se setkáváme s velice širokým spektrem akumulací nerostných surovin, od "mineralogických" výskytů nejrůznějších nerostných surovin po obrovská průmyslově velmi významná ložiska, které vystupují ve velmi variabilním přírodním prostředí. Proto se dlouhodobě projevovala snaha o jistou typizaci jak ložiskových akumulací, tak prostředí jejich výskytu. Metodika výzkumu ložiskových objektů silně závisí na geometrických charakteristikách geoobjektů a jejich atributech. Z geometrických charakteristik má určující význam morfologický typ a charakter omezení ložiskových těles a jejich prostorová pozice jak v ložiskonosném horninovém komplexu, tak vzhledem k povrchu (úložní poměry). Vedle primárních charakteristik je třeba respektovat jejich sekundární změny, zejména tektonické deformace. Závažným způsobem se projevuje variabilita určujících ložiskových atributů (mocnosti, obsahu užitkových a škodlivých složek atd.). I v tomto případě musíme brát na zřetel jejich možné postgenetické ovlivnění deformačními a transformačními procesy. Uvedené důvody vedly k rozpracování průzkumných klasifikací ložiskových objektů, které spojují hlediska metalogenetická a surovinová s hledisky morfologickými a s doporučeními odpovídajících průzkumných systémů. Nověji jsou do nich začleňována i hlediska popisující statistickou a prostorovou distribuci určujících atributů, což je důsledkem stále širšího využívání matematického modelování pro potřeby optimalizace a provádění průzkumu a vyhodnocování získaných poznatků. Přehled typologických kritérií je uveden v tab. 10.1, příklad jejich konkretizace do průzkumné klasifikace v tab. 10.2.

Tab.10.1 Typologická kritéria pro průzkumnou klasifikaci ložiskových objektů

KRITÉRIUM	HLEDISKO	TYP	
geometrický vztah vztah k ložiskonosnému komplexu		konkordantní	
		penekonkordantní	
		diskordantní	
		kombinovaný	
morfologie	geometrický tvar	základní	izometrický
			čočkovitý
			hrubě deskovitý
			tence deskovitý
			lineárně protažený
			nepravidelný
		deformovaný	deformované základní typy
	charakter omezujících ploch	ostré přirozené omezení	
		ostré umělé omezení	
		neostré přirozené omezení	
	charakter spojitosti	ve směru protažení	primárně spojitý
			primárně nespojitý
			sekundárně nespojitý
			primárně i sekundárně nespojitý
		v příčném směru	homogenní
			nehomogenní
prostorová distribuce užitkových složek	charakter distribuce	deterministický	
		smíšený	
		náhodný	
	kontinuita distribuce	homogenní	
		nehomogenní	
	stacionarita distribuce	stacionární	
		kvazistacionární	
		nestacionární	
	směrový vývoj	izotropní	
		anizotropní	
statistická distribuce užitkových složek	charakter distribuce	jednoduchý	
		smíšený	
	typ frekvenční funkce	symetrický	
		nesymetrický	
	statistické vztahy	nezávislé veličiny	
		závislé veličiny	

Tab.10.2 Průzkumné typy rudních ložisek (podle Čillíka a Ogurčáka, 1964)

průzkumný typ	morfologický typ	kvalitativní typ	genetický typ	průzkumný typ
I	spojitý	spojitý, rovnoměrně rozložené zrudnění	syngenetický, magmatický i sedimentární	vrty
II	spojitý	spojitý a nespojitý	syngenetický impregnační, metasomatický, greisenový,	vrty, kombinace vrtů a důl. děl
III	nespojitý a spojitý	nespojitý, zrudnění nerovnoměrné	epigenetický žilný, žilníkový a metasomatický	důlní díla a důlní vrty
IV	nespojitý	nespojité, nerovnoměrné zrudnění	epigenetický žilný a žilníkový	důlní díla

10.3. PRŮZKUMNÉ SYSTÉMY.

Pod pojmem průzkumný systém se chápe prostorové nebo plošné rozmístění průzkumných bodů či průniků, realizovaných různými druhy technických prací, tj. míst pozorování a zjišťování hodnot veličin, kterými je charakterizován zkoumaný geoobjekt. *Prostorový průzkumný systém* je vytvářen průzkumnými řezy a ty průzkumnými průniky. Úvahy o racionálním systému se často redukují na plošné řešení, mluvíme *o plošném systému - průzkumné síti*, která je vytvářena průzkumnými liniemi a ty průzkumnými body. Základním prvkem průzkumných systémů je *průzkumný průnik*. Je to libovolné průzkumné dílo (vrt, povrchové či podzemní hornické dílo), které protíná zkoumaný geoobjekt v určitém směru. Aby byl plně použitelný, musí vyhovovat dvěma požadavkům a to:

⇒ má být orientován pokud možno ve směru maximální variability atributů, které charakterizují objekt (v případě ložiskových těles to zpravidla bývá ve směru jejich mocnosti, u horninového masivu ve směru kolmém na přednostní uspořádání jeho stavebních prvků - vrstev, lamin, tektonů),

⇒ má procházet celou mocností sledovaného ložiskového tělesa včetně přilehlých částí horninového komplexu.

Průzkumná díla jsou v použitém systému lokalizována do příznivé pozice, tj. do míst nejpravděpodobnějšího zastižení sledovaného tělesa či struktury nebo do míst jeho nejlepšího či naopak nejhoršího vývoje, na rozhraní horninových a ložiskových těles, v podrobnějších fázích průzkumu do pravidelného uspořádání pro ověření těles a jejich variability.

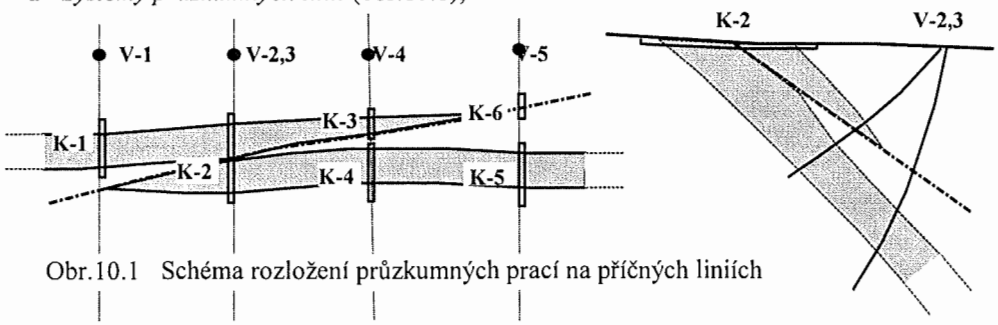
Průzkumné systémy se rozlišují podle různých hledisek. Schéma základního třídění podle uspořádání řezů a průniků v nich a podle typů technických prací uvádí tab.10.3.

Tab.10.3 Schéma základního třídění průzkumných systémů

třída, podtřída	skupina	typ prací
vertikální řezy	rovnoběžné svislé průniky	vrty, průzkumné šachtice
a) rovnoběžné	šikmé průniky	vrty, úklonná důlní díla
b) různoběžné	rovnoběžné horizontální průniky	překopy, rozrážky, štoly, horizontální důlní vrty
	průniky různého směru	vrty, důlní díla
	vějířovité průniky	důlní díla s vějíři vrtů
horizontální řezy	rovnoběžné horizontální průniky	překopy, rozrážky, horizontální důlní vrty
	horizontální průniky různého směru	důlní díla, horizontální důlní vrty
podélné řezy	horizontální průniky	sledné chodby
	horizontální a úklonné průniky	sledné chodby, komíny, šibíky, směrné vrty

1. **třídění podle rozložení průzkumných bodů na povrchu nebo ve zvolené rovině.**

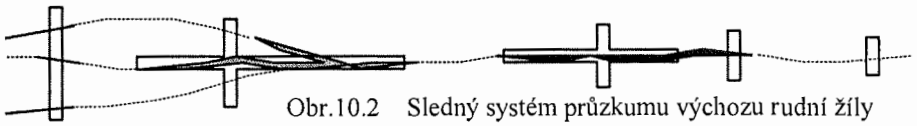
a - *Systémy průzkumných linií* (obr.10.1);



Obr.10.1 Schéma rozložení průzkumných prací na příčných liniích

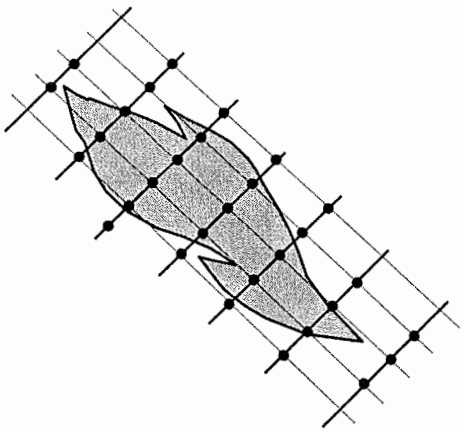
tyto systémy jsou vhodné pro průzkum strmě ukloněných mocných a rozsáhlých deskovitých a čočkovitých ložiskových těles, v počátečních etapách i pro průzkum rozsáhlých ploše uložených deskovitých nebo izometrických těles

b - *Sledné systémy* (obr.10.2), vhodné pro průzkum málo mocných deskovitých (například žilných) ložisek a zvrásněných ložisek jiných morfologických typů při sledování tělesa v konstantní hloubce.



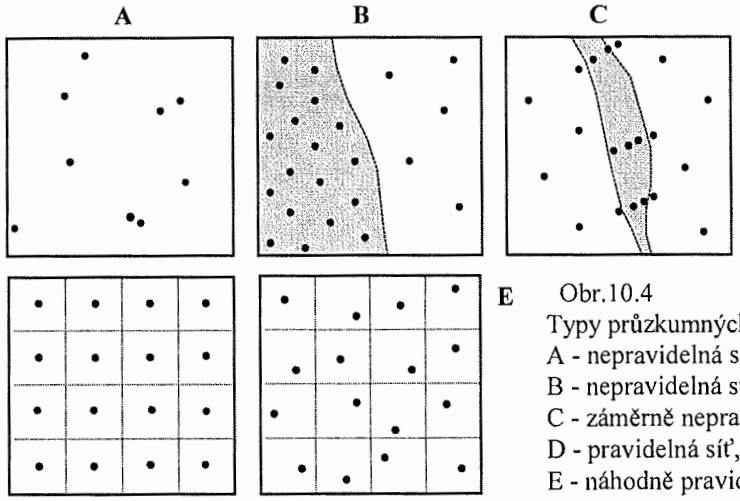
Obr.10.2 Sledný systém průzkumu výchozu rudní žíly

c - *Plošné systémy* (čtvercové, obdélníkové, stratifikované, nepravidelné apod.), používané při průzkumu rozsáhlých ploše uložených deskovitých nebo velkých izometrických těles obr. 10.3). Nejeví-li zkoumaná tělesa anizotropii určujících atributů, používá se čtvercová síť. Nejobvyklejší jsou sítě obdélníkové, které vyhovují převažující anizotropii ložiskových objektů.



Obr.10.3
Průzkum rozsáhlého čočkovitého tělesa pravidelným obdélníkovým systémem

Plošné systémy (průzkumné sítě) mohou být transformovány podle konkrétní geologicko-strukturní a ložiskové situace do různých schémat. Základní typy jsou uvedeny na obr.10.4.



Obr.10.4
Typy průzkumných sítí:
A - nepravidelná síť,
B - nepravidelná stratifikovaná síť,
C - záměrně nepravidelná síť,
D - pravidelná síť,
E - náhodně pravidelná síť

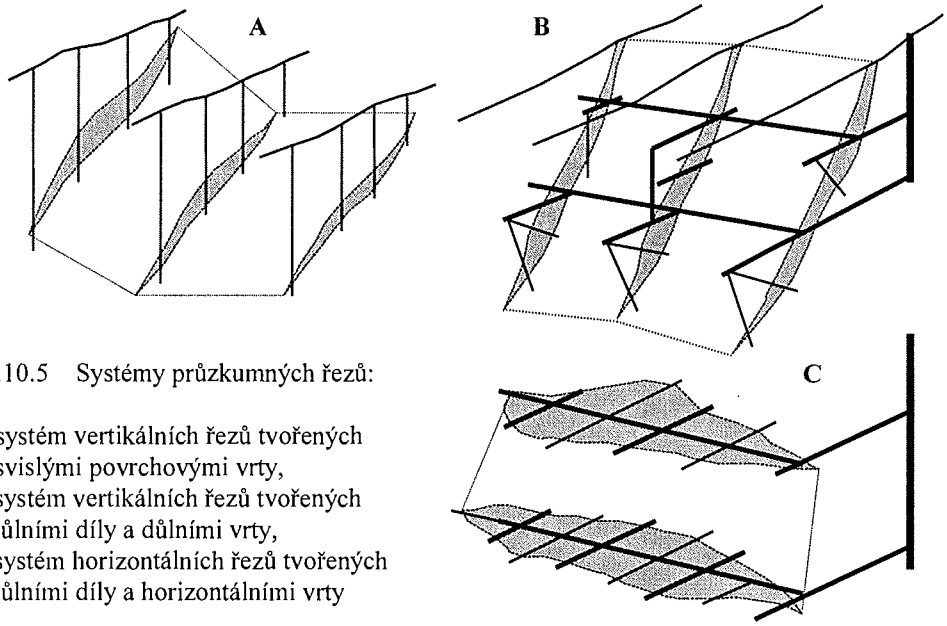
2) Třídění podle prostorového rozložení průzkumných řezů (obr.10.5).

a - *Systémy vertikálních řezů* tvořených vrty (mělkými, hlubokými, svislými nebo různě orientovanými), povrchovými a podzemními hornickými pracemi (rýhami, šachticemi. šachticemi s rozrážkami, štolami apod.) nebo různými kombinacemi vrtů a důlních děl,

b - *Systémy horizontálních řezů* tvořených vrty, důlními pracemi a jejich kombinacemi.

c - *Systémy tvořené kombinacemi vertikálních a horizontálních řezů*, skládající se z vrtů, důlních děl nebo obojích.

Použití určitého systému závisí na morfologii ložiskových těles a jejich úložních poměrech (hloubce uložení a úklonu) a variabilitě ložiskových atributů. Systémy zpravidla rovnoběžných vertikálních řezů se používají při průzkumu tence deskovitých (plástevných), horizontálních až úklonných těles a těles izometrických. Systém různoběžných řezů se používá při průzkumu lineárně protažených těles nepravidelné formy (např. aluviálních ryžovisek), systém radiálně uspořádaných vertikálních řezů při průzkumu těles izometrických nebo ploše uložených čočkovitých těles. Systémy horizontálních řezů se využívají při průzkumu strmě uložených deskovitých těles a těles izometrických. Zvláštní třídu tvoří systémy podélných řezů v ploše ložiska, které se používají při průzkumu tence deskovitých těles typu rudních žil.

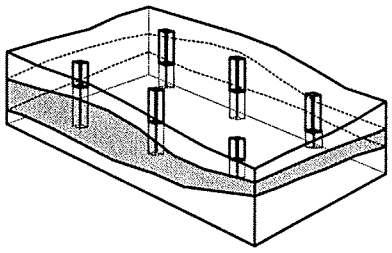


Obr.10.5 Systémy průzkumných řezů:

A - systém vertikálních řezů tvořených svislými povrchovými vrty,
B - systém vertikálních řezů tvořených důlními díly a důlními vrty,
C - systém horizontálních řezů tvořených důlními díly a horizontálními vrty

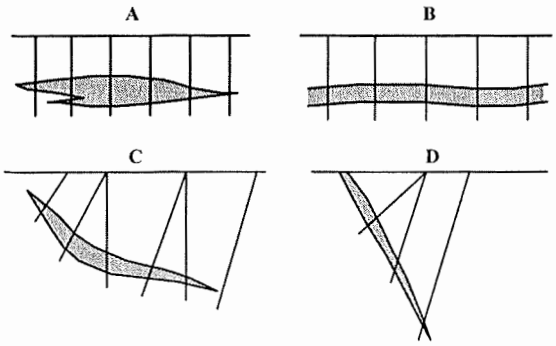
3) **Třídění podle použitého druhu technických prací.**

a - *Systémy lehkých technických prací* (průzkumných rýh, sond, odkopů, šachtic a šachtic s rozrážkami, které se nejčastěji používají v počátečních fázích průzkumu. Pro plošné průzkumné systémy nejlépe vyhovují šachtice a mělké sondy, pro liniové systémy šachtice a rýhy, pro sledné systémy rýhy a při větších mocnostech pokryvu šachtice popřípadě doplněné překůpky.



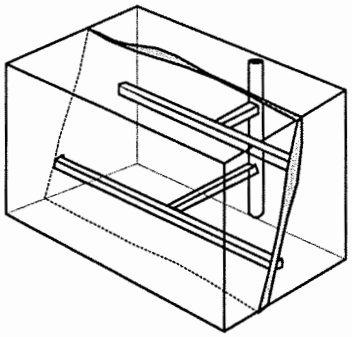
Obr.10.6
Průzkum mělce uloženého subhorizotálního ložiskového tělesa šachticemi

b - *Systémy vrtných prací*, které mohou být uspořádány sledně, v liniích a v sítích; používají se ve všech fázích průzkumu u většiny ložiskových typů (obr.10.7).



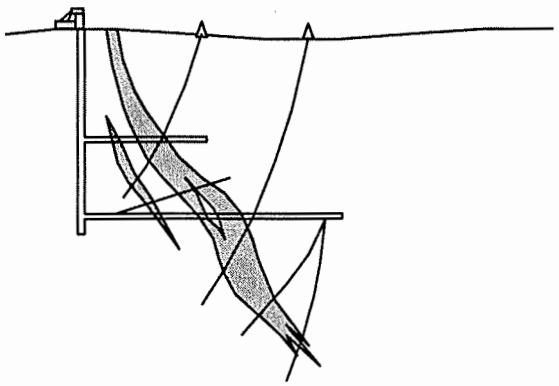
Obr.10.7
Vrtné průzkumné systémy:
A - horizontálně uloženého čočkovitého tělesa,
B - horizontálně uloženého vrstevného tělesa,
C - šikmo uloženého čočkovitého tělesa,
D - strmě uložené rudní žíly

c - *Systémy důlních prací*, které se obvykle používají pro průzkum ložisek komplikovaných typů a při průzkumu hloubkového pokračování ložiskových těles. V plošném uspořádání se obvykle používají pro průzkum rozsáhlých deskovitých, mírně ukloněných nebo horizontálních těles a těles izometrických. Uspořádání v liniích je obvyklé při průzkumu prakticky všech geneticko-morfologických typů. Sledné systémy jsou typické pro žilná ložiska (obr.10.8).



Obr.10.8
Průzkum tenkého strmě uloženého deskovitého tělesa důlními díly

d - *Kombinované systémy* převažují v podrobnějších průzkumných etapách a v rámci těžebního průzkumu (obr.10.9). Realizují se v závislosti na geneticko-morfologickém typu ložiska, na úložních poměrech, morfologii terénu a pochopitelně i na prováděné průzkumné etapě.



Obr.10.9
Průzkum strmě uloženého ložiska kombinovaným systémem povrchových vrtů, důlních děl a důlních vrtů.

10.4. METODIKA LOŽISKOVÉHO PRŮZKUMU.

10.4.1. STRUKTURA PRŮZKUMU A VYUŽITÍ LOŽISEK.

Analyzujeme-li postup studia a využití geoobjektů v jednotlivých etapách, pak přes odlišné cíle etap a tedy i odlišný metodický komplex můžeme vidět analogickou strukturu v posloupnosti jednotlivých fází, které se vyznačují blízkou náplní (tab.10.4). To má značný praktický dopad, neboť lze při řešení použít v podstatě stejné procedury řešení, i když s různou mírou podrobnosti. Tyto procedury lze standardizovat, resp. i automatizovat v rámci

výstavby informačního a rozhodovacího systému organizace. V souladu s obecnými principy řízení lze v rámci přípravy a realizace průzkumných prací vyčlenit minimálně tři úrovně:

a) plánování na úrovni vedení geologicko-průzkumného podniku, které je zaměřeno na volbu základních směrů činnosti a výběr úkolů,
b) projektování a řízení na úrovni řešení průzkumného úkolu, které postihuje určení základní orientace řešení, stanovení metodiky prací a rozsahu požadavků na jednotlivé druhy projektovaných prací z hlediska vyžadovaných informací o zkoumaném objektu,
c) projektování na úrovni jednotlivých druhů prací (např. geochemických, vrtných atd.), které má stanovit racionální způsob jejich realizace z hlediska vyžadovaných informací a nákladových a časových omezení.

V dalším textu bude pozornost soustředěna především na druhou úroveň, která je pro zajištění základních cílů programů ložiskového průzkumu rozhodující.

Tab.10.4 Systémová struktura etap průzkumu a využití ložiskového objektu

ETAPA	FÁZE						
	úvodní studie	vymezení	příprava	realizace	zpracování	ocenění	klasifikace
vyhledávání	prognózní hodnocení	perspektivní oblasti	projekt vyhledávání	vyhledávací program	výpočet geologických zásob	předběžná studie	⇦⇧⇨
průzkum	prognózní hodnocení	perspektivní ložiska	projekt průzkumu	průzkumný program	výpočet využitelných zásob	studie proveditelnosti	⇦⇧⇨
investiční činnost	investiční záměr	nejvhodnější úseky ložiska	prováděcí projekt	výstavba a otvírka dolu	přepočty zásob	využitelnost zásob	⇧⇨
těžební průzkum	technicko-ekonomická studie	bilanční části ložiskových těles	projekt těžebního průzkumu	program těžebního průzkumu	přepočty zásob	hospodaření se zásobami	⇦⇧⇨
těžba	těžební studie	těžební bloky	plány otvírky a dobývání	těžba	přepočty zásob	hospodaření se zásobami	⇦⇧⇨
likvidace a rekultivace	technicko-ekonomická studie	povrchová a důlní zařízení	projekt likvidace a rekultivace	likvidační a rekultivační práce	likvidační výpočet zásob	závěrečná studie	

Vysvětlivky: ⇦ ... ukončení prací pro negativní ocenění, ⇧ ... pokračování etapy, ⇨ ... přechod do další etapy

10.4.2. PROGNÓZNÍ FÁZE.

Pravidelnou součástí průzkumných programů zaměřených na zajišťování zdrojů nerostných surovin je **prognózní fáze**, jejímž smyslem je **vymezení nadějných objektů**. Metodika prognózního hodnocení je popsána v kapitole 8. I když je význam této fáze největší v etapě vyhledávání, je účelné začlenit předprojektové prognózy i do dalších průzkumných etap, neboť vedou k racionalizaci metodických postupů.

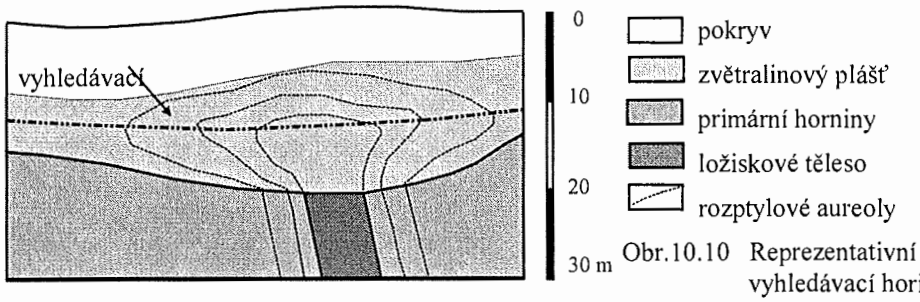
10.4.3. PŘÍPRAVNÁ FÁZE

Přípravná fáze zahrnuje předprojektovou přípravu, terénní rekognoskaci a sestavení vlastního projektu. Je zřejmé, že metodicky, technicky a ekonomicky solidní projekt lze zpracovat jen na základě dostatečných a spolehlivých informací. Význam kvalitních podkladů stoupá při projektování nákladných technických prací (vrtů, důlních děl), u kterých nespolehlivé nebo nesprávně připravené podklady mohou vést přinejmenším k následným úpravám a tedy k prodražení projektovaných prací, mohou ale také způsobit úplný nezdar prací (např. havárii vrtu či nesplnění cílů prací). Adekvátnost podkladů a informací vzhledem k navrhovaným druhům prací je zásadní metodický a ekonomický požadavek, který

je třeba respektovat už při utváření záměru průzkumného programu. Na druhé straně je nutno předcházet nadbytečnému shromažďování informací odůvodňovanému „zajištěním před rizikem", které vede k časovým a finančním ztrátám.

V rámci *předprojektové přípravy* se provádí rozbor zadání průzkumného úkolu, sběr existujících dokumentografických a faktografických informací a jejich analýza. Cílem je charakterizovat prozkoumanost zájmových objektů, definovat problémy, které je nutno řešit a extrahovat údaje potřebné k výběru metodického komplexu, typů technických prací a technologických postupů. Význam a specifičnost této fáze vyniká zejména u těch metod, které využívají složitější principy a technické prostředky.

Při *terénní rekognoskaci* formou orientačních pochůzek jde o seznámení s geologickým, geomorfologickým a vegetačním charakterem zájmového území a stupněm jeho antropogenizace. Významnou součástí je posouzení zakrytosti území, které ovlivňuje efektivnost uvažovaných průzkumných metod a technických prostředků. Mocnost a složení pokryvu určuje možnosti použití z hlediska jejich hloubkového dosahu, resp. nutnost přechodu na hlubinné vzorkování na úrovni horizontu s maximálním plošným rozsahem indikačních zón (obr.10.10 a 10.11).

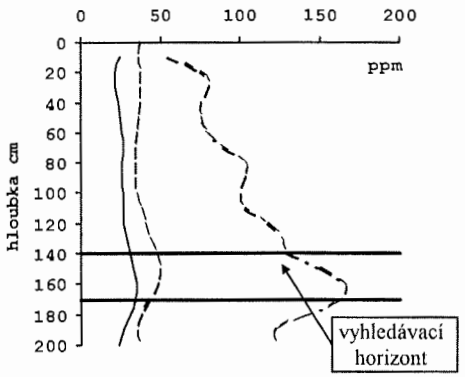


Obr.10.10 Reprezentativní vyhledávací horizont

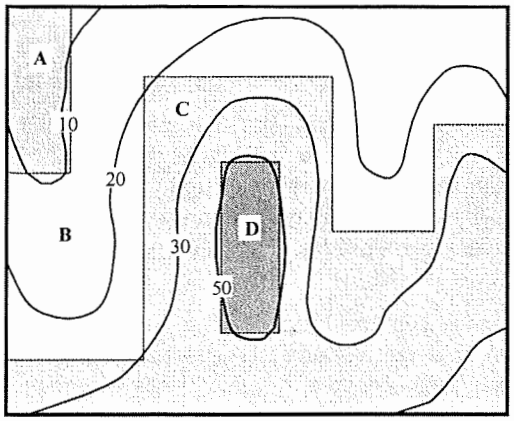
Obr.10.11

Vymezení polohy vyhledávacího horizontu na základě analýzy vertikálního rozložení Pb, Zn a Cu v horninách pokryvu a zvětralinového pláště v Budišovském polymetalickém rudním revíru.

..... obsah Pb
-.-.-.-.- obsah Zn
——— obsah Cu



Výsledkem posouzení zakrytosti území na základě geomorfologických údajů a kvarterního mapování, doplňovaného popřípadě jednoduchými geofyzikálními pracemi, např. odporovým profilováním, VES, mělkou reflexní seismikou, radiometrickým sondováním, je *mapa podmínek* provádění geologických prací, která vlastně vymezuje úseky různé pracnosti jejich realizace (obr.10.12).



Obr.10.12 Vymezení oblastí rozdílných průzkumných kategorií podle mocnosti pokryvu

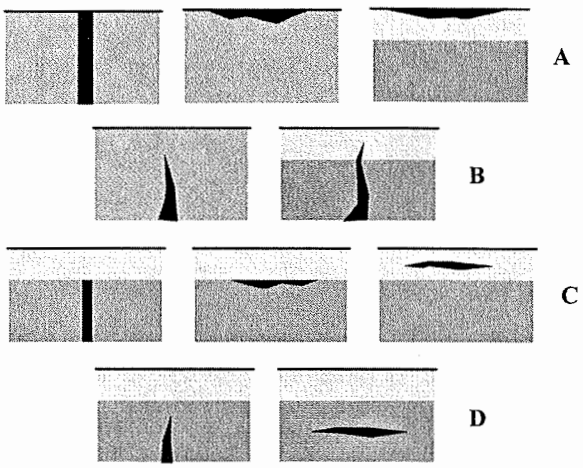
Meze členění jsou závislé na krajinném typu, stavbě pokryvu a na uvažovaném metodickém komplexu. Využívání mapy podmínek se velmi osvědčilo např. při vyhledávání a průzkumu uranových ložisek v Českém masivu.

Při *projektování průzkumných prací* je třeba brát v úvahu vztah ložiskových těles k současnému povrchu. Podle obr.10.13 je patrno, že v zásadě lze rozlišit 4 skupiny objektů, které se liší svými povrchovými projevy a pracností průzkumu. Vyžadují tudíž odlišný metodický přístup

Obr.10.13

Postavení ložiskových těles vzhledem k současnému povrchu

A ... připovrchová tělesa,
B ... skrytá (slepá) tělesa,
C ... překrytá tělesa,
D ... pohřbená tělesa



Projektant průzkumného programu musí vzít v úvahu skutečnost, že každá průzkumná metoda a každý průzkumný systém má *rozdílnou informační schopnost*. Ta závisí jednak na principu a možnostech metody, která je v daném systému použita, jednak na geneticko morfololgickém a surovinovém typu ložiska, na geologických, geomorfologických, hydrogeologických a dalších poměrech zájmové oblasti. Je např. zřejmé, že informace získané přímými metodami mají vyšší hodnotu než informace z nepřímých metod, že informace z důlního díla jsou objektivnější, detailnější a úplnější než informace z vrtu. Druhý faktor, který nelze při projektování opominout, je *časová náročnost* jednotlivých metod a systémů v souvislosti s požadovaným termínem ukončení průzkumného programu. Časový faktor pochopitelně ovlivňuje náklady potřebné na realizaci programu a zvláště výrazně se uplatňuje při zajišťování deficitních nerostných surovin. Třetím vážným faktorem je *nákladovost* jednotlivých průzkumných metod a systémů. Základním omezením je, že náklady na průzkum musí být v cenové relaci s hodnotou ověřovaných zásob nerostné suroviny. Jistý orientační obraz o nákladech na geologické práce poskytuje tab.10.5 a 10.6.

Tab.10.5 Orientační náklady na průzkumné etapy a jejich trvání v Kanadě

etapa	náplň	nákladová hladina	potřebný čas
I	rešerše literatury	1000 dol.	týdny
II	terénní výzkum	50000 dol.	měsíce
III	geovědní studie	1 mil. dol.	1-3 roky
IV	vrtání	1-5 mil.dol.	2-4 roky
V	vyhodnocení, návrh dobývání	1 mil.dol.	1-2 roky

Praktická použitelnost jednotlivých metod a prostředků je tedy určována řadou metodických a technickoekonomických faktorů, které je nutno posuzovat v každém případě individuálně s ohledem na zkoumaný ložiskový objekt a omezující finanční, časové, kapacitní a organizační podmínky.

ETAPA	DRUH PRACÍ		JEDNOTKA	US DOL.
projekční	studium podkladů, projektování			smluvní ceny
vyhledávání	dálkový průzkum		1000 km^2	100-150
	fotogeologie		km^2	10-40
	geologické mapování		km^2	50-200
	letecká geofyzika		km^2	40-70
	aluviální geochemie		km^2	20-100
průzkum	detailní geologické mapování		km^2	400-1000
	pozemní geofyzika	geomagnetika	km	100-250
		geoelektrika	km	250-1000
		radiometrie	km	80-160
		gravimetrie	km	400-1500
		seismika	km	500-800
	vzorkování	říčních sedimentů	km^2	50-100
		půd	km^2	300-1500
		hornin	km^2	400-1500
detailní průzkum a ocenění ložiska	vrtání		m	50-100
	lehké hornické práce		m^3	10-70
	výpočet zásob, ekonomické ocenění, studie využitelnosti ložiska			smluvní ceny

Tab.10.6 Náklady na práce v typickém průzkumném programu (Peters 1987)

Při výběru systému technických prací je nutno vyjít z hodnocení typu a stupně spojitosti morfometrických a kvalitativních charakteristik studovaného geoobjektů, které definují jeho průzkumný typ. Existují různé ***metodické a časové posloupnosti využití technických průzkumných prací*** a to:

1. **povrchová hornická díla → průzkumné vrty** (využívá se u ložisek s jednoduchou stavbou, vycházejících na povrch a u ložisek připovrchových, např. štěrkopísků či ryžovisek)
2. **průzkumné vrty → podzemní hornická díla [± podzemní vrty]** (v případě ložisek nevycházejících na povrch)
3. **povrchová hornická díla → průzkumné vrty → podzemní hornická díla [± podzemní vrty]** (u ložisek složité stavby, které vycházejí na povrch)
4. **průzkumné vrty** (v případě ložisek jednoduché stavby, nevycházejících na povrch)
5. **povrchová hornická díla → podzemní hornická díla** (u ložisek velmi složité stavby, vycházejících na povrch)
6. **povrchová hornická díla** (u ložisek vázaných na aluviální sedimenty)
7. **podzemní hornická díla** (např. v případě žilných ložisek v hornatých terénech).

Výběr průzkumného systému určuje v prvé řadě průzkumný typ zkoumaného objektu. Výběr je ovlivněn prostorovou pozicí objektu (hloubkou uložení a úklonem), mocností objektu a celé ložiskonosné zóny, morfologií a prostupností terénu atd. Všechny faktory musíme uvažovat ve vzájemných souvislostech, i když ve vyhraněných případech se může jeden z nich ukázat rozhodujícím. Volbu mezi systémy vrtných a báňských prací ovlivňují časové, nákladové a informační relace. Průzkumný vrt je např. v porovnání s důlním dílem proveden 3 - 10 krát rychleji. Ve skutečnosti časový faktor není tak výhodný, neboť pro zajištění alespoň částečně souměřitelných informací je nezbytné realizovat větší počet vrtů. Při rozhodování vycházíme z následující úvahy:

Čím je tvar ložiskových těles komplikovanější a variabilnější, čím menší jsou jejich rozměry, čím je nižší koeficient rudonosnosti a čím vyšší je variabilita prostorové distribuce užitkových složek v tělesech, tím větší mají přednost systémy založené na využití podzemních hornických prací.

Konečně je v rámci zpracování projektu nezbytné zjistit, zda při jeho realizaci nedojde ke střetům se zájmy jiných právnických nebo fyzických subjektů a k porušení obecně platných právních předpisů. V případě, že lze očekávat střety zájmů závažného charakteru, je nutno oznámit tyto skutečnosti zadavateli projektovaných prací (vedení průzkumného podniku či investorovi), který musí očekávané rozpory projednat s dotčenými a rozhodnout o pokračování prací.

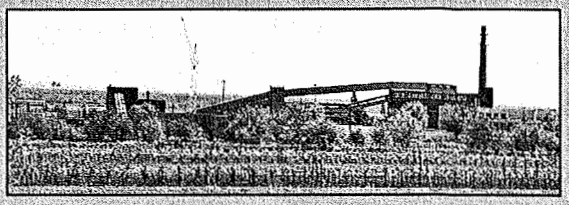
Při volbě metodiky řešení se v případě komplikovaných geoobjektů doporučuje navrhnout více variant. Provádějící organizace z nich po dohodě s investorem zvolí jednu jako závaznou, nebo při vysokém stupni neurčitosti přírodních podmínek přijme několik z nich s tím, že při realizaci prací se podle postupně získávaných poznatků použije nejvhodnější postup.

Projekty průzkumu se zpracovávají podle interních pokynů a zvyklostí. Obvykle obsahují následující části:

- vymezení úkolu ložiskového průzkumu (cíl prací, průzkumné území či objekt),
- způsob řešení úkolu (stručná geologická a ložisková charakteristika, popis výchozích poznatků, metodický postup řešení a z něho plynoucí druhy a rozsahy prací, kvalitativní podmínky a specifikace kontrolních prací, možné environmentální dopady a způsoby jejich řešení),
- technické zabezpečení projektovaného úkolu (technologické postupy, specifikace technických prostředků a technického řešení postupu prací, přehled subdodavatelů, řešení likvidačních, zajišťovacích a rekultivačních prací, opatření k zabezpečení zájmů chráněných zvláštními předpisy,
- rozpočet projektovaných prací a návrh finančního zajištění (včetně všech typů správních poplatků a náhrad očekávaných škod na cizím majetku),
- přílohy k projektu a to grafické (přehledná mapa oblasti s vymezením zájmového objektu, geologická mapa a řezy, mapa projektovaných průzkumných prací atd.), technologické postupy, časový a organizační rozvrh, vyjádření správců a majitelů nemovitostí záznamy o projednávání očekávaných střetů zájmů, výsledky EIA apod.

PRŮZKUM DUBŇANSKÉ SLOJE VE STŘEDNÍ A JIŽNÍ ČÁSTI ÚSTŘEDNÍ MORAVSKÉ PROHLUBNĚ

(Zpracováno podle monografie J.Hoňka et al., 2001)

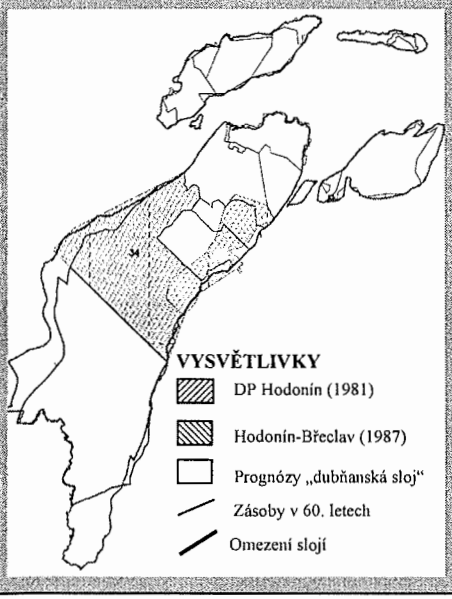


Důl Mír v Mikulčicích (Foto J.Honěk)

Těžba lignitu v Jihomoravském lignitovém revíru (JLR) započala ve dvacátých letech 19. století v okolí výchozů slojí. Průzkum v 19. a prvé polovině 20. století, o kterém se dochovalo pouze minimum informací, byl zaměřen na okamžité potřeby těžby. Prvý systematický průzkum prováděla ve třicátých až čtyřicátých letech firma Baťa Zlín pro zajištění výstavby a provozu svých dolů. Významným předělem v poznání ložiskových poměrů JLR byl rok 1952, kdy byl zahájen rozsáhlý ložiskový průzkum celého revíru.

V druhé polovině padesátých let probíhala ve střední a jižní části Ústřední moravské prohlubně (ÚMP) a na přilehlém území SR průzkumná akce Dubňanská sloj. Na území ČR bylo odvrtáno 59 vrtů o celkové délce 13790 m. V severovýchodní oblasti byla použita nepravidelná vrtná síť o hustotě přibližně 1 x 1 km a na ostatní ploše nepravidelná síť o hustotě cca 2 x 2 km. Vrty byly realizovány systémem counterflush a později jako jádrové. Původně odhadnuté zásoby lignitu byly později pro evidenčních nepřesností a zejména z důvodu nesprávného metodického postupu stanovení mocnosti (nerespektování požadavků maximální přípustné popelnatosti) a nerespektování geologické stavby sloje v jižní části ÚMP po redukci hmotnosti převedeny do prognózních zdrojů.

Počátkem sedmdesátých let bylo zřejmé, že pro udržení úrovně těžby lignitu bude nutná výstavba nových dolů. Dosavadní poznatky o zásobách lignitu byly uspokojující pouze v severní části ÚMP, ale střední a hlavně jižní část území byla prozkoumána nedostatečně. Na základě provedené revize byl v letech 1976 - 1987 realizován rozsáhlý hydrogeologický a ložiskový průzkum. Hydrogeologický průzkum probíhal ve dvou etapách. Prvá etapa v severní a východní části území zajišťovala podklady pro výstavbu nového Dolu Mír, ve druhé etapě se průzkum rozšířil k jihu. Plocha ložiskového průzkumu se z velké části shodovala plochou předešlého průzkumu akce Dubňanská sloj. Projekt předpokládal realizaci 241 vrtů v síti 1 x 1 km o celkové délce 35560 m. Požadavek využít staré práce vedl ke snížení počtu projektovaných vrtů na 201. Během provádění průzkumných prací se ale zjistilo, že staré vrty nevyhovují a proto byla většina původně projektovaných vrtů vyhloubena. Průzkum se nakonec omezil jen na severní část území. Vrty byly odvrtány jako jádrové, resp. kombinací jádrového a bezjádrového vrtání.



Standardní součástí dalších průzkumných prací se stala karotáž. Metodický komplex zahrnoval elektrokarotážní metody (KRP, SP, RM), metody jaderné karotáže (GK, NGK, NNK, GGK-H), dále kavernometrii a inklinometrii. Na základě provedených vrtných prací byl sestaven prostorový model sloje, založený na jejím rozdělení do 5 genetických lávek oddělených 4 proplástky. Výpočet zásob metodou geologických bloků byl proveden ve čtyřech alernativách.

Výměr zásob respektoval alternativu, ve které byly zásoby oceněny krigováním genetického modelu s respektováním omezení mocnosti podle mezních hodnot ukazatelů využitelnosti. V roce 1996 bylo průzkumné území přehodnoceno v rámci rebilancí zásob, přičemž jižní území bez nových průzkumných prací bylo ponecháno v prognózních zdrojích. Tím byl ukončen průzkum zájmové oblasti.

10.4.4. REALIZACE PRŮZKUMNÉHO PROGRAMU.

Provádění průzkumných prací bude při respektování základních metodických principů záviset na konkrétních geologicko-strukturních a ložiskových poměrech a krajinném typu. Náplň používaných metod a přehled technických prostředků shrnuje v obecné poloze tab.10.7. Pro ilustraci jsou dále uvedeny příklady zajištění a realizace průzkumných programů (tab.10.8, obr.10.14).

Tab.10.7 Přehled a náplň prací ložiskového průzkumu

metody, práce	náplň
geologické mapování	povrchové v měřítkách 1:10 000 - 1:1000 (v závislosti na rozměrech objektů), důlní v měřítkách 1:1000 - 1:200
speciální práce	komplexní mineralogický, petrografický, strukturně-tektonický, stratigrafický, paleontologický a další výzkum
geochemické metody	profilování a plošné litogeochemické mapování, systematická povrchová hydrogeochemie, geochemické vzorkování průzkumných technických prací (rýh, sond, šachtic, vrtů a podzemních hornických děl), atmogeochemie
geofyzikální metody	pozemní metody všech typů v racionálním komplexu podle geologické a ložiskové situace v profilových a plošných variantách, karotážní metody v racionálních komplexech, důlní měření
vzorkování technických prací	vzorkování v požadovaných systémech pro určení jakostních charakteristik nerostné suroviny a okonturování ložiskových těles
technologický výzkum	laboratorní a poloprovozní výzkum jakostních a technologických charakteristik nerostné suroviny
hydrogeologické práce	hydrogeologické mapování a výzkum hydrogeologických a plynových poměrů ložiskové oblasti a vlastního ložiska, v případě potřeby určení způsobu odvodnění ložiska a ochranných opatření
inženýrsko-geologické práce	výzkum báňsko-technických poměrů ložiska, geomechanických vlastností ložiskové výplně a okolního horninového komplexu, hodnocení stability hornických děl a ochrany povrchu
technické práce	liniové, sledné a plošné systémy průzkumných děl v odpovídající hustotě
hodnocení výsledků	zpráva o výsledcích průzkumu, výpočet geologických a využitelných zásob, studie proveditelnosti využití ložiska včetně výsledků EIA

Při provádění průzkumu má prvořadý význam **správná lokalizace průzkumných děl**, neboť v některých případech může i relativně velmi malá odchylka vést k negativnímu výsledku. K úspěchu je nezbytná dobrá erudice zodpovědného řešitele, zejména znalost geologických a strukturních faktorů, správné hodnocení vyhledávacích kritérií a indicií, prostorová představivost podložená znalostmi základů deskriptivní geometrie resp. geometrie ložisek, soustavné vyhodnocování získávaných poznatků atd. Nezanedbatelnou úlohu hraje i intuice řešitele, vycházející ze zkušeností a znalostí. Je ale jasné, že zejména v počátečních fázích ložiskového průzkumu musí existovat průzkumná technická díle s negativními výsledky, která jsou nezbytná především ke spolehlivé interpretaci omezení ložiskových těles.

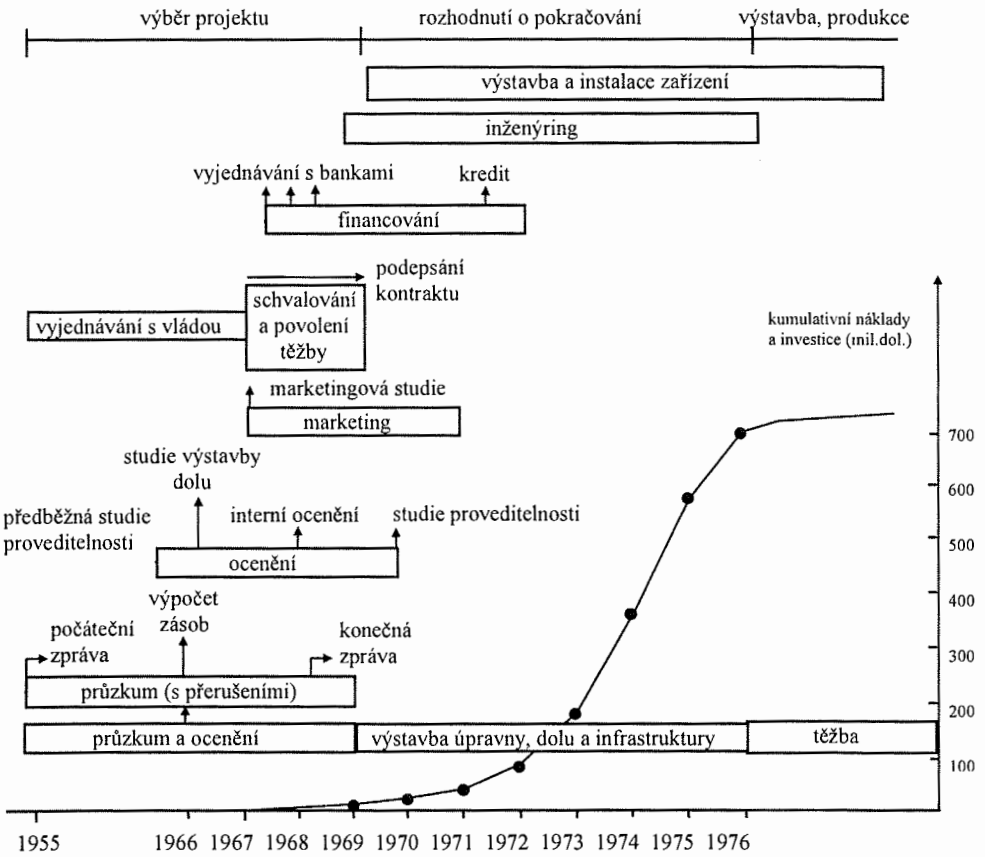
Průzkumná technická díla (vrty, rýhy, sondy, šachtice, podzemní hornická díla) mohou být z obecného hlediska lokalizována:

- *v příznivé pozici*, kde lze na základě geologicko-strukturních a látkových kritérií a geochemických a geofyzikálních příznaků předpokládat existenci ložiskové akumulace,
- *v okrajové pozici*, tzn. v úseku omezení ložiskových těles nebo úseků jejich mezního vývoje (tj. úseků snížené mocnosti nebo obsahu užitkových složek či zvýšeného obsahu škodlivých příměsí),

- *ve vnitřních částech ložiskových těles*, což je typické v pokročilejších fázích průzkumu, kdy je hlavním úkolem popsat morfologii ložiskových těles a jejich kvalitativní vývoj,

- *v uzlech zvolené průzkumné sítě nebo prostorového systému* (typické pro podrobné fáze průzkumu a výhodné pro charakterizování vlastností mineralizovaného pole v rámci statistické a geostatistické analýzy a odhadu zásob),

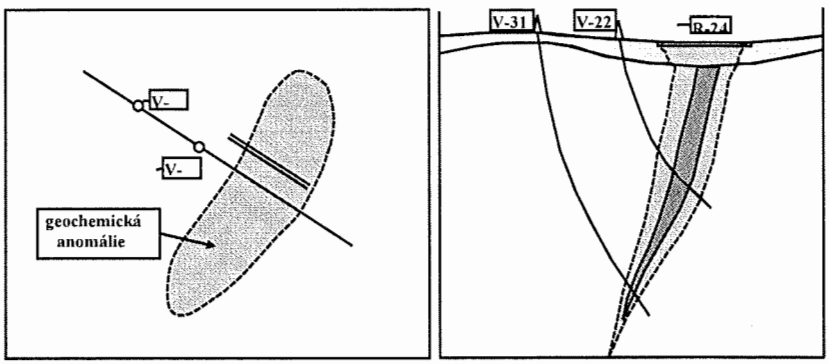
- *náhodně* v případě nedostatečných znalostí o geologicko-strukturní stavbě a vývoji zkoumaného území.



Obr.10.14 Průzkum a výstavba dolu ložiska Cu-porfyrových rud Cuajone v Peru (in Peters 1987)

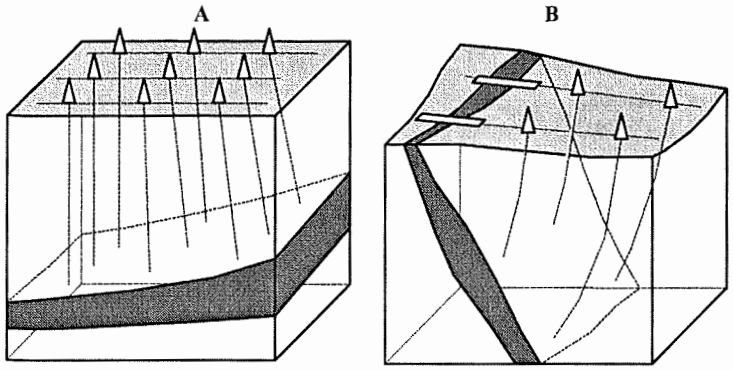
Nejjednodušší je lokalizace povrchových hornických průzkumných děl - rýh, sond a šachtic - a mělkých vrtů, kterými ověřujeme výchozy ložiskových těles, rozhraní hornin a ruptury významné z hlediska lokalizace nerostných akumulací. Pomocí těchto prací se také ověřují lokální geochemické a geofyzikální anomálie z hlediska možného ložiskového významu. Projekt průzkumného programu uvádí pouze předpokládané schéma rozmístění těchto prací včetně očekávaného objemu, předpokládaných hloubek, charakteristiky hornin, požadavků na odběr vzorků a kvalitativních podmínek. V průběhu realizace průzkumného programu tyto práce v terénu vytyčuje geolog podle konkrétní situace a získávaných poznatků.

Lokalizace průzkumných vrtů je s ohledem na cenu a pracnost provedení vrtu mnohem zodpovědnější. V projektu uvedené údaje o lokalizaci, hloubce a orientaci vrtů se před realizací vrtu upřesňují na základě předpokládaného geologického řezu, sestaveného na základě poznatků z předchozích mapovacích akcí a vyhledávání a lehkých povrchových prací realizovaných v rámci průzkumného programu (obr.10.15).



Obr.10.15 Příklad prověření lokální geochemické anomálie průzkumnou rýhou a vrty

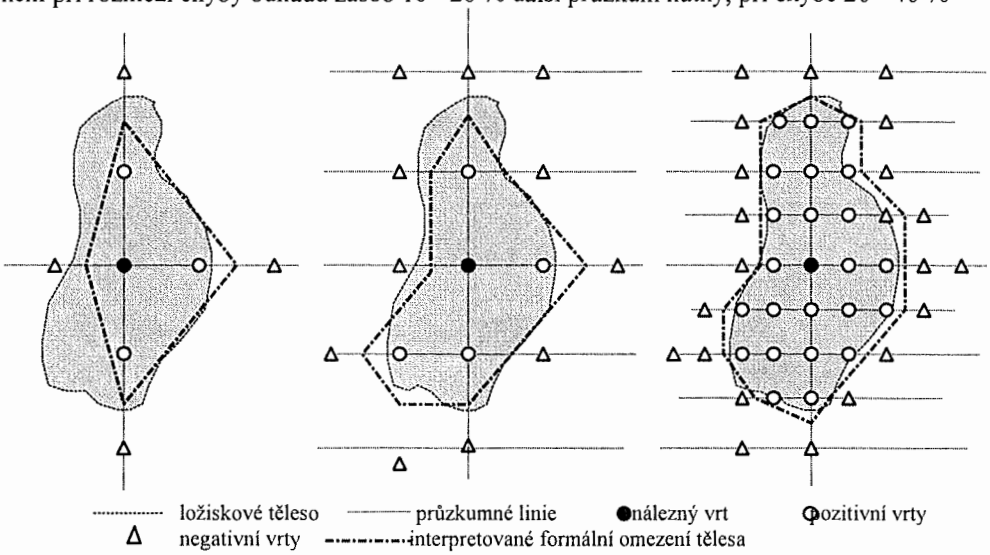
Lokalizace průzkumných vrtů a jejich prostorová orientace závisí v prvé řadě na morfologickém typu a uložení ložiskového objektu. Z praktických důvodů je ale často ovlivňována morfologií terénu, přístupností uvažovaných míst apod. V případě ploše uložených deskovitých a čočkovitých těles se používají zpravidla svislé vrty na profilech resp. v síti (obr.10.16-A), při středně až strmě uložených deskovitých a čočkovitých tělesech úklonné vrty na profilech (obr.10.16-B).



Obr.10.16

Schéma průzkumu subhorizontálně (A) a strmě uloženého ložiska (B).

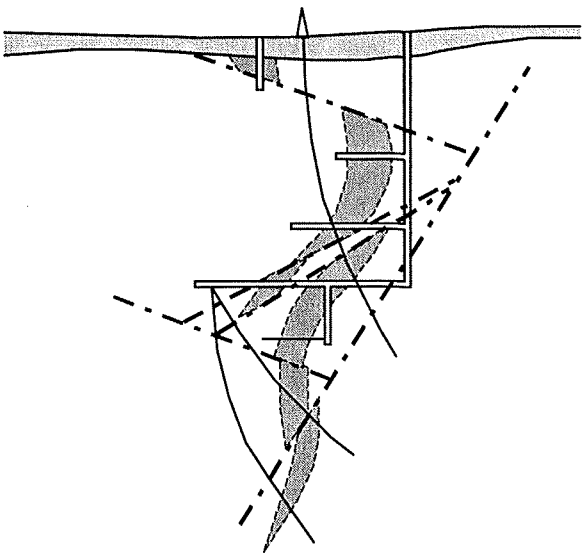
Průzkumná díla se v počátečních fázích průzkumu lokalizují v řídkém systému s cílem rychlého orientačního omezení ložiska. Systém se postupně zahušťuje dalšími díly lokalizovanými zpravidla v poloviční vzdálenosti mezi průzkumnými průniky prvého sledu (obr.10.17). Zahušťování průzkumného systému má smysl do té fáze, kdy další průzkumné práce nepřinášejí informace vedoucí ke zpřesnění poznatků o ložiskovém objektu. Jestliže cílem ložiskového průzkumu je ověření průmyslových zásob nerostné suroviny, můžeme jako optimalizační kritérium použít ocenění přesnosti odhadu zásob. Např. podle Carliera (1964) není při rozmezí chyby odhadu zásob 10 - 20 % další průzkum nutný, při chybě 20 - 40 %



jsou další práce potřebné a při chybě nad 40 % náleží zásoby mezi níže kategorizované.

Obr.10.17 Příklad postupného rozvoje průzkumné sítě

V případě průzkumu ložisek složité stavby a rovněž ložisek s velmi heterogenním rozmístěním užitkové složky se používají kombinované průzkumné systémy (obr.10.18). V případě pokračování průzkumu složitějších objektů jsou povrchové průzkumné práce základem pro projektování a realizaci podzemních hornických prací, které jsou zpravidla doplňovány horizontálními a šikmými podzemními vrty.

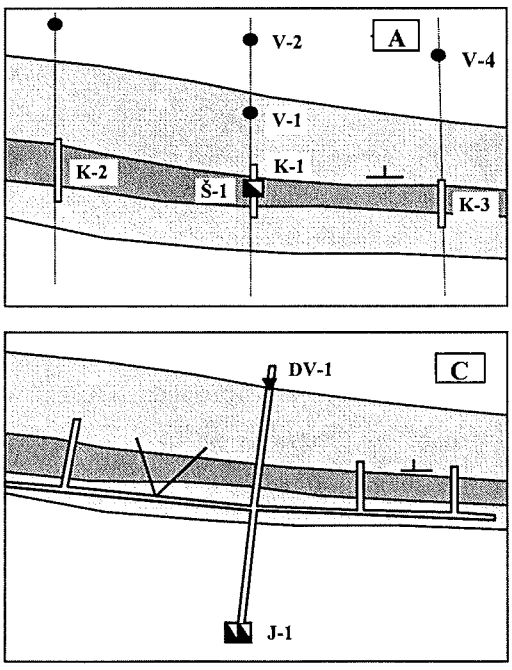


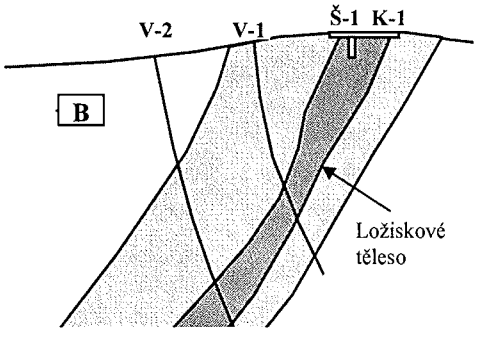
Obr.10.18

Systém průzkumu tektonicky porušeného ložiska

Při průzkumu se vedle už zmíněných ložiskových charakteristik musí sledovat všechny faktory, které ovlivňují rozhodnutí o systému otvírky, přípravy a dobývání ložiska. Zejména se to týká hornicko-geologické charakteristiky, tj. všech geomechanických faktorů a faktorů podmiňujících provádění hornických prací, jako jsou fyzikálně-mechanické vlastnosti ložiskové výplně a hornin, stupeň jejich porušení, existence vodonosných a plynonosných horizontů apod.

Příklad postupu povrchového a důlního průzkumu strmě ukloněného mocného deskovitého ložiska, vycházejícího na povrch, je uveden na obr.10.19





Obr.10.19

Systém průzkumu mocného ukloněného rudného ložiska

A - povrchový průzkum
B - profil linií vrtů V-1 a V-2
C - důlní průzkum

Průzkumná díla jsou rozmístěna na postupně realizovaných rovnoběžných profilech. Důlní průzkum je vzhledem k velké mocnosti ložiskového tělesa a k podmínkám jeho budoucí těžby realizován ze směrného překopu, raženého v podloží ložiska (tento systém nevyžaduje ponechání ochranných bezpečnostních celíků kolem základních otvírkových děl) systémem paralelních překopů doplněných horizontálními vrty. Jde tedy o průzkum systémem horizontálních řezů.

Vyhledávání a průzkum akumulací přírodních uhlovodíků se z metodického hlediska poněkud odlišuje od geologických prací zaměřených na pevné nerostné suroviny. S ohledem na charakter těchto surovin je nezbytné vycházet z řešení problémů jejich vzniku, migrace a akumulace, tzn. *sledování ropomatečných a roponosných horninových komplexů.* Akumulace ropy a zemního plynu tvoří skrytá ložiska, jejichž povrchové projevy jsou nevýrazné, nebo prakticky neexistují. Přímé příznaky jako jsou výrony zemního plynu, výskyty a impregnace ropy a produktů její degradace v horninách (asfaltu) apod. jsou poměrně vzácné (Gbely, Texas, Kalifornie apod.). Proto je hlavním úkolem *lokalizace nadějných struktur a ocenění jejich ložiskového významu.* Proces vyhledávání a průzkumu ložisek uhlovodíků se v souladu s obecným principem etapovosti dělí na čtyři etapy a to etapu základního výzkumu, vyhledávací etapu, etapu předběžného průzkumu a etapu podrobného průzkumu.

Cílem *etapy základního výzkumu* je *ocenění perspektivnosti zájmového území.* K tomu je nutno analyzovat podmínky geneze uhlovodíků v pánvi na základě studia charakteru a stupně přeměny sedimentární výplně pánve, složení a mocnosti jednotlivých litostratigrafických horizontů, druhu a charakteru rozptýlené organické hmoty v sedimentech atd.

PRŮZKUM A VYUŽITÍ GEOTERMÁLNÍ ENERGIE

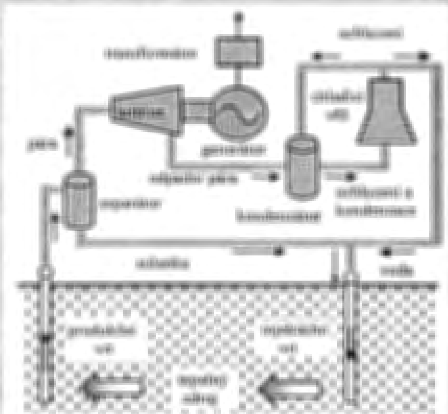
Geotermální energie je využívána k výrobě elektrické energie a pro přímé vytápění ve více než 30 zemích. Využití geotermální energie pro výrobu elektřiny se datuje již od roku 1904 (Larderello, Itálie). Největší instalované kapacity jsou v USA a na Filipínách. Zdroje geotermální energie se dělí na systémy nízkoteplotní (20-100 °C) často spojené s aktivními zlomy a vysokoteplotní (nad 100 °C) obvykle související s vulkanismem. Vyhledávání a průzkum geotermálních zdrojů se liší podle toho, zda jsou povrchové nebo skryté, jak je patrné z následujících příkladů.

Projekt Miravalles v Kostarice.

V roce 1975 byla zahájena studie o možnostech využití geotermální energie v podhůří vulkánů ležících v severní provincii Guanacaste. Vyhledáním bylo vymezeno perspektivní území v jižní části úpatí vulkánu Miravalles u města Guayabo. Průzkumnými vrty bylo vymezeno aktivní tepelné pole, spjaté s činností alkalicko-vápenatého vulkanismu, které zaujímá plochu cca 20 km². Produktivní horizont je tvořen alterovanými vulkanity (tufity, andezity, ryolity) v hloubce zhruba 1.5 km. Projekt využití geotermální energie byl rozdělen do tří etap, z nichž každá má zajistit výrobu 55 MW elektrické energie. V rámci první etapy bylo odvrtáno 29 injektážních a produkčních vrtů 1300 až 3000 m hlubokých s rozestupem více než 300 m. Obsah páry v produkčním vrtu je 13-15 %. První jednotka elektrárny byla uvedena do provozu v r. 1994. Jednotky II a III. etapy byly uvedeny do provozu v r. 1998 a 2000.

Geotermální region Waikato (Nový Zéland)

leží na Severním ostrově v kontinentální andezit-dacitové vulkanické zóně Taupo. Je zde v provozu 5 geotermálních elektráren, z nich největší jsou elektrárny Wairakei s kapacitou 164 MW a Ohaaki s kapacitou 114 MW. Zóna se vyznačuje úniky intenzivních povrchových vulkanických jevů (činné sopky v národním parku Tongariro, gejzíry, fumaroly atd.). Pohled do těchto území byla už od počátečních let moderního osídlení soustředěna pozornost. První elektrárna byla vybudována v největším poli Wairakei. Produkce páry z těžebního systému se ročně snižuje o 4 %. Proto ve třech etapách realizovány další produkční a reinjektážní vrty (například 10 vrtů v letech 1995-1996). Odpadní voda ze systému je využívána jako zdroj tepla (vytápění, farma pro pěstování krevet apod.).

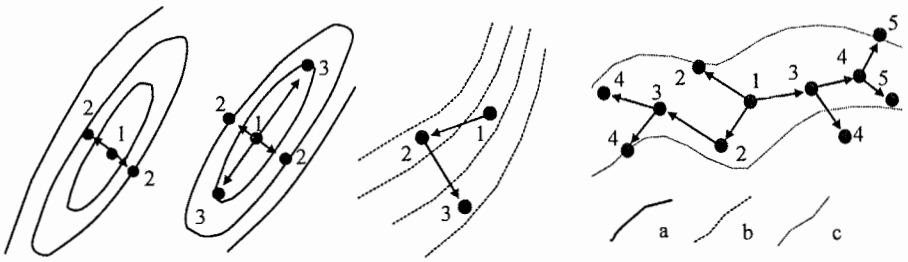


Na horním obrázku je geotermální elektrárna Miravalles v Kostarice (foto C.Šubajbal), na prostředním obrázku produkční pole Wairakei na Novém Zélandu (foto C.Šubajbal). Spodní obrázek znázorňuje schéma geotermální elektrárny Miravalle.

Dále je nutno analyzovat podmínky migrace a akumulace uhlovodíků z ropomatečných do roponosných souvrství a podmínky uchování vzniklých akumulací. Zdroji informací pro řešení uvedených problémů jsou metody dálkového průzkumu, povrchové geologické a strukturní mapování, geofyzikální výzkum (gravimetrická, geomagnetická, geoelektrická a seismická měření) a opěrné jádrové vrty včetně karotážních měření. Důležitou složkou prací je geochemický a mikroskopický výzkum organické hmoty v jádrech (stanovení obsahu organického uhlíku, typu a stupně její metamorfózy), stanovení oxidačně-redukčního charakteru prostředí podle minerálních forem Fe-S), výzkum hydrogeochemických poměrů atd.

Vyhledávací průzkum je zaměřen na *vymezení lokálních struktur a ocenění jejich pozitivnosti* alespoň jedním vrtem. Hlavní metodou je reflexní seismika v komplexu s parametrickými a strukturními vrty. Velmi důležité je zpracování modelu ložiskové pasti.

Předběžný průzkum vymezených lokálních struktur má *ověřit průmyslový význam* ložiska. Přijatý model ložiskové pasti se prověřuje vrty. Prvý vrt se lokalizuje tak, aby zastihl nejvýraznější projev struktury, ke lze získat nejvíce informací o zkoumaném ložisku. Způsob rozmísťování dalších vrtů závisí na konkrétních poměrech struktury (obr.10.20).



Obr.10.20 Systémy lokalizace vrtů při předběžném průzkumu ložisek ropy a plynu (J.Pagáč in M.Böhmer - M.Kužvart, 1993)

a - izohypsy povrchu produktivního horizontu, b - předpokládaný průběh izohyps produltivního horizontu, c - vyklínění produktivního horizontu,

Etapa podrobného (sledného) průzkumu má získat dostatečně přesné údaje o morfologii ložiska a jeho parametrech, aby bylo možné stanovit jeho racionální otvírku. Průzkumné vrty jsou rozmisťovány v profilech nebo v síti tak, aby mohly být využity při budoucí těžbě. Pro urychlení a ekonomické zefektivnění průzkumu se často aplikuje průzkum těžbou.

Cílem průzkumu je tedy postupné zpřesňování znalostí o morfologii a prostorové poloze ložiskových těles a jejich atributech a o stavbě a vývoji ložiskonosného horninového komplexu (obr. 10.21). Stále hustší průzkumný systém umožňuje detailnější pohled na zkoumané objekty. Od představy relativně homogenního, resp. kvazihomogenního objektu dospíváme k poznání heterogenity a anizotropie tělesa a horninového prostředí, které zásadním způsobem ovlivňují odhad zásob nerostné suroviny a její technologické charakteristiky a které mají podstatný dopad do otvírky, přípravy a dobývání ložiska.

Stejně jako je v řadě případů auditován výběr průzkumných objektů a projektování průzkumných programů, je prověřována realizace programu pověřenými odbornými pracovníky - supervizory, kteří jsou určováni zadavateli či investory prací. Tato praxe je běžně využívána v případě programů financovaných ze státních či veřejných zdrojů a při

dohledu nad pracemi prováděnými subdodavatelsky. Jsou-li v rámci průzkumu použita podzemní hornická díla, pak dalším dohližitelem je příslušný orgán báňské správy.

OBJEVENÍ LOŽISKA ROPY A PLYNU HRUŠKY

(podle Čurcl (in Schejbal 1979) a Buriky et al. (in Svobodová-Dan, 1984)

Průzkum ložisek zemního uhlovodíků ve Vídeňské pánvi začal již v roce 1913, kdy byl u obce Gbely v místě přirozeného výronu plynu zahájen průzkumný vrt. Průmyslová produkce ropy z tohoto ložiska započala v roce 1934. Do druhé světové války byly geologické vyhledávání používány naftové vrty. V období německé okupace byly hlavně v moravské části Vídeňské pánve zahájeny rozsáhlé vyhledávací a průzkumné práce. Až do roku 1960 byl základní metodou pro řešení geologické stavby a vyhledávání perspektivních struktur metody strukturní průzkum. Moderně organizovaný systematický průzkum založený na seismickém průzkumu, hlubokém vrtání a rozvoji výzkumných disciplín započal od šedesátých let. Na základě poznatků základního výzkumu a průzkumu byly vymezeny nalijné strukturní zóny. Výsledkem bylo objevení řady ložisek ropy a zemního plynu (Soutěsová - Gajary, Poddvorov, Hrušky, Tvrdonice, Zbrod, Láb apod.)

Ložisko Hrušky leží na východním okraji moravské části pánve přibližně nedaleko na severní od většiny ložisek ve Vídeňské pánvi zjištěna méně strukturním průzkumem. Existence hrušeckého zlomu a slovenského vyklínění na jeho pokračování byly odhaleny až na základě interpretace seismického měření z let 1955 - 1957. Hlubinný průzkum začal v roce 1958. Výskyt uhlovodíků ve struktuře byla zjištěna hned prvním vrtem. Další vrty získávaly postupně poznatky o stavbě struktury a ropo- a plynonosnosti jednotlivých pracovních horizontů. Hrušecké ložisko se rozkládá na ploše asi 10 x 1,6 km v hloubce 1050 až 2500 m. Ložiskem - hrušeckým zlomem je rozdělena na dvě kry. Pracovní ložiskové horizonty pokrývají kry jsou omezeny převážně tektonicky, zatímco ve vyšší kře převládá facielní omezení. Na struktuře bylo vyhloubeno více než 250 vrtů, počínaje postupným, přes těžební, těžební a vrtáčné až po speciální vrty pro účely podzemního zásobníku.

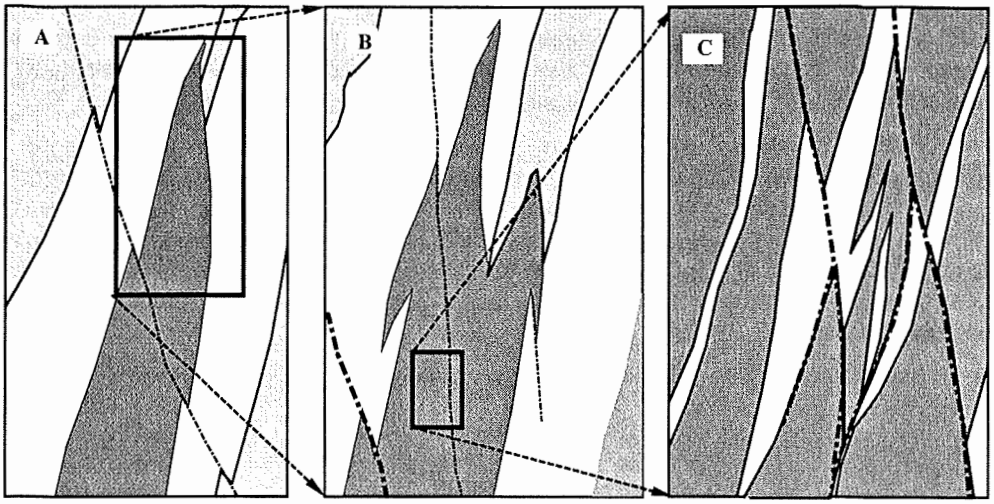
NÁLEZ LOŽISKA ROPY A ZEMNÍHO PLYNU KOSTELANY

Zpracováno podle A. Adámka et al. (in Svobodová-Dan, 1984)

Kvartérní území jihovýchodních svahů Českého masivu bylo až do šedesátých let minulého století považováno pod dojmem negativních průzkumných prací z období druhé světové války a padesátých let za nepersp ektivní. V padesátých letech se v jihu části karpatské čelní předhlubně a flyšového pásma prováděla regionální rešerš, geologická a použity prameny a letecká geomagnetická měření. Od roku 1954 se na území začal provádět reflexní a refrakční seismický průzkum. Od roku 1964 v období probíhal systematický výzkum Ústředního ústavu geologického ve spolupráci s naftovým průmyslem.

V roce 1968 byla úspěšným vrtem Lužná-1 na kostelanské elevaci v severovýchodní části Chřibů asi 11 km jižně od Kroměříže objevena v svrchnobadenských horninách krystalinika v podloží vulkanických příkrovových jednotek průmyslově zajímavá akumulace ropy a následně i zemního plynu. Tato skutečnost zásadně změnila jak názory na perspektivnost území, tak na metodiku průzkumu a vyhledávání geologických prací. To se projevilo v rozsáhlém seismickém vyhledávání a průzkumu, který vedl k objevení řady ložisek převážně uhlovodíků (Kostelany, Nětkovice, Žádovice, Dolní Dunajovice, Korytany aod.)

Ložisko Kostelany je vázáno na dvě dílčí poklesové morfologické elevace krystalinika, které jsou překryty karpatem a flyšovými příkrovy. Celkem zde bylo vyhloubeno 25 průzkumných vrtů. Dílčí ropné ložisko s plynovou čepicí Kostelany - východ leží v hloubce kolem 1500 m je vázáno na porušené a tektonicky zvětrané a rozpukané svrchní části. Mocnost roponosné části činí 58 m, největší mocnost plynonosné části 40 m. Celková plocha ložiska je 3,1 km^2. Plynové ložisko Kostelany - západ je vyvinuto v hloubce kolem 1300 m v sídelných horninách, jen více zvětralých a rozpukaných. Plocha ložiska, které je v jihozápadní části omezena zlomem, činí 2,3 km^2. Největší zjištěná mocnost plynonosné byla 87 m.



Obr.10.21 Struktura ložiska zjištěná v rámci povrchového průzkumu (A), důlního průzkumu (B) a těžebního průzkumu (C).

10.4.5. VYHODNOCOVACÍ FÁZE.

Způsob a rozsah vyhodnocení průzkumu je v zásadě určen cílem průzkumného programu. Jeho forma je uvedena po dohodě se zadavatelem prací v projektu. Postup vyhodnocování zjištěných poznatků probíhá v návazných krocích. Po shromáždění údajů je prvým krokem jejich analýza, spojená s logickou a formální prověrkou správnosti dat a jejich adekvátnosti zkoumanému objektu. Následné kroky zahrnují třídění prvotních údajů, jejich zobecnění a prostorovou, časovou a příčinnou korelaci. Nejzodpovědnějším a nejtěžším krokem je syntéza zjištěných primárních a odvozených informací, která musí být založena na systémovém přístupu k řešenému úkolu. Konečným krokem je souhrnná zpráva, jejíž součástí je v případě ložiskového průzkumu výpočet zásob a ocenění zkoumaného ložiskového objektu z hlediska možností využití. Tyto informace jsou podkladem pro návaznou plánovací, projekční a technickou činnost a proto musí být spolehlivé a vyjádřené srozumitelně a názorně. Připomeňme, že závěrečná zpráva o průzkumném programu se sestavuje i v případě negativního výsledku ložiskového záměru, tzn. nebylo-li dosaženo projektovaných cílů. V takovém případě se provede vyhodnocení z obecnějších hledisek (např. odhadem zásob neprůmyslových kategoriích nebo jiné kvalitativní skupiny nerostné suroviny atd.). Ve zprávě musí být uvedeny a vyhodnoceny veškeré zjištěné geologické skutečnosti a případně i jiné zjištěné nerostné suroviny či využitelné zdroje vod, popsány hydrologické a hydrogeologické poměry (náplň je popsána v samostatné kapitole), pokryvné útvary a všechny jevy mající vztah k péči o životní prostředí (postup řešení je rovněž uveden ve zvláštní kapitole).

Zpráva o výsledcích průzkumu zpravidla obsahuje textovou a přílohovou část. V textové části jsou obvykle uvedeny údaje o účelu průzkumu, vymezení zkoumaného objektu, popsány starší poznatky a metodika řešení. Hlavní částí zprávy je souhrn výsledků provedených terénních a laboratorních prací a jejich analýza, výpočet ověřených zásob a jejich surovinová, technologická a hornicko-geologická charakteristika. V závěrečné části je uvedeno zhodnocení použité metodiky prací a vynaložených prostředků a návrhy na využití výsledků. Nezbytnou součástí zprávy je popis environmentálních dopadů provedených prací (resp. výčet provedených opatření jejich likvidace) a výsledky ocenění environmentálních dopadů spojených s využitím ložiskového objektu. Přílohová část musí v potřebné míře

dokumentovat všechny provedené práce a jejich vyhodnocení. Zpráva a výpočet zásob jsou prověřovány předem dohodnutým postupem (interní nebo externí oponenturou, nezávislým auditem apod.). V případě financování z veřejných prostředků tento postup určuje příslušný orgán státní správy (zpravidla ten, v jehož působnosti je budoucí využití výsledků prací).

Podle Evropského předpisu pro posuzování výsledků průzkumu, nerostných surovinových zdrojů a zásob z roku 2001 se vyžaduje, aby odhady zdrojů a zásob *prováděla tzv. kompetentní osoba.* Ta je v uvedeném předpisu definována jako osoba odborně kvalifikovaná a mající odpovídající zkušenosti v hodnocení zdrojů a zásob daného typu ložisek. Požadavky na odpornou erudici se v různých zemích mohou lišit, např. požadavkem získání příslušné licence nebo členství v odpovídající profesní organizaci či instituci uznávané příslušnou komisí.

Předpis rozlišuje a definuje typy zpráv, které mají být prováděny v průběhu průzkumných a těžebních prací:

- *geologická studie* je hodnocení ekonomické životaschopnosti průzkumu v každé etapě prací;
- *předběžná studie proveditelnosti (prefeasibility study)* poskytuje předběžné ocenění ekonomické životaschopnosti dalšího průzkumu ložiska;
- *studie proveditelnosti (feasibility study)* detailně oceňuje technickou opodstatněnost a ekonomickou životaschopnost projektu využití ložiska a je základem pro investiční rozhodnutí (v principu jde o audit všech geologických, technických, environmentálních, právních a ekonomických informací);
- *báňská zpráva (mining report)* popisuje stav otvírky, přípravy a dobývání ložiska v průběhu těžební etapy.

10.5. TĚŽEBNÍ PRŮZKUM.

Metodika těžebního průzkumu se stejně jako používané technické prostředky intenzívně rozvíjí. Vývoj je vyvolán zaváděním nových technologií dobývání, které jsou založené na mechanizaci a automatizaci a potřebami komplexního využití nerostných surovin s perspektivním cílem bezodpadových technologií. Za základní trendy lze považovat:

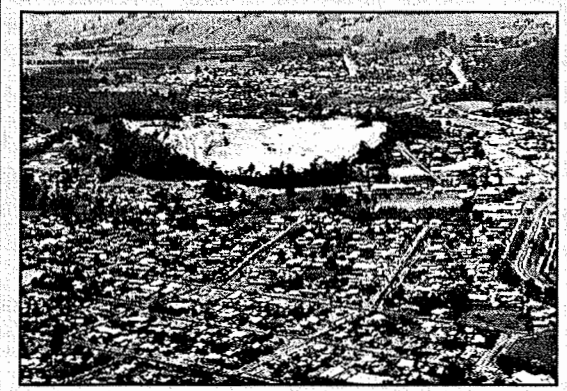
- výrazný vzrůst požadavků na podrobnost, hodnověrnost a komplexnost informací pro geologické a technicko-ekonomické ohodnocení ložiskového objektu pro potřeby volby a realizace technologií otvírky, přípravy a dobývání a pro technologii úpravy a zpracování nerostné suroviny,
- přechod na prostorové a časové modelování ložiskových objektů s alternativním řešením pro hledání optimálních variant využití a řízení těžby,
- nárůst požadavků na poznání charakteristik horninového prostředí a jejich časových změn v souvislosti s dobýváním,
- zavádění informačních technologií pro získávání, sběr a zpracování údajů pro přímé řízení průzkumných a těžebních činností.

Specifickým rysem těžebního průzkumu je, že výběr průzkumného systému nezávisí jen na geologických faktorech, ale že je v podstatné míře určován přijatým způsobem osvojení ložiska, zejména v případě hlubinného dobývání. Těžební průzkum začíná se provádí po celou dobu činnosti důlního podniku. Z toho vyplývá, že lze odlišit průzkum ve fázi otvírky ložiska, ve fázi přípravy, ve fázi dobývání a konečně ve fázi likvidace.

Úkolem *průzkumu ve fázi otvírky* je ověření a upřesnění přijatého modelu geologicko strukturní stavby ložiskonosného horninového komplexu, stavby a rozložení ložiskových těles

a doplnění poznatků o faktorech ovlivňujících bezpečnost hornické práce (hydrogeologické a plynové poměry, geomechanické poměry).

MARTHA HILL - ZLATÝ DŮL UPROSTŘED MĚSTA



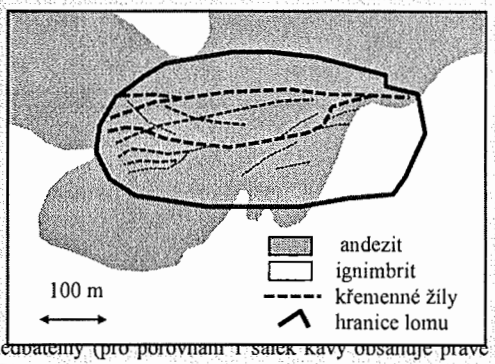
Území poloostrova Coromandel na severovýchodě Severního ostrova Nového Zélandu bylo od poloviny 19. století střediskem těžby zlata. V oblasti bylo v provozu několik desítek dolů. Pro zpracování zlatých rud zde bylo prvně použito kyanizační loužení.

Celé území je tvořeno terciérními andezity a dacity a jejich tufy vulkanické zóny Taupo. Zlato v úseku dnešního dolu Martha Hill ve městě Waihi nalezli v roce 1878 John McCombie a Robert Lee. V roce 1879 vytýčil kolem jejich sond claim o rozloze 5 akrů William Nicholl a nazval jej podle své příbuzné Martha Hill.

Ložisko bylo těženo hlubinně na 15. patrech do hloubky cca 600 m do roku 1952. Za toto období bylo vytěženo 174 t Au a 1193 t Ag z cca 12 mil. t rudy. V roce 1976 získala společnost Waihi Mining and Development licenci na průzkum ložiska a jeho širšího okolí. Průzkum byl zahájen v roce 1979 konsorciem Waihi Mining a Amax Exploration Inc. Zahrnoval povrchový průzkum výchozových partií pomocí rýh a odběru zásekových vzorků a následný průzkum povrchovými vrty. Bylo odvrtáno 92 svislých a úklonných vrtů o celkové metráži více než 13 000 m do hloubky až 450 m. Epitermální Au-Ag zrudnění (elektrum, ryzí zlato, akantit) se vyskytuje v křemenných žilách a mezilehlém žilníku. Největší žíla Martha Lode, která byla ověřena do hloubky 600 m v délce 1600 m, dosahuje mocnosti až 30 m. Hydrotermálně alterovaný ložiskonosný komplex je tvořen převážně andezitem, částečně i vulkanickou brekcií, tufy, ryolitovými ignimbrity a jíly.

V roce 1985 konsorcium doplněné o Goodman Mining a United Gold Mines předložilo žádost o těžební licenci a posouzení environmentálních dopadů budoucí těžby. Licence byla udělena v červnu 1987 nově vzniklé těžební společnosti Waihi Gold Mining Company, která ihned zahájila výstavbu lomu a povrchového vybavení včetně úpravny. Důl byl oficiálně otevřen 15. června 1988.

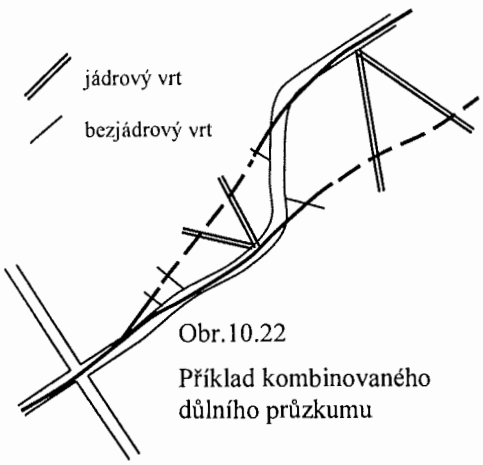
Ložisko je těženo povrchovým lomem, který leží uprostřed města Waihi (viz fotografie). V roce 2000 dosahoval lom hloubky cca 200 m. Průměrná roční těžba je cca 2 miliony t rudy, kovnatost se pohybuje kolem 3 g Au a 30 g Ag na tunu. Těžená ruda a hlušina je z lomu dopravována krytým dopravníkem do úpravny, která leží ve vzdálenosti 2.7 km na okraji města, resp. na skládku hlušiny v prostoru odkaliště. Z rozdrcené a rozemleté rudniny jsou drahé kovy získávány kyanizačním loužením a adsorbcí na aktivní uhlík (CIP proces). Kyanid je z 90 % recyklován, zbytek je z kalů chemicky odstraněn.



Obsah kyanidu na odkalištích je zcela zanedbatelný (pro porovnání 1 šálek kávy obsahuje právě tolik kyanidu jako 2 šálky vody z odkaliště). V roce 2000 bylo vyprodukováno 3.2 t Au a 25 t Ag.

Od zahájení povrchové těžby je prováděn environmentální monitoring a hodnocení jak vlastní, tak externí místními a regionálními orgány. Souběžně s těžbou se provádí rekultivace území staré podzemní těžby a je připraven plán rehabilitace území povrchové těžby (z lomu bude rekreační jezero, jeho okolí bude upraveno na park, odkaliště bude rekultivováno pro farmářské využití).

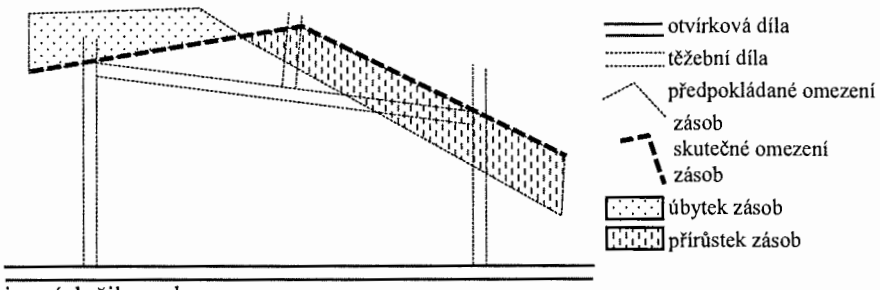
V rámci *přípravy ložiska k dobývání* je hlavním cílem těžebního průzkumu jednak ověření a doplnění znalostí o vypočtených zásobách nerostné suroviny v rámci připravovaných ložiskových těles, resp. geologických blocích, jednak průzkum okrajových a hlubších částí ložiskových těles v rámci dobývacího prostoru, které nebyly a ve skutečnosti ani nemohly z časových a ekonomických důvodů být dostatečně ověřeny v předcházející etapě ložiskového průzkumu. Významnou složkou činnosti je vzorkování ložiskových těles za účelem upřesnění látkového složení a technologické charakteristiky surovinových typů.



Obr.10.22

Příklad kombinovaného důlního průzkumu

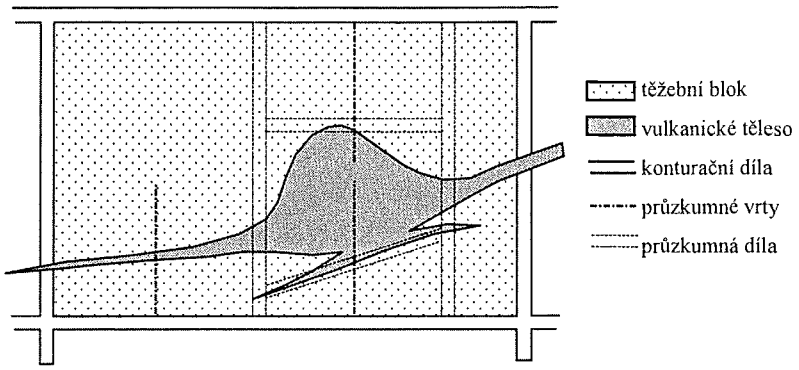
Důlní průzkum ložisek tvořených strmě uloženými žilnými systémy zpravidla využívá kombinaci důlních děl, krátkých bezjádrových vrtů a jádrových horizontálních vrtů (obr.10.22). Cílem je vytvořit pokud možno pravidelný systém průniků sledovanými tělesy. Důlní průzkum je také zaměřen na zpřesnění poznatků o poměrech uvnitř těžebních bloků, což je nezbytné pro výběr odpovídající těžební technologie. Důležitost detailního průzkumu výrazně vzrůstá v případě komplikovaných tektonických poměrů, složité a heterogenní distribuce zrudnění, nepravidelného uspořádání různých technologických typů nerostné suroviny, významných změn mocnosti, výskytu nepravidelně vyvinutých horninových žil apod.



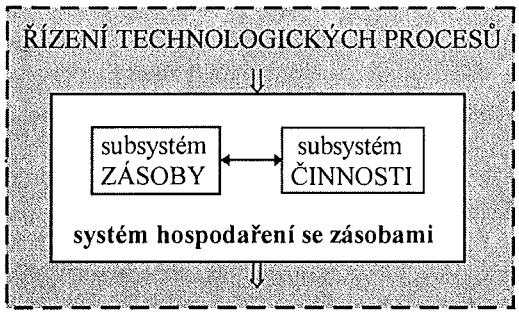
Obr.10.23 Těžební průzkum okrajové části rudního tělesa (podle Doležela 1983)

Tyto faktory se mohou projevit jak změnami hmotnosti zásob nerostné suroviny, tak změnami jejich kvalitativních ukazatelů (např. kovnatosti). Důležité je prověření okrajových partií vymezených geologických a těžebních bloků. Změna hraniční kontury může vést k úbytku či přírůstku zásob (obr.10.23). Podobně se mohou projevit vlivy vnitřní stavby bloku (obr.10.24).

Konečně v rámci těžebních prací se geologický průzkum zaměřuje na další upřesnění znalostí o vývoji ložiskových těles a rozložení kvalitativních a technologických typů nerostné suroviny v rámci těžebních bloků.



Obr.10.24 Průzkum v těžebním bloku (upraveno podle Doležela 1983)



Obr.10.25 Schéma hospodaření se zásobami

Typickým rysem současné náplně těžebního průzkumu a těžby je výstavba dynamického a plně adaptivního systému hospodaření se zásobami nerostné suroviny jako integrální součásti systému řízení technologických procesů využití ložiska (obr.10.25). Poznávání atributů ložiskového objektu a upřesňování zásob je nepřetržitý proces, který musí průběžně poskytovat podklady pro rozhodování o využití ložiska.

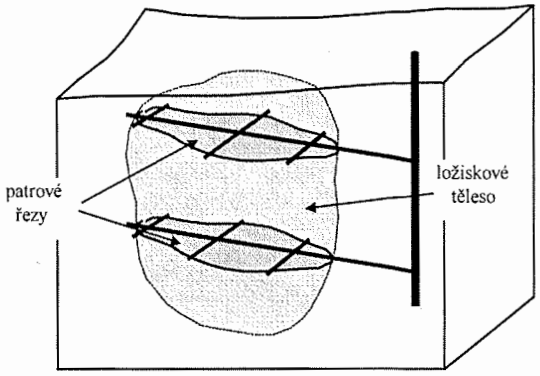
Celkově tedy lze shrnout úkoly těžebního průzkumu do dvou základních okruhů a to:

- zpřesňování znalostí o geologických, využitelných a vytěžitelných zásobách nerostné suroviny a jejich chemických, mineralogických a technologických charakteristikách v ložiskových tělesech v rámci celého vymezeného dobývacího prostoru (jde o kontinuální proces, který se odráží v subsystému „Zásoby" formou operativních výpočtů zásob, tj. sledováním úbytků zásob dobýváním či nepotvrzením předpokladů o kvalitě a morfologii ložiskových těles na straně jedné a přírůstků zásob průzkumem v okrajových a hlubších částech prostoru nebo změnami charakteristik známých zásob;
- zajišťování podkladů pro plány otvírky, přípravy a dobývání zásob nerostné suroviny, týkajících se strukturně-tektonické stavby ložiskonosného horninového komplexu včetně ložiskových těles a všech skutečností, které určují možnosti technické realizace hornických děl a bezpečnosti a hygieny práce (geomechanické, hydrogeologické a plynové poměry, náchylnost prostředí k vývoji anomálních jevů - průvalů vod, výronů plynů, samovznícení apod.).

Těžební průzkum se v případě hlubinného dobývání ložiska realizuje postupně na jednotlivých hloubkových horizontech (důlních patrech) ložiska vhodným systémem otvírkových a průzkumných děl (překopů, směrných překopů, chodeb, rozrážek, vrtů), který musí respektovat vývoj ložiskových těles. V podstatě jde o systém horizontálních řezů, resp. při použití vertikálních a úklonných děl (komínů, dovrchních a úpadních chodeb, vějířů šikmých vrtů) kombinovaný systém horizontálních a vertikálních řezů (obr.10.26).

Obr.10.26

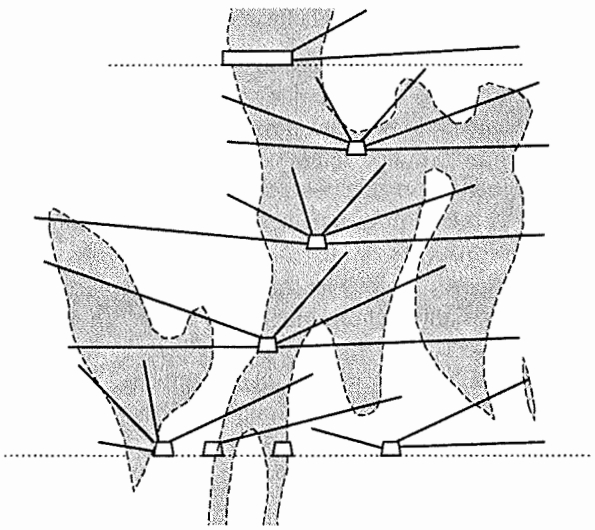
Těžební průzkum ložiska patrovými řezy



Při povrchové těžbě se průzkum provádí jednak v prostoru vlastního lomu, jednak v předpolí. Průzkum se provádí v převážné většině vrty. Hlavním cílem těchto prací je jednak doplnění poznatků o úložních poměrech a chemicko-technologických vlastnostech nerostné suroviny, jednak získání podrobných údajů o fyzikálně-mechanických charakteristikách ložiskové výplně včetně nadložních hornin, které jsou nezbytné pro volbu skrývkových a těžebních vybavení a pro výpočet stability lomových stěn.

Velkou pozornost je také nutno věnovat hydrogeologickým problémům. V případě těžby ložisek s komplikovanou stavbou a variabilními surovinovými poměry se vedle průzkumných vrtů vzorkují i vrty těžební.

Velmi podrobný těžební průzkum je nezbytný v případě hlubinné těžby ložisek složité morfologie a s neostrým omezením ložiskových těles (např. v případě vtroušeninových či prožilkových rud výkonnými těžebními metodami (dobývání otevřenou komorou z mezipatrových chodeb a pod.). Projektování a řízení dobývacích prací v takových případech musí vycházet z detailních geologických údajů a výsledků vzorkování důlních průzkumných a těžebních vrtů, aby nedocházelo ke zbytečným ztrátám z nevydobytí či ke znečištění rubaniny (obr.10.27).



Obr.10.27

Kombinovaný průzkumný systém důlních patrových a mezipatrových sledných chodeb a vějířů maloprůměrových vrtů v příčném řezu těžebního průzkumu Cu kyzového ložiska Zlaté Hory - jih.

Projekty těžebního průzkumu musí být zpracovány v dostatečném předstihu před potřebami dlouhodobého plánu využití ložiska. Jejich schvalování, prověřování a kontrola prací podléhá jednak managementu vlastního podniku, jednak příslušným orgánům báňského dozoru.

KALTIM PRIMA COAL MINE, INDONÉZIE

(Podle materiálů společnosti KPC)

Ložisko uhlí Kaltim Prima leží v severovýchodní části Kalimantanu v povodí Kutai. Je těženo společností PT Kaltim Prima Coal (KPC), kterou vlastní BP a RTZ). Uvedené společnosti získaly v roce 1978 průzkumnou licenci na území o rozloze 7900 km² ve východním Kalimantanu.

První náznaky výskytu uhelného ložiska vyplývaly z literárních údajů o výskytu úlomků uhlí v říčních sedimentech a výchozech slojí v kaňonech. Na základě toho bylo vymezeno území, ve kterém bylo realizováno geologické a geomagnetické mapování, následované vrtným průzkumem. Tím byly ověřeny uhelné sloje s významnými zásobami kvalitního uhlí. Jejich využití podporovala výhodná poloha (přístup k pobřeží, blízké trhy).

Ložisko v miocenní formaci Balikpapan obsahuje 9-29 slojí o mocnosti 1-15 m, většinou asi 2,4 až 6,5 m. Jsou uloženy ploše až mírně šikmo (5-20°). Vyznačují se velmi nízkým obsahem popela a síry. V období 1982 až 1986 bylo průzkumem ověřeno 112 Mt zásob tepelného energetického uhlí (obsah prchavé hořlaviny kolem 39 %, výhřevnost 26-28,5 MJ/kg).

Vlevo pohled do jednoho z povrchových lomů, vpravo hydraulický nakladač Liebherr

V letech 1989 až 1991 proběhla výstavba dolu a od roku 1992 začala těžba. Těžební průzkum se provádí karotovanými bezjádrovými vrty, které jsou v případě potřeby doplňovány jádrovými vrty. Uhlí se dobývá ve třech povrchových lomech.

Technologické vybavení zahrnuje hydraulické nakladače a velkokapacitní trucky. Přes 90 % těženého uhlí vyžaduje pouze drcení a třídění, zbytek je zpracováván v těžkokapalinových úpravnách. Důl produkuje dva odbytové produkty a to Prima Coal a méně kvalitní Pinang Coal.

Odbytové produkty jsou dopravovány 13 km dlouhým pásovým dopravníkem do vlastního přístavního zařízení v Tanjung Bara a zpravidla přímo nakládány na dopravní lodě (obrázek vpravo dole) nebo ukládány do zásobníků o kapacitě 350 kt uhlí Prima a 150 kt uhlí Pinang.

10.6. GEOMETRIZACE LOŽISKOVÝCH TĚLES.

10.6.1. OKONTUROVÁNÍ LOŽISKOVÝCH TĚLES.

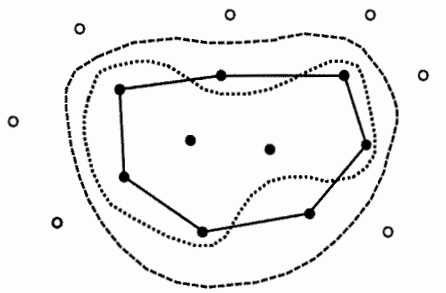
Při provádění průzkumu a vyhodnocování získaných poznatků představuje jednu z nejdůležitějších a nejodpovědnějších operací stanovení obrysu ložiskových těles. Důvodem je skutečnost, že ovlivňuje jak vedení dalšího průzkumu (zejména lokalizaci průzkumných děl), tak ve svém konečném důsledku ocenění zásob nerostné suroviny. Proto se klade důraz na dodržení jistých dohodnutých postupů, které lze shrnout do následujících pravidel:

1) Při omezování ložiskových těles se rozlišuje vnější, vnitřní a mezní kontura (obr.10.28).
   - Vnitřní kontura je tvořena úsečkami, které spojují okrajové (tzn. poslední) pozitivní průzkumné průniky.
   - Vnější kontura odpovídá geologickému obrysu tělesa v dané průmětné rovině. Je představována spojnicí bodů, ve kterých těleso nabývá nulové mocnosti, přičemž tato spojnice má odpovídat přirozenému tvaru objektu.
   - Mezní kontura je spojnice bodů, určených podle mezních ukazatelů technicko-ekonomických podmínek pro hodnocení zásob ložiska (např. mezní mocnost, mezní obsah užitkové složky, mezní užitná hodnota).

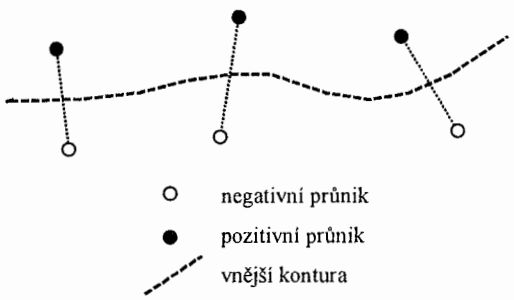
2) Pro konstrukci vnější kontury platí následující pravidla.

   a) V případě, že vedle pozitivních průniků existují i průniky negativní, ve kterých ložiskové těleso nebylo zastiženo, stanoví se vnější kontura podle principů *omezené extrapolace*:

      - při dostatečně podrobné průzkumné síti v polovině vzdálenosti nejbližších pozitivních a negativních průniků (obr.10.29), ze statistického hlediska jde o nejpravděpodobnější řešení, minimalizující chybu odhadu),
      - v případě značně variabilních ložiskových těles, nebo je-li vzdálenost mezi negativními a pozitivními průniky značně větší, než průměrná, vede se nulová kontura blíže k pozitivnímu průniku (vhodnou vzdálenost je nutno odvodit z vlastností tělesa).



Obr.10.28. Vnitřní, vnější a mezní kontura ložiskového tělesa



Obr.10.29 Konstrukce vnější kontury podle mezené extrapolace

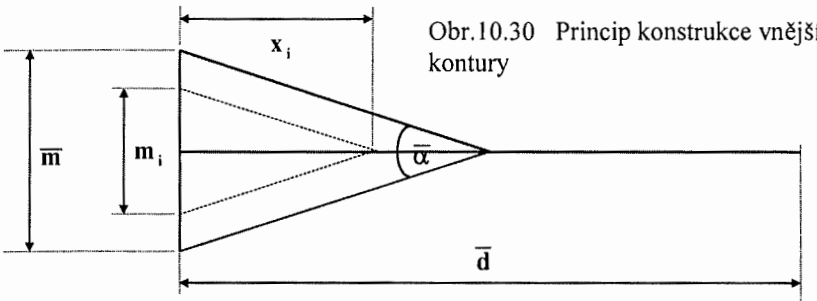
b) U pravidelně vyvinutých čočkovitých ložiskových těles lze určit polohu nulové kontury podle průměrného úhlu vykliňování (obr.10. 30)

$$tg\bar{\alpha} = 2\bar{m}/\bar{d},$$

kde $\bar{m}$ je průměrná mocnost a $\bar{d}$ průměrná vzdálenost mezi průzkumnými průniky. Bod nulové kontury na příslušné spojnici negativního a pozitivního průniku leží ve vzdálenosti

$$x_i = m_i/tg\bar{\alpha} = m_i/(2\bar{m})$$

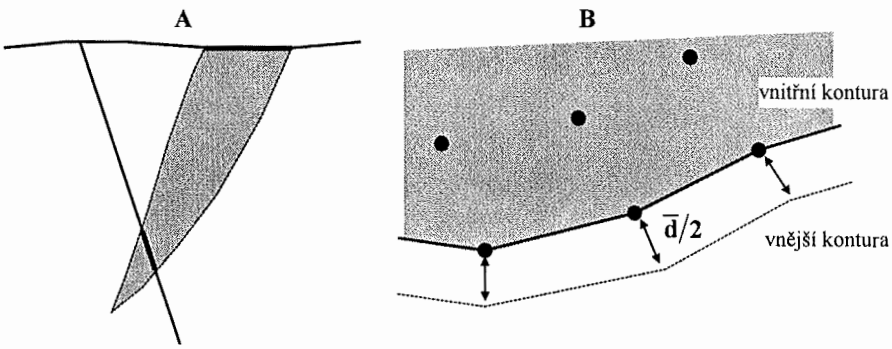
od posledního pozitivního bodu s mocností m_i.



Obr.10.30 Princip konstrukce vnější kontury

c) V případě, že neexistují negativní průzkumné průniky, určí se vnější kontura pomocí *neomezené extrapolace:*

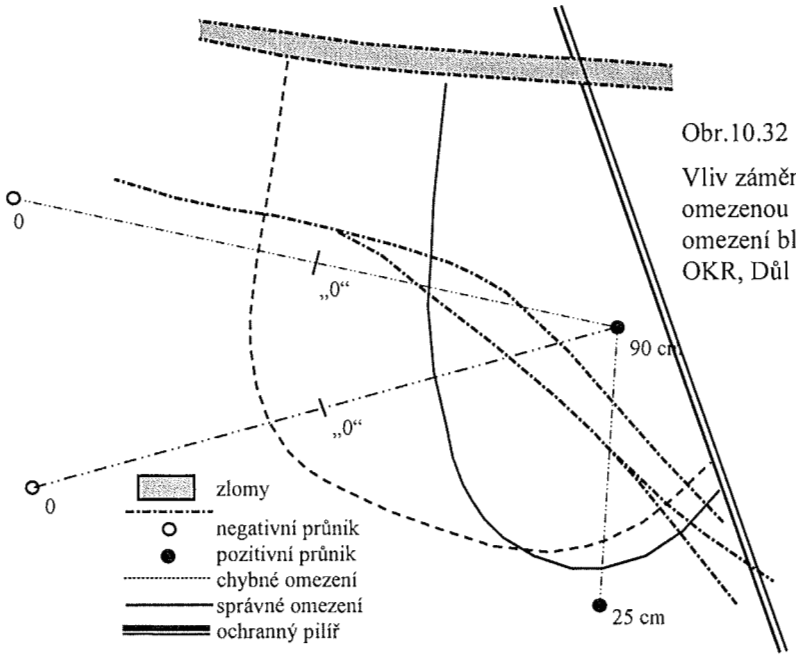
- podle geologických hledisek, založených na litologických, strukturních a dalších faktorech, které vyjadřují podmínky možného vývoje ložiskového tělesa (obr.10.31-A),
- u mocnějších ložiskových těles podle charakteru jejich morfologie vyjádřené řezy nebo mapami izolinií mocnosti (v tomto případě se vnější kontura stanoví extrapolací průběhu izolinií mocnosti z části tělesa omezené vnitřní konturou - obr.10.31-B),
- na základě formálních pravidel, kdy se body vnější kontury stanoví v polovině nebo u nepravidelných těles v třetině průměrné vzdálenosti průniků $\bar{d}$.



Obr.10.31 Konstrukce vnější kontury extrapolací. A - podle morfologie tělesa, B - podle průměrné vzdálenosti průzkumných průniků

Je nezbytné zdůraznit, že záměna interpolace za omezenou extrapolaci vede k významnému nadhodnocení velikosti ložiskového tělesa. Např. v případě konstrukce bloků zásob černého uhlí v dobývacím prostoru Dolu Lazy v ostravsko-karvinském

černouhelném revíru vedlo k nadhodnocení plochy bloků téměř o 100 % (obr.10.32). Chyba se pochopitelně zvyšuje při nízkém stupni prozkoumanosti, tj. při nízké hustotě

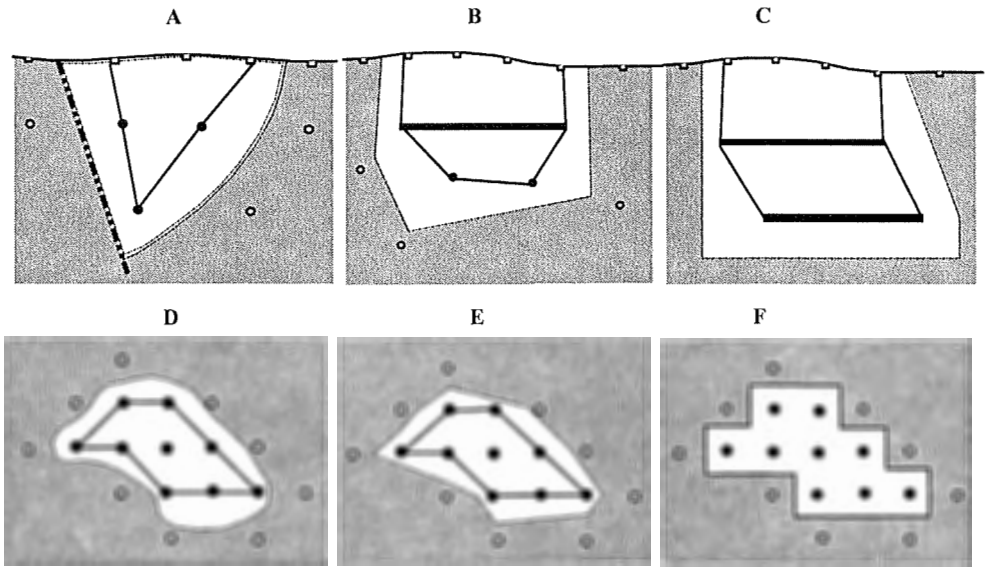


Obr.10.32

Vliv záměny interpolace za omezenou extrapolaci na omezení bloku zásob. OKR, Důl Lazy, sloj 457

průzkumné sítě.

Na obr.10.33 je znázorněno několik možností konstrukce vnějšího omezení ložiskového tělesa při různém průzkumném systému. Je zřejmé, že přednost mají postupy, které vycházejí z geologických hledisek. Není-li takový přístup možný, postupuje se podle interpolačních nebo extrapolačních pravidel.



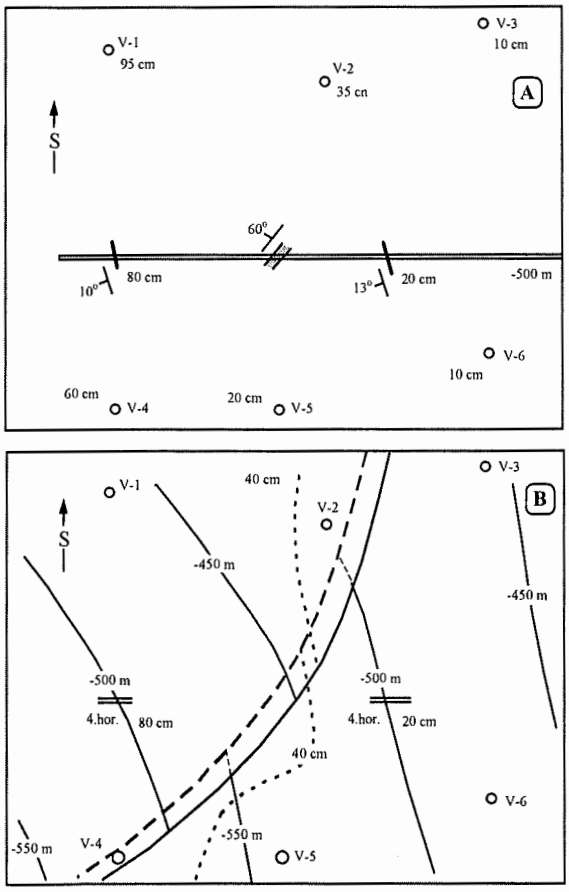
Obr.10.33 Příklady omezení ložiskového tělesa. A - geologické omezení podle zlomu a vývoje horninového komplexu, B - omezení interpolací, C - omezení extrapolací, D - omezení interpolací s respektováním přirozeného tvaru tělesa, E - omezení interpolací formálním omezením tělesa, F - omezení podle zón vlivu

10.6.2. ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY ZOBRAZOVÁNÍ LOŽISKOVÝCH TĚLES.

Interpretace poznatků získaných z průzkumných prací a zaznamenaných v písemných a grafických záznamech a nákresech označovaných jako *prvotní geologická dokumentace* vyžaduje správné zobrazení do odvozených materiálů (map, řezů apod.), které jsou označovány jako *druhotná (odvozená) geologická dokumentace,* resp. v dalším stupni *souhrnná geologická dokumentace.*

Konstruktivní zpracování získaných údajů je tak jednou z elementárních úloh, která se opakuje v celém cyklu průzkumných prací. Při řešení je nutno analyzovat poznatky z odborného geologického a ložiskového hlediska a po vytvoření geologické představy v dalším postupu striktně dodržovat geometrická konstruktivní pravidla.

Přesné konstruktivní postupy, které představují aplikaci metod deskriptivní geometrie a kterými se zabývá *geometrie ložisek*, jsou základním předpokladem věcně a ekonomicky oprávněné metodiky návazných geologicko-průzkumných prací a jejich vyhodnocení v rámci závěrečných zpráv, výpočtu zásob nerostných surovin a při projektování a řízení těžby.



Obr.10.34

Příklad geometrické interpretace výsledků důlního průzkumu uhelné sloje
A – výsledky průzkumu
B – slojová mapa

Z dlouholetých zkušeností vyplývá, že nedodržování konstruktivních postupů je jedním z velmi častých nedostatků předkládaných geologických zpráv a výpočtů zásob (obr.10.34).

Při zpracování zjištěných výsledků z realizovaných průzkumných prací se nejvíce používá pravoúhlé promítání buď na horizontální nebo vertikální rovinu - *kótované promítání.* Geologická tělesa jsou ale zpravidla omezována nepravidelnými plochami, které se z analogie s morfologií povrchu Země nazývají plochy topografické (přesně skryté topografické). Konstrukce těchto ploch vychází z údajů získaných průzkumnými a těžebními průniky různého typu (povrchová a podzemní

hornická díla, vrty), z bodových měření a interpretací geofyzikálních prací. V praxi je pro zpracování pozorování v rámci geometrického řešení potřebné použít pouze několik základních úloh, které se v rámci řešení opakují. Jsou to především následující konstrukční úlohy:

- určení směru a úklonu roviny dané třemi body (typická úloha stanovení směru a sklonu deskovitého tělesa - vrstvy, uhelné sloje, rudní žíly - zastiženého třemi průniky, např. vrty) nebo přímkou a bodem (např. uhelná sloj prozkoumaná směrnou chodbou a vrtem, rudní žíla ověřená na povrchu slednou průzkumnou rýhou a šachticí či vrtem),
- průsečík přímky s rovinou (např. stanovení potřebné délky překopu pro zastižení rudní žíly),
- vzdálenost bodu od roviny (odhad potřebné délky průzkumného vrtu pro zastižení ložiska apod.),
- průsečnice dvou rovin (řešení styku rudní žíly a odžilku, vymezení ochranného celíku v uhelné sloji , stanovení průběhu směrné chodby na projektovaném patře rudného dolu atd.),
- svislý řez topografickou plochou (konstrukce geologického řezu),
- průsečnice roviny a topografické plochy (výchoz deskovitého ložiskového tělesa na povrch),
- průsečnice dvou topografických ploch (porušení ložiskového tělesa nepravidelným zlomem, výchoz ložiskového tělesa složité morfologie na povrch, linie styku dvou nepravidelných ložiskových těles nebo ložiskového a horninového tělesa aj.),
- průsečík přímky nebo prostorové křivky s topografickou plochou (průnik vrtu s ložiskovým tělesem atd.),
- sčítání, odečítání nebo násobení dvou topografických ploch (např.při konstrukci strukturní mapy uhelného souslojí, při konstrukci map odvozených ložiskových veličin apod.).

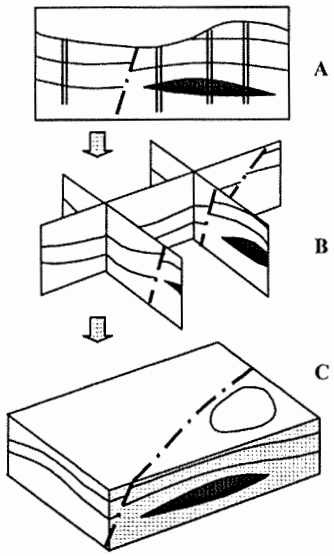
Při konstrukci blokdiagamů se obvykle používá kosoúhlé nebo axonometrické promítání, méně perspektivní promítání. Tyto projekce jsou standardní součástí specializovaného geologického programového vybavení.

Geologické a ložiskové mapy se obvykle zpracovávají v obecných souřadných systémech. Pro zobrazování větších územních celků v topografických a účelových mapách se používá Gauss-Krügerova projekce, v České republice jednotná trigonometrická katastrální síť JTSK s baltským výškovým systémem po vyrovnání Bpv. V důlní praxi se zvláště dříve používaly lokální sítě s orientací uzpůsobenou stavbě ložiskových těles.

S rozvojem počítačové techniky a softwarového inženýrství se stávají normou postupy počítačového modelování a simulací geologických objektů. V zásadě se uplatňují dva přístupy. Prvý vychází z využití standardních metod „ručního" zobrazování geoobjektů, druhý na základě projekce pozorovaných dat ve zvoleném prostoru vytváří pomocí zvolené procedury grafického zobrazování aproximaci morfologie těles a jejich vnitřních atributů. Vizualizační techniky v posledních letech výrazně pokročily od konvenčních postupů ke komplexním prostředkům plošného a prostorového zobrazení. Existuje velká řada standardních programových prostředků, které se liší jednak uživatelským komfortem, jednak svými principy (tj. použitými algoritmy). Proto je třeba věnovat pozornost výběru a především omezením aplikovaných procedur. Plošné a zejména prostorové modelování je značně citlivé na použité principy a techniky zobrazení, což vyplývá ze složitosti geologických objektů a nehomogenního charakteru zpracovávaných dat. Algoritmy musí poskytovat určitou pružnost a rychlou a jednoduchou konstrukci modelu.

Jednou z nejdůležitějších a také nejobtížnějších operací při konstrukci grafického modelu geologického tělesa je ***určení hranic***, tedy povrchu. Při modelování lze odlišit hranice definované litologickými, tektonickými či smluvními plochami (ostré čili „tvrdé" hranice ve smyslu Houldinga, 1994) a hranice odvozované pomocí mezních podmínek, např. mezním obsahem užitkové či škodlivé složky (neostré čili „měkké" hranice podle Houldinga).

Dlouhodobě jsou v geologické praxi nejobvyklejší ***plošné modely***. Ve většině případů jde o mapy objektů (např. geologické mapy), mapy morfometrických a jakostních veličin a geologické a účelové řezy. Velmi obvyklým typem plošných modelů jsou ***mapy izolinií*** reálných a skrytých topografických ploch. Počítačové techniky jejich konstrukce jsou založeny na principu vytvoření trojúhelníkového modelu (trojúhelníkové primitivy tvoří výslednou plochu) nebo ortogonálního bodového modelu plochy (gridování) za využití různých interpolačních procedur, např. statistických vážených průměrů různého typu, ploch minimální křivosti či krigovacích postupů. Tyto modely pak slouží za základ konturační procedury.



Obr.10.35
Konstrukce prostorového modelu pomocí řezů

Při sestavování prostorových modelů se používají různé přístupy. Výchozím krokem jejich tvorby je sestavení koncepčního geologického modelu, který vyhovuje praktickým poznatkům a teoretickým předpokladům. Následný postup může být různý.

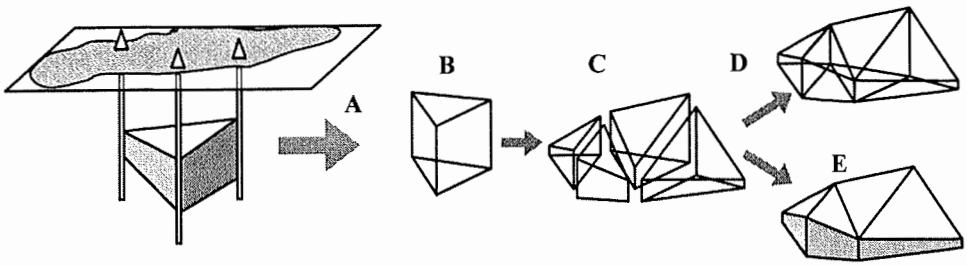
Nejjednodušší modely vznikají sloučením série paralelních vertikálních nebo horizontálních řezů v jednom nebo dvou vzájemně kolmých směrech (obr.10.35-B). Z tohoto pseudoblokdiagramu lze odvodit blokdiagram (obr.10-35-C) ve vhodném zobrazení (axiometrickém, perspektivním). Pro zobrazení morfologie prostorového modelu geoobjektu se používají různé kartografické techniky. Častým případem jsou *drátové modely*, které se skládají pouze z vrcholů a hran, nebo *plošné modely*, kdy je povrch tělesa simulován soustavou jednoduchých geometrických ploch a to buď ploch rovinných (nejčastěji trojúhelníkových) nebo zborcených (čtvercových nebo obdélníkových). Pro zvýšení názornosti sestavených prostorových modelů se často používá kombinace drátového modelu a izolinií, nebo stínování ploch. Třetím typem jsou modely vznikající pomocí *objemového modelování*, které je založeno na postupném vytvoření modelu objektu **V** pomocí sjednocení, rozdílů a průniků jednoduchých geometrických těles, tzv. primitivů $\mathbf{v}_{1...m}$, např.

$$\{[(\mathbf{v}_1 \cap \mathbf{v}_2) \cup \mathbf{v}_3] \cap \mathbf{v}_4\} \cup \mathbf{v}_5 \ldots\ldots ,$$

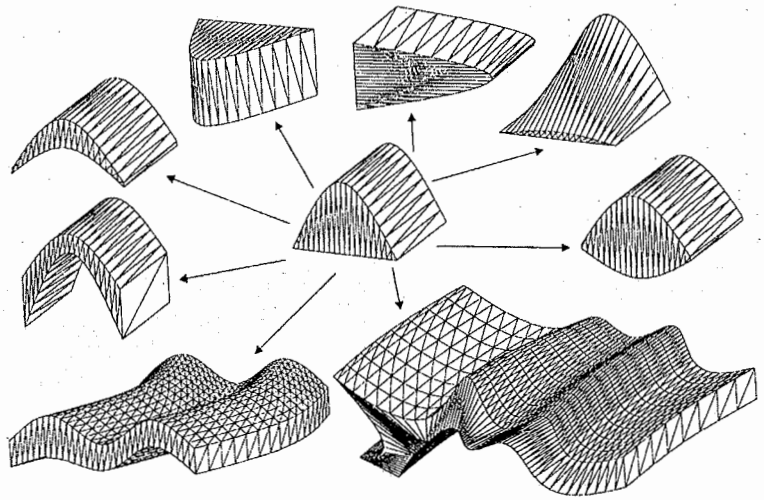
doplněných topologickými charakteristikami popisu. V rámci modelování geologických objektů lze za jednoduchá tělesa (primitivy) pokládat:

a) trojboké hranoly či kvádry (úseky geologických těles omezené průzkumnými průniky,
b) tělesa deskovitá (vrstva, sloj), čočkovitá (skarn, lakolit), lineárně protažená (peň, komín, diapiry) a izometrická (žilník),
c) vrásy a vrásové struktury,
d) zlomy a zlomové systémy.

Tyto primitivy lze jednoduše geometricky definovat a modifikovat pomocí transformací souřadnic podle charakteru modelovaného objektu (obr.10-36 a 10-37).

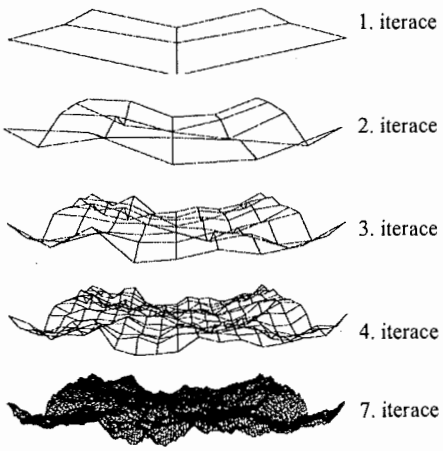


Obr.10.36 Modelování geologického tělesa transformacemi primitivu typu trojbokého hranolu
A - konstrukce základního primitivu, B - základní hranol, C - transformace základního hranolu, D - drátový model, E - objemový model



Obr.10.37 Příklad generování modifikací vrás a vrásových struktur z jednoduchého základního
primitivu vrásy (Pinto - Casas, 1996)

Převážná část přírodních objektů se vyznačuje geometrickou nepravidelností a proto je obtížné je popsat pomocí klasické geometrie. Tyto problémy překonává fraktální geometrie. Mnoho přírodních objektů lze realisticky popsat pomocí náhodných fraktálů, které jsou voleny a generovány podle odpovídající distribuce pravděpodobnosti. Protože přírodní objekty lze považovat za samopodobné (jsou tvořeny menšími součástmi, které jsou zhruba podobné celku), je možno přirozeně vyhlížející objekty reprodukovat souborem rekurzivních pravidel. Pro vizualizaci přírodních útvarů se nejvíce uplatňuje metoda přesouvání středového bodu, jejíž princip je zřejmý z obr.10.38.



Obr.10.38 Princip modelování morfologie povrchu metodou náhodného přesouvání středového bodu.

11. HYDROGEOLOGICKÝ A INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM LOŽISEK

11.1. HYDROGEOLOGICKÝ PRŮZKUM LOŽISEK.

Velmi důležitou součástí ložiskového průzkumu je studium hydrogeologie ložiska, které se zaobírá zvodněním ložiska a okolního ložiskonosného horninového komplexu.

Průzkumná a zejména hornická činnost mění přirozené hydraulické poměry ve zvodněných systémech, např. vyvolání a změny proudění, změny hydraulického spádu, změny fyzikálně-chemických vlastností podzemních vod. Vytváří totiž umělé propojení původně izolovaných vodonosných horizontů tvorbou umělých prioritních cest (vrtů, důlních děl, porušení horninového prostředí zálomovými trhlinami). Při technických dílech ražených pod úrovní místní odvodňovací báze vytváří umělou místní odvodňovací základnu, neboť v původním hydrogeologickém systému vzniká dílčí umělá hydrogeologická struktura.

Ložiskové vody v původním stavu jsou podzemní vody s volnou nebo napjatou hladinou, které se vyskytují v ložiskových tělesech a v horninách ložiskonosného komplexu, pokud jsou v hydraulickém spojení s ložiskem. V průzkumných a těžebních důlních dílech se vyskytují *důlní vody*, které představují souhrn ložiskových vod přitékajících do důlních děl, *vod technologických* a v případě těžby i *vod stařinných*.

11.1.1. PŘÍRODNÍ FAKTORY ZVODNĚNÍ LOŽISEK.

O složitosti hydrogeologických poměrů ložiska rozhodují přirozené faktory, které je třeba v rámci studia sledovat a hodnotit. Ze systémového pohledu lze vymezit několik skupin faktorů, které jsou dále uvedeny.

⇒ **Geologicko-strukturní stavba ložiskového území a ložiska**.

Je jedním z určujících faktorů, neboť v zásadě určuje podmínky cirkulace a akumulování vod prostorovým rozmístěním propustných a nepropustných horninových těles a jejich tektonickým namožením. Zejména zlomy často vytvářejí přirozené komunikační cesty, které mohou propojovat různá vodo a plynonosná tělesa s ložiskem, což může být velmi nebezpečné. Na druhou stranu mohou pásma tektonických poruch představovat nepropustné bariery zvodněných systémů.

⇒ **Petrografické složení ložiskonosného komplexu a ložiska**.

Z hlediska vývoje zvodnění jsou důležité fyzikálně-chemické vlastnosti hornin, které budují ložisko a okolní horninový komplex. Významná je struktura a textura hornin, jejich zrnitost, charakter tmelu u sedimentů, pórovitost, trhlinatost atd., které se mění laterálně i vertikálně. U ložiskových a nadložních hornin mohou být tyto vlastnosti ovlivněny hornickou činností (např. v důsledku poddolování zeminy mění svou strukturu a stávají se propustnějšími). Rozpustnost některých minerálních složek (např. solí či karbonátů) v pronikajících vodách vede jednak ke zvýšení propustnosti, jednak ke snížení pevnostních charakteristik hornin.

⇒ **Geografické a klimatické poměry**.

Vztah ložiska k reliéfu současného povrchu je důležitý, neboť určuje podmínky cirkulace vod a typ komunikace s povrchovými i podzemními zdroji vod. Nejjednodušší poměry jsou na ložiskách ležících nad místní erozní základnou a nad úrovní hladiny podzemních vod. V opačném případě jsou poměry složitější a vyžadují potřebná opatření. Nejsložitější situace nastává při přímém spojení ložiska s povrchovými vodami (pokud nejde o ložiska

geneticky spjatá s nezpevněnými sedimenty současných vodních toků a nádrží, jako jsou např. ložiska zlata se speciálními těžebními postupy. Při analýze nelze opomenout *význam studia morfologie paleoreliéfu*. Stará erozivní koryta vyplněná dobře propustnými sedimenty představují zóny akumulace podzemních vod nebo jejich sběrné cesty, které mohou být z hlediska dobývání nebezpečné. *Klimatický ráz* ložiskové oblasti určuje *srážkové poměry oblasti*, tj. intenzitu a časové rozložení srážek, které jsou z hlediska vývoje hydrologických a hydrogeologických poměrů rozhodující. Na množství srážek závisí vodnatost říční sítě a doplňování podzemních akumulací vod. Průsak srážkových vod ovlivňují podmínky morfologické (rozložení lokálních elevací a depresí, výskyt a rozsah odkryvů primárních hornin), geologicko-petrografické (propustnost či nepropustnost pokryvu a podložních hornin, výskyt poloh rozpustných hornin a krasových jevů apod.) a *charakter vegetačního pokryvu*, který jednak zachycuje část srážek, jednak ovlivňuje cirkulaci evapotranspirací.

Uvedené skupiny faktorů ve svém souhrnu rozhodují o hydrogeologických poměrech oblasti a ložiska, tj.:

- o typu hydrogeologické zóny, ke které zvodněný systém náleží (zvodněný horizont s volnou či napjatou hladinou s intenzívní, omezenou nebo žádnou vodní výměnou s povrchem, což určuje možnost doplňování statických a dynamických zásob vod a tlakové poměry),
- o hydraulických vlastnostech zvodněného systému (koeficient propustnosti, koeficient filtrace, storativita, transmisivita),
- o jeho kapacitních charakteristikách (statické zásoby).

Z hydrogeologického hlediska lze vydělit několik typů ložisek pevných nerostných surovin (Grmela - Homola 1990), které se odlišují jak charakterem zvodnění, tak způsobem dobývání:

1. ložiska stavebních surovin a rozsypová ložiska v pokryvných útvarech a ložiska kamene těžená lomy,
2. sedimentární ložiska v komplexech sedimentárních hornin
   a) s průlinovou a smíšenou propustností, b) jen s puklinovou propustností,
4. žilná ložiska prorážející horninami
   a) jen s puklinovou propustností, b) s průlinovou nebo smíšenou propustností,
5. ložiska různých genetických typů v komplexech hornin jen s puklinovou propustností,
6. ložiska ve zkrasovělých horninách nebo na styku se zkrasovělými horninami.

11.1.2. ROZSAH A METODIKA HYDROGEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU

závisí na složitosti hydrogeologických poměrů ložiska a celé ložiskonosné zóny. Výzkum a hodnocení hydrogeologických poměrů začíná už *v etapě vyhledávání*. Na základě přehledu hydrogeologogických poměrů ložiskového území se v rámci hydrogeologického mapování a výsledků pozorování z průzkumných děl sleduje postavení ložiska v hydrogeologické struktuře. Vymezují se hlavní zvodněné horizonty a předběžně se hodnotí jejich kolektorské vlastnosti a chemismus. *V etapě průzkumu* jsou na základě provedených průzkumných prací, doplněných hydrogeologickými vrty, zpřesňovány dosavadní poznatky. U jednotlivých zvodněných horizontů se určuje jejich rozsah a úložní poměry (hloubka, mocnost, plošná rozloha), hydraulické vlastnosti (pórovitost, propustnost atd.), výška volné a výtlačné hladiny a hydraulický spád, chemismus vod, obsah plynů. Ke zjištění potřebná měření jsou dlouhodobá (cca 1 rok v případě jednoduchých a minimálně 3 roky v případě složitých poměrů). Vedle hydrogeologické mapy se zpracovávají hydrogeologické řezy s vyznačením kolísání hladin a mapy hydroizohyps pro různá časová období. V závěrečné fázi

průzkumu se ložisko zařazuje do příslušné kategorie, zpracovává návrh na odvodnění ložiska v průběhu otvírky a dobývání a návrh ochrany ložiska před podzemními a povrchovými vodami. *V etapě těžebního průzkumu* pokračuje sledování hydrogeologických poměrů a podrobné hodnocení dopadů otvírkových, přípravných a dobývacích prací na množství a prostorové a časové rozložení přítoků vod do dolu. Zvláštní pozornost je třeba zaměřit na nebezpečí náhlých průvalů vod ze zvodněných horizontů a starin, včetně návrhů potřebných bezpečnostních opatření.

11.1.3. HODNOCENÍ HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ

Při hodnocení hydrogeologických poměrů ložiska se určuje řada kvantitativních a kvalitativních parametrů, nezbytných pro posouzení možností využití ložiskového objektu.

- **Součinitel zvodnění**

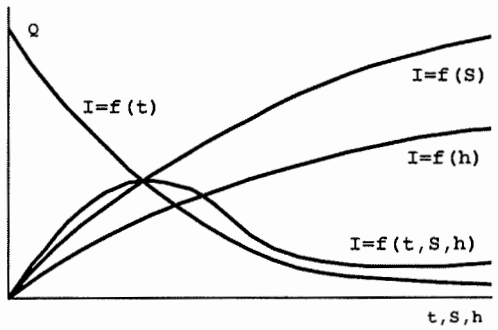
$$K = I_{\Sigma}/O_{\Sigma} \quad \left[m^3 \times t^{-1}\right]$$

I_{Σ} je celkový přítok do dolu (lomu) a O_{Σ} celková těžba,

- **Vydatnost přítoků**

$$I_{\Sigma} \quad \left[m^3 \times s^{-1}\right]$$

- **Režim přítoků** - normální, minimální, maximální a jeho časové změny.



Celkový přítok do dolu I_{Σ} vzrůstá s plochou - křivka **I=f(S)** a s hloubkou otevření ložiska - křivka **I=f(h)**. Naopak s růstem stupně odvodnění ložiska a okolního horninového komplexu - tedy s časem využití ložiska - přítok klesá - křivka **I=f(t).** Při současném uvážení uvedených faktorů dochází po prudkém počátečním nárůstu k poklesu a stabilizaci - křivka **I=f(t,S,h)**, jak je znázorněno na obr. 11.1.

Obr.11.1 Typické křivky přítoků do dolu (Grmela 1995)

- **Hodnocení hydraulického vztahu povrchových, podzemních a důlních vod**

je z praktického hlediska důležité a proto je třeba mu věnovat odpovídající pozornost. Může být založeno na:

a) posouzení vzájemných vztahů režimu vydatnosti srážek a infiltrace vody do důlních děl vizuálním porovnáním časových řad nebo statisticky (při výpočtu korelačních vztahů je třeba zohlednit časový posun - korelace „se zpožděním"),
b) posouzení režimu a fyzikálně-chemické charakteristiky povrchových a důlních vod.

- **Hydrogeologická bilance dolu.**

Množství vody čerpané z dolu na povrch je

$$I_{\Sigma} = I_{DW} + I_T - I_V - I_O \pm I_L \pm I_A,$$

kde I_{DW} je množství vod přitékajících z horninového prostředí, I_T množství provozních vod, I_V množství vody odvedené z dolu důlními větry, I_0 množství vody vyvezené spolu s

těžbou, I_L množství nespecifikovaných ztrát nebo přírůstků vody a I_A množství akumulované nebo uvolněné stařinné vody.

- **Kategorizace dolů a povrchových lomů podle intenzity zvodnění.**

Doly se z hlediska podmínek provádění hornických prací a bezpečnosti dělí podle intenzity zvodnění do třech kategorií:

I. kategorie - doly neohrožené přítoku vod a lomy odvodňované samospádem;

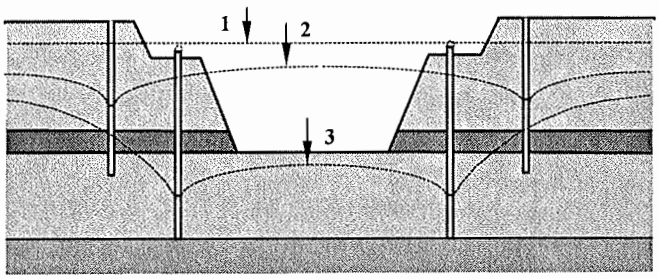
II. kategorie – doly, které jsou ohrožené přítoky vod (zvodněné systémy jsou hodnoceny jako odvodnitelné, resp. s možností snížení piezometrické úrovně či hladiny vody na potřebnou úroveň, z hlediska polohy jsou vyloučeny průvaly vod a neřízené průsaky);

III.kategorie - doly nebezpečné, s extrémními vodními či plynovými poměry (výskyt zvodněných či vodoplynonosných systémů s ložiskovými tlaky nad 3 Mpa, možnost neřízených průvalů vod ze zvodněných kolektorů, vodotečí a vodních nádrží, doly s výskytem zatopených stařinám bez dobré znalosti situace).

11.1.4. ZÁSADY ODVODŇOVÁNÍ POVRCHOVÝCH LOMŮ A HLUBINNÝCH DOLŮ.

Snižování hladiny spodní vody pro povrchové dobývání se provádí pomocí soustav čerpacích vrtů, spouštěných studní nebo čerpacích jehel (obr.11.2). Dále je nutno zabezpečit předpolí lomu před přítoky vod (odvodňovací příkopy, přeložky povrchových toků, regulační, retenční a přečerpávací nádrže) a zajistit jímání a odvádění srážkových vod a případných přítoků podzemních vod z prostoru lomu. Stejně tak je nutno zabezpečit výsypky. Při projektování odvodnění povrchového lomu je třeba uvážit nezbytný předstih před otvírkou a těžbou, který vyžaduje 3-4 roky na přípravu a realizaci odvodňovacího systému a dalších několik let na odvodňování.

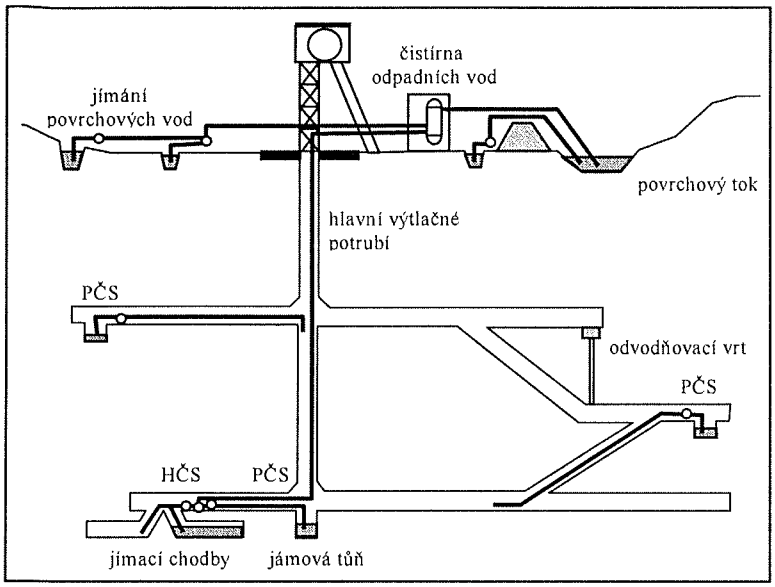
Odvodňování hlubinného dolu závisí na stupni zvodnění ložiska a okolních hornin a míře nebezpečí neřízených průvalů vod. Podle toho se musí provést technické zajištění vybudováním dostatečných kapacit čerpacích stanic a případných náhradních zařízení (obr.11.3). V případě složitějších podmínek se provádějí hydrotechnická opatření ke snížení hladiny,tlaku nebo odvodnění zvodněného horizontu (např. odvodňovací vrty, čerpací vrty či odvodňovací důlní díla). Zároveň se kolem těchto horizontů stanovují ochranná pásma, ve kterých se hornické práce neprovádějí (obr.11.4). Zvláštní pozornost je třeba věnovat vyrubaným prostorům, neboť v důsledku porušení horninového masivu jsou tyto oblasti zónami zvýšeného průsaku povrchových vod (obr.11.5). Je samozřejmé, že při ražení všech důlních děl je nezbytné sledovat jejich postup v hydrogeologických mapách a řezech a v případě potřeby zajistit předvrtávání (obr.11.6).



Obr.11.2

Schéma odvodňování povrchového lomu.

1 - původní hladina podzemní vody,
2 - snížení pro prvý řez,
3 - snížení pro potřeby dobývání



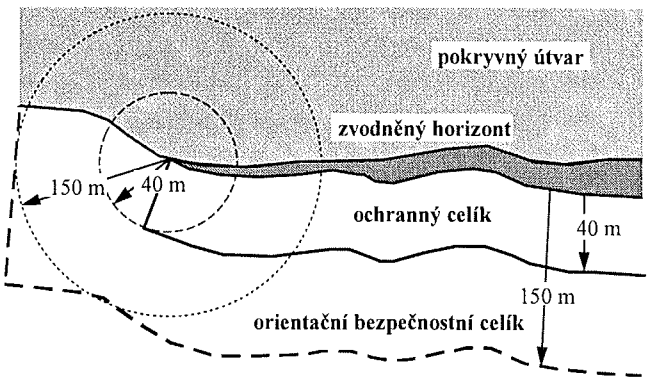
Obr.11.3

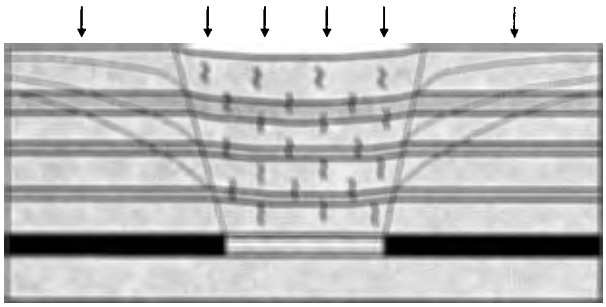
Základní systém odvodňování hlubinné-ho dolu (Grmela 1995)

HČS - hlavní čerpací stanice,
PČS - pomocná čerpací stanice

Obr.11.4

Stanovení orientačního bezpečnostního celíku a ochranného celíku kolem zvodněného horizontu s tlaky pod 1 Mpa v české části hornoslezské černouhelné pánve. (Grmela 1995)





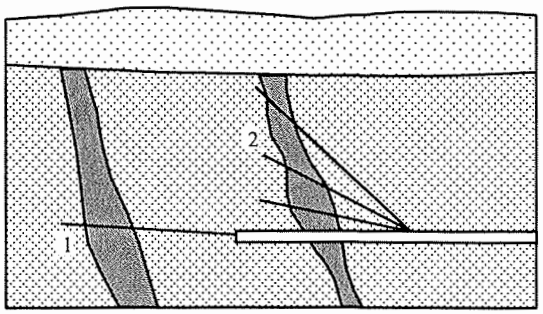
Obr.11.5

Vývoj zóny zvýšeného průsaku povrchových vod nad vytěženým prostorem (Galperin et al. 1989)

- ložiskové těleso
- vytěžený prostor
- rozrušená zóna
- úrovně drenování vodonosných horizontů

Obr.11.6
Schéma ražení překopu ve složitých hydrogeologických podmínkách (Galperin et al. 1989)

zvodněné zóny
překop
1 zajišťovací předvrt
2 drenážní vrty



Je-li hydrogeologický průzkum součástí ložiskového nebo inženýrsko-geologického průzkumu, odpovídá jeho provádění etapovitosti těchto průzkumů.

Zpráva o výsledcích průzkumu má obsahovat všechny potřebné informace o hydrologických, hydrogeologických a hydrochemických poměrech zkoumaného přírodního objektu, tj. hydrogeologického celku. To zahrnuje popis jednotlivých zvodnělých systémů a jejich hydrofyzikálních vlastností, podmínky napájení, oběhu a výronů podzemních vod, v případě ložiskových objektů stanovení přítoků, posouzení hydrogeologických rizik a možností odvodnění ložiska.

11.2. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM LOŽISEK.

Předmětem inženýrské geologie je studium vztahů mezi složkami geologického prostředí a technickými díly, které vede k prognóze možných interakcí a návrhu opatření proti nežádoucím následkům. Toto obecně platné konstatování je plně platné pro oblast ložiskového průzkumu a využívání ložiskových akumulací.

Ložiska nerostných surovin představují mimořádně složitá, heterogenní a anizotropní geologická tělesa. Geomechanické hodnocení horninového masivu a geotechnický popis ložiska proto vyžaduje komplexní využití všech geologických poznatků doplněných speciálními poznatky inženýrské geologie, hydrogeologie, geotechniky atd. Velmi důležité je studium a sledování prostorových a časových změn napěťo-deformačních procesů v horninovém masivu, které mohou mít přirozenou nebo umělou povahu příčinu.

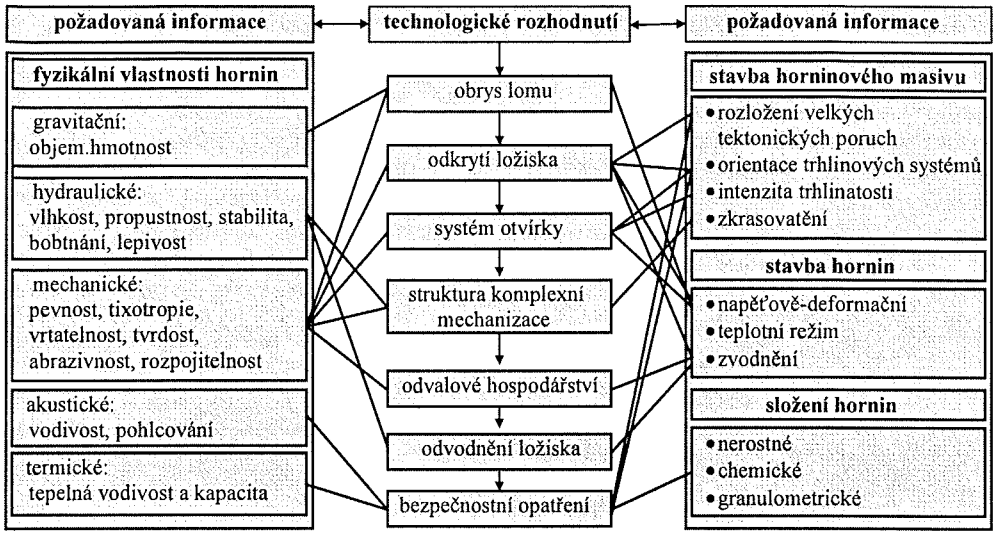
11.2.1. GEOTECHNICKÝ POPIS LOŽISKOVÝCH OBJEKTŮ.

Geotechnický popis ložisek nerostných surovin má obsahovat základní ložiskové charakteristiky, jako je geneze, tvar, rozměry, úložní poměry, charakter kontaktu s okolím (látkově kontrastní nebo pozvolný, diskontinuitní) a vnitřní stavba ložiskových těles (textury a struktury výplně) a petrografický a geomechanický popis okolního horninového masivu (Sasvári 1996). Zvláštní pozornost je třeba věnovat všem typům přeměn hornin a diskontinuit, které významně ovlivňují geotechnickou charakteristiku ložiska a posuzování stability důlních děl. Látkové diskontinuity (rozhraní horninových typů, hranice ložiska) obvykle oddělují celky s odlišnými geotechnickými vlastnostmi. Mechanické diskontinuity (vrstevnatost, foliace, puklinové a poruchové systémy, blokovitost) musí být popsány svou orientací, četností, penetrativností (rozsahem pronikání horninovým masivem), homo/heterogenitou a izo/anizotropií a dalšími speciálními atributy, jako je otevřenost, drsnost, výplň a zvodnění. Požadované údaje můžeme získat jednak přímým pozorováním a měřením v terénu a důlních dílech, jednak nepřímým způsobem odečtením z existující geologické, inženýrsko-geologické a hydrogeologické dokumentace a z geofyzikálních měření. Schéma zajištění potřebných informací je uvedeno v tab.11.1 a 11.2. Konečným cílem registrace, testování a hodnocení geomechanických údajů je prostorové vymezení geotechnických typů hornin, tzn. úseků, které lze z hlediska geomechanických vlastností považovat za kvazihomogenní.

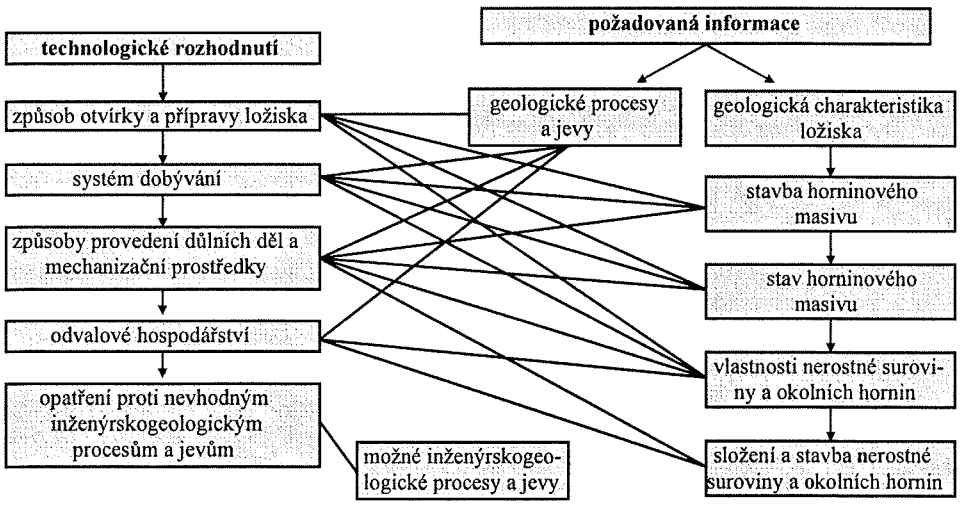
11.2.2. INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PRÁCE V ETAPÁCH LOŽISKOVÉHO A TĚŽEBNÍHO PRŮZKUMU.

Už v rámci *etapy vyhledávání* se provádí inženýrsko-geologické zhodnocení zájmového území, jehož cílem je sestavení inženýrsko-geologické mapy (pokud neexistuje) a inženýrsko-geologické rajonování území, kterým se vymezují úseky shodných charakteristik z hlediska realizace technických záměrů, v případě ložiskového průzkumu spojených s realizací průzkumných a možných hornických prací.

Tab.11.1 Schema informačního inženýrskogeologického zajištění při povrchovém dobývání (Pevzner in Galperin et al. 1989)



Tab.11.2. Schema informačního inženýrskogeologického zajištění při hlubinné těžbě (Smirnov in Galperin et al. 1989)



K tomu se využívají poznatky z těžených ložiskových objektů, nacházejících se v obdobném prostředí, výsledky terénních pozorování a zkoušek a poznatky z laboratorního hodnocení fyzikálně-mechanických vlastností vzorků. *V etapě průzkumu* se studují inženýrsko geologické poměry ložiskového území a zejména vlastních ložiskových objektů. Zaměření prací je ovlivňováno očekávaným způsobem využití zkoumaného ložiska. Pro povrchovou těžbu jsou nutné velmi podrobné údaje o fyzikálně-mechanických vlastnostech skrývkových hornin a ložiskové výplně, intenzitě rozvoje a charakteru zvětrávacích procesů, tektonickém porušení, ovlivnění fyzikálních charakteristik zvodněním atd. Důležité je ocenění stabilitních poměrů lomových stěn a výsypek. Velmi pečlivě je třeba vymezit polohy hornin s nepříznivými geologicko-hornickými podmínkami, jako jsou plastické jíly, tekuté písky či těžko odvodnitelné horniny. Pro hlubinného dobývání jsou potřebné údaje o geomechanických poměrech v prostoru ložiska, týkající se jak ložiskových těles, tak okolních a to hlavně nadložních hornin. Proto se odebírají vzorky pro laboratorní stanovení fyzikálně-mechanických charakteristik hornin a provádějí testy in situ. Výsledkem jsou podrobná inženýrsko-geologická mapa a mapa inženýrsko-geologického rajonování, ve které jsou vymezeny kvazihomogenní horninové bloky a vložené oslabené systémy (zlomy, zóny mylonitozace a rozvolnění). Dále se zpracovávají různé speciální mapy. *Fáze výstavby důlního podniku* vyžaduje další práce, spojené s průzkumem a dokumentací staveniště. *V etapě těžebního průzkumu* se provádějí výzkumy geomechanických poměrů v dole, zaměřené na stabilitu důlních děl a hodnocení možností výskytu anomálních geomechanických jevů. Ložiska jsou podle složitosti inženýrsko-geologických poměrů zařazovány do třech kategorií (tab.11.3)

. Tab.11.3 Typizace ložisek podle složitosti inženýrskogeologických poměrů (upraveno podle Gajdina et al. 1983)

kategorie složitosti	charakteristika problémů při dobývání	charakteristika horninového prostředí
JEDNODUCHÉ	Těžba nevyvolá vznik inženýrsko-geologických procesů, které by přinesly komplikace. Nejsou potřebná preventivní opatření.	Nezvodněné nezpevněné horniny a plastické zpevněné horniny. Slabě dislokované a málo zvětralé poloskalní a skalní horniny
STŘEDNĚ SLOŽITÉ	Při těžbě vznikají komplikující inženýrsko-geologické procesy. Jsou potřebná opatření ke zvýšení stability horninového masívu (odvodňování, zesílená výztuž).	Zvodněné nezpevněné a zpevněné horniny, dobře odvodnitelné, hydrostatický tlak pod 100 m. Dislokované, zvětralé a zkrasovatělé poloskalní a skalní horniny
SLOŽITÉ	Při těžbě vznikají intenzivní inženýrsko-geologické procesy. Jsou nutné značné ochranné práce - odvodňování, překládání povrchových toků apod., které mohou být ztížené nepříznivými vlastnostmi hornin, tektonickou porušeností, velkou hloubkou či složitými úložními poměry.	Zvodněné nezpevněné horniny velké mocnosti s krajně nepříznivými inženýrsko-geologickými vlastnostmi a úložními poměry, hydrostatický tlak nad 100 m, časté faciální změny. Poloskalní a skalní horniny intenzivně dislokované, se zónami drcení, zvětrání či zkrasovatění.

Výzkum přirozených a uměle vyvolaných geodynamických jevů a především jejich změn a kritických projevů (sesuvy, geotektonické pohyby, horské otřesy, závaly, průtrže plynů, průvaly vod) představuje důležitou součást podrobného a těžebního průzkumu. Cílem je klasifikovat horniny podle náchylnosti ke kritickým projevům a určit jejich možná ohniska.

Povrchová těžba vyvolává radikální zásahy do napěťového stavu horninového masivu, které se projevují deformacemi gravitačního typu. Základními příčinami jejich vzniku je nevhodná volba orientace a sklonu svahů lomu vzhledem ke geologické stavbě. Např. v povrchových lomech severočeských hnědouhelných pánví se vyskytují sesuvy v oblastech diskontinuit vázaných na zlomová pásma podloží pánve a fosilních deformací pánevní výplně. Nebezpečné jsou okraje uhlonosné pánve, kde je sklon svahů lomu směrově shodný s

úklonem vrstev. Deformace povrchu a podloží v předpolí lomů mohou být vyvolány ukládáním hlušiny na výsypky. Podpovrchová těžba způsobuje rozvolňování a přetváření horninového masivu, které se může projevit na povrchu poklesy, oživením nebo vznikem svahových pohybů, oživením pohybů po zlomových strukturách a ovlivněním výšky hladiny a režimu povrchových a podzemních vod. Poklesávání povrchu může být vyvoláno i intenzivním odčerpáváním vod z vodonosných horizontů (Tokio, Mexico City) či těžbou ropy a plynu (Long Beach u Los Angeles). Vážný problém představují v oblastech s dlouholetou hornickou činností stará důlní díla, u kterých není známa přesná lokalizace ani způsob likvidace.

Inženýrsko-geologický průzkum se obecně realizuje v etapové struktuře se zaměřením na různé objekty a s odlišnými cíly, počínaje od řešení stabilitních otázek výstavby těžeben nerostných surovin, průmyslových, sídlištních, vodohospodářských či komunikačních objektů, až po řešení geodynamických jevů. Jeho výsledky se soustřeďují do inženýrsko-geologické zprávy, kterou by měl zpracovat odpovědný řešitel (inženýrský-geolog, geotechnik) ve spolupráci s příslušným profesním inženýrem. Závěrečná zpráva zahrnuje geologickou a geotechnickou část. V geologické části se vedle obecně vyžadovaných informací vyžaduje identifikace popis jevů, které mohou mít inženýrsko-geologický význam (poruchy, geodynamické jevy).

Zvláště je nutno uvést. popis a ohodnocení obecných geologických rizik, které mohou ovlivnit uvažovaný záměr. Geotechnická část zprávy obsahuje výsledky průzkumu a testování pro posouzení geotechnických poměrů lokality a závěry pro uvažovaný technický záměr.

Obr.11.7
Vrt pro geotechnické zkoušky

Obr.11.8
Dokumentace hluboké průzkumné rýhy

12. OPTIMALIZACE GEOLOGICKÉHO PRŮZKUMU.

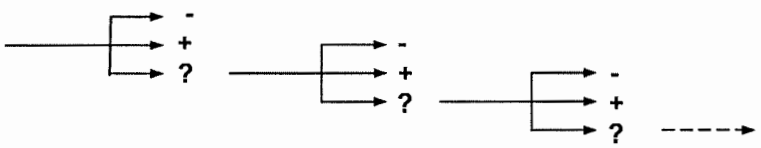
12.1. PRINCIPY ROZHODOVÁNÍ.

Průzkumná geologie představuje samostatný interdisciplinární obor s velmi různorodou náplní, s vlastní teoretickou bází a pracovními postupy. Řešení úkolů probíhá ve velmi variabilním geologickém prostředí a za silně se měnících vnitřních a vnějších podmínek, přičemž požadovaných cílů může být dosaženo různými postupy a prostředky. Zcela zásadním atributem je ***pravděpodobnostní charakter determinantů, parametrů i výsledků průzkumného procesu***. To jsou důvody, proč se při plánování a optimalizaci průzkumných prací používají různé matematické modely a techniky ponejvíce pravděpodobnostní povahy.

Geologický a zejména ložiskový průzkum probíhá v prostředí rizika a velmi často i neurčitosti a tedy se značnou pravděpodobností ztrát. I když se s růstem stupně prozkoumanosti neurčitost snižuje, pravděpodobnostní charakter výsledných informací zůstává stále zachován. Už po řadu desetiletí se v průzkumné praxi úspěšně uplatňuje etapový přístup, i když byl rozvíjen spíše intuitivně. Etapová struktura činnosti jako hlavní metodicko-organizační princip určitým způsobem optimalizuje průzkumnou činnost ve smyslu dosažení maximálního (?) efektu při minimálních (?) nákladech.

Hlavní problém je nalézt ***efektivní řešení sekvenčního průzkumného programu*** popsaného rozhodovacím stromem na obr.12.1. V každé etapě existují tři možná rozhodnutí a to:

- ukončit práce v důsledku negativních výsledků,
- ukončit práce pro vyhovující pozitivní výsledky (např. nalezení a ověření průmyslově využitelného ložiska),
- pokračovat v pracích další průzkumnou etapou.



Obr.12.1 Rozhodovací schéma průzkumného programu

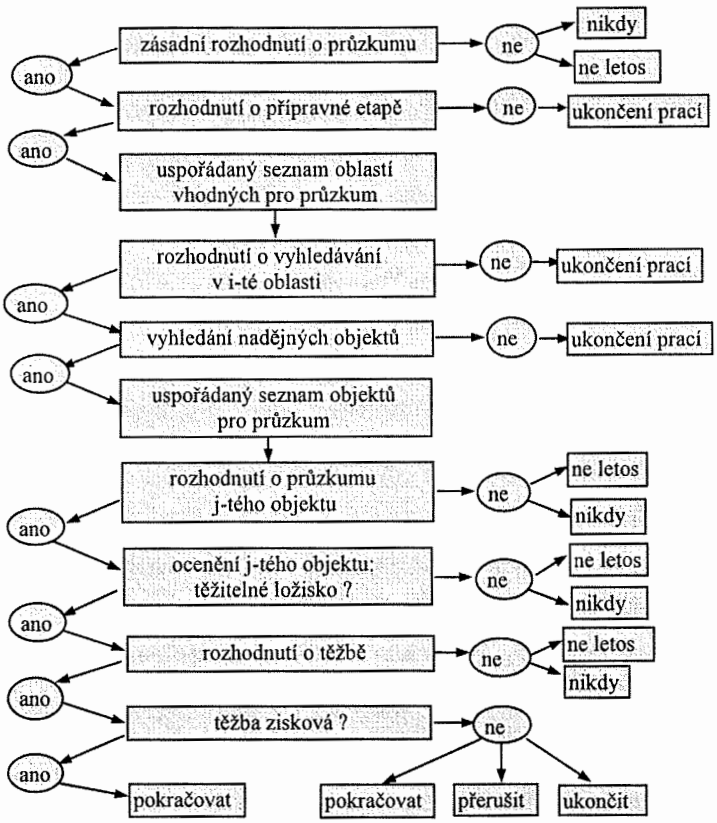
Posouzení nadějnosti pokračování konkrétního průzkumného programu je prakticky velmi důležité, neboť umožňuje optimalizovat využití existujících materiálních a časových zdrojů. Jestliže je cílem prací ložiskového průzkumu popsat hmotnost **Q** a kvalitu **K** zkoumaného ložiskového objektu, pak rozhodovací funkce bude

$$D_j(Q,K|P)=\begin{cases} d_{j1}.....(Q^+ \le Q_0)\cup(K^+ \le K_0) \\ d_{j2}.....(Q^- \ge Q_0)\cap(K^- \ge K_0) \\ d_{j3}...(Q\langle Q_0\langle Q^+)\cup(K^-\langle K_0\langle K^+) \end{cases}$$

kde Q_0 je požadovaná minimální hmotnost zásob a K_0 požadovaná minimální kvalita zásob, Q^- a Q^+ dolní a horní mez konfidenčního intervalu odhadu hmotnosti zásob, K^- a K^+ dolní a horní mez konfidenčního intervalu odhadu kvality zásob při zadáním vybrané pravděpodobnosti **P**.

Rozhodování má v každé etapě jinou náplň a jiný efekt (obr.12.2). Jeho praktické dopady jsou zpravidla větší při řešení průzkumných a těžebních programů, neboť mají za následek velké náklady, environmentální dopady atd. Ale i ve sféře geologického výzkumu

existují velmi nákladné projekty (např. výzkum hlubinné stavby zemské kůry) a proto i v této oblasti musí být rozhodovacímu procesu věnována patřičná pozornost.



Obr.12.2 Typy rozhodnutí v průzkumné sekvenci (Wignall- DeGeoffroy 1987)

Přijetí jakéhokoliv rozhodnutí je založeno na logickém rozboru řešeného programu. Jako pomocný prostředek je výhodné využít metod rozhodovací analýzy. Detailní rozbor rozhodovacího procesu vyžaduje ocenění rizika řešeného programu, kterou můžeme vyjádřit pravděpodobností jednotlivých variant rozhodnutí. Další možnost dává postup založený na sestavení rozhodovacího stromu celého projektu a ocenění jednotlivých alternativ, což vyžaduje podrobnější analýzu řešeného úkolu. Pro každou větev stromu je totiž třeba stanovit jeho hodnotu (náklady, výnosy a zisk) a ocenit pravděpodobnost výsledku.

12.2. VÝBĚR METODICKÉHO KOMPLEXU.

Výběr a optimalizace metodického a odpovídajícího technologického komplexu jsou velmi obtížné a teoreticky nejméně rozpracovány. Pro řešený průzkumný úkol musíme v každé etapě zvolit z řady možností specifický postup činností, přičemž důsledky takového rozhodnutí nejsou předem známy a lze je jenom odhadovat. Je skutečností, že při přípravě metodického komplexu je posuzována vhodnost každé metody v podstatě izolovaně, bez analýzy efektivnosti a nákladovosti možných kombinací metod, neboť dosud nejsou spolehlivě prošetřeny informační vazby mezi metodami a jejich kombinacemi. Proto se výběr metodického komplexu dosud prováděl intuitivně, na základě subjektivního posouzení

expertů. Rozhodnutí o vhodnosti zvoleného metodického komplexu je tedy dosud v zásadě založeno na zkušenostech experta, na metodě "pokusu a omylu" nebo na retrognóze (tj. využití dříve realizovaných komplexů při řešení obdobných situací).

Předpokládejme, že z množiny všech známých průzkumných metod **{M}** můžeme pro objekt průzkumu **C**, geologické prostředí (typovou situaci) **G** a etapu řešení **J** vybrat určité metodické komplexy

$$\{M_i;C,G,J\} = \{M_{i1},M_{i2},...,M_{in};C,G,J\},\ i=1,..,m$$

pro které můžeme určit

- náklady na realizaci $N_i = f_N(M_{i1},M_{i2},...,M_{in};C,G,J)$,
- dobu realizace $T_i = f_T(M_{i1},M_{i2},...,M_{in};C,G,J)$,
- kvalitu řešení $K_i = f_K(M_{i1},M_{i2},...,M_{in};C,G,J)$,
- efektivnost $E_i = f_E(M_{i1},M_{i2},...,M_{in};C,G,J)$.

Jsou-li v rámci zadání průzkumného úkolu stanoveny přípustné náklady N_p, přípustná doba realizace T_p, požadovaná kvalita řešení K_p a efektivnost prací E_p, pak můžeme říci, že racionální bude takový komplex, který bude vyhovovat podmínkám

$$[(N_i = N_p) \cap (T_i = T_p) \cap (K_i = K_p) \cap (E_i = E_p)]$$

Takový racionální komplex, u kterého efektivnost $E_i \rightarrow \mathbf{max}$, považujeme za optimální.

12.3. OPTIMALIZACE PRŮZKUMNÝCH SYSTÉMŮ.

Výběr vhodného průzkumného systému je důležitou součástí racionalizace činností ve všech etapách průzkumu, neboť přímo ovlivňuje náklady a reálnost výsledků. Pod termínem "průzkumný systém" chápeme plošné nebo prostorové uspořádání pozorování (průzkumných bodů či průniků) ve zkoumaném objektu. Současná metodika vede k postupně vytvářeným víceméně pravidelným průzkumným systémům, které lze charakterizovat hustotou a geometrickým rozmístěním míst pozorování (průzkumných bodů či průniků). Na obr.12.3 jsou uvedeny změny hustoty systému vyjádřené průměrnou vzdáleností míst pozorování v jednotlivých etapách a fázích prací na vybraných ložiskových objektech. Závislost lze vyjádřit jednoduchým vztahem

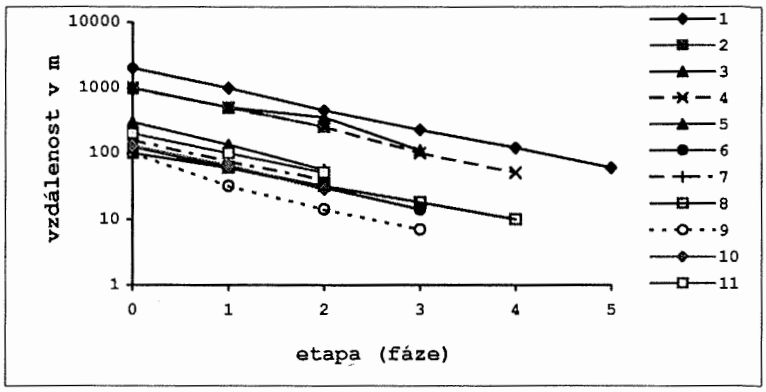
$$A = A_0 \times 2^{-S}$$

kde **A** je průměrná vzdálenost, A_0 základní modul závislý na ekonomické hodnotě a průzkumném typu ložiskového objektu a **S**=0,1,2... pořadí etapy (fáze) počínaje etapou vyhledávacího průzkumu a konče fází těžebního průzkumu.

Struktura průzkumného systému je určována v prvé řadě geometrickými a vnitřními kvalitativními i kvantitativními vlastnostmi zkoumaných geologických objektů. Druhou skupinou faktorů, které ji ovlivňují, jsou faktory technicko-ekonomické, vyplývající z hodnoty objektu a ekonomických možností jeho zkoumání. Výběr základního modulu průzkumného systému A_0 a prostorového rozmístění míst pozorování je ovlivňováno přírodními faktory, kterými jsou:

- celkové rozměry a hloubka uložení zkoumaného objektu,
- statistická a geostatistická variabilita morfometrických a látkových atributů,
- geometrická a vnitřní anizotropie objektu,
- charakter geologicko-strukturní stavby oblasti průzkumu a zkoumaného objektu.

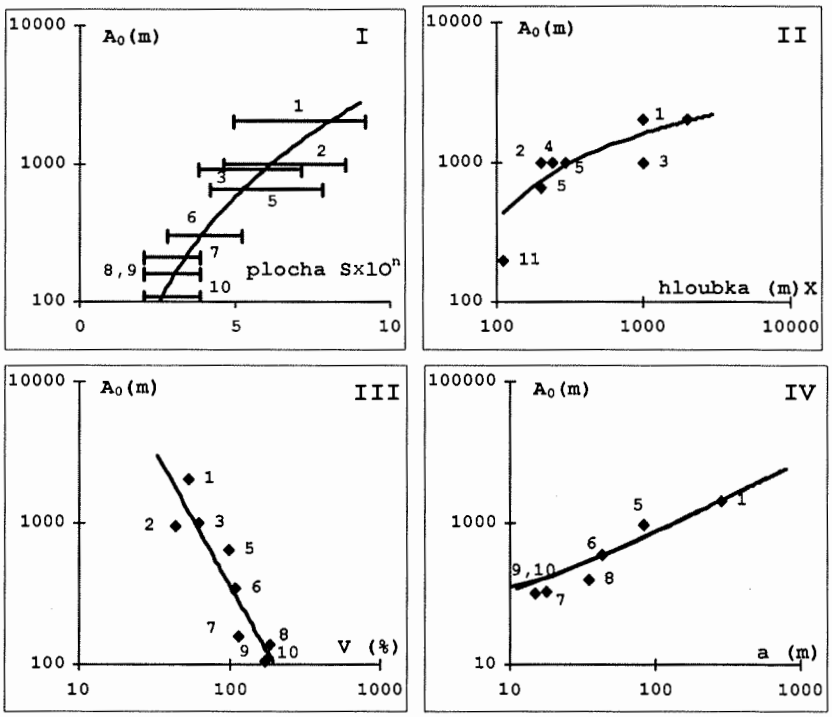
Význam těchto faktorů na stejných ložiskových objektech, které jsou uvedeny na obr.12.3, je charakterizován na obr.12.4.



Obr.12.3 Závislost průměrné hustoty průzkumného systému na etapě/fázi průzkumu (Schejbal 1988). Vysvětlivky jsou uvedeny na následující straně.

1- česká část hornoslezské černouhelné pánve, 2- jihomoravská lignitová pánev, 3- dolnoslezská uhelná pánev, 4- severočeská hnědouhelná pánev, 5- severočeské uranové ložisko pískovcového typu, 6- hydrotermální uranové ložisko Rožná, 7- hydrotermální Cu-kyzové ložisko Tisová, 8,9- hydrotermální polymetalická kyzová ložiska zlatohorského a hornobenešovského revíru, 10- Sn-W greisenové ložisko Horní Slavkov, 11- kaolinová ložiska karlovarské oblasti.

Význam těchto faktorů na stejných ložiskových objektech charakterizují následující grafy, které popisují: závislost základního modulu A_0 na rozměrech objektů (I), hloubce uložení (II), statistické variabilitě (III) a prostorové variabilitě (IV)



Obr.12.4 Závislost základního modulu A_0 na rozměrech objektů (I), hloubce uložení (II), statistické variabilitě (III) a prostorové variabilitě (IV) . (Schejbal,1988)

Zatímco význam rozměrů zkoumaných objektů a jejich prostorové pozice je evidentní a obecně respektovaný, vliv dalších faktorů je v praxi obvykle opomíjen. Je ale zřejmé, že charakter prostorové distribuce určujících atributů je pro správné řešení podstatný. V zásadě musíme odlišit optimalizaci průzkumného systému

- v etapě vyhledávání, kdy je hlavním cílem nalézt ložiskový objekt, jehož pozice není v zájmové oblasti známa,
- v etapě průzkumu, kdy je cílem popsat morfologii objektu a prostorovou variabilitu jeho atributů.

12.3.1. OPTIMALIZACE VYHLEDÁVACÍHO SYSTÉMU.

V etapě vyhledávacího průzkumu lze problém optimalizace průzkumného systému zjednodušit z prostorového na plošné řešení, tj. na úlohu optimalizace průzkumné sítě. Ekonomická efektivnost průzkumného systému etapy vyhledávání je vyjádřena účelovou funkcí

$$\mathbf{Eff = f\,[H,P(Z),N] = max}$$

kde H je celková hodnota hledaného objektu a N jsou celkové náklady na provedené práce. Tuto obecnou formulaci lze transformovat do konkrétního vzorce

$$\mathbf{Eff = P(V) \times \sum_{j=1}^{m} P_j(Z) \times E(H_j) - \sum_{j=1}^{m} E(N_j) = max}$$

kde **P(V)** je pravděpodobnost výskytu a $\mathbf{P_j(Z)}$ pravděpodobnost zastižení objektu, $\mathbf{E(H_j)}$ je očekávaná hodnota j-tého objektu a $\mathbf{E(N_j)}$ očekávané náklady na jeho objevení. Odhady lze získat statistickým modelováním nebo analýzou realizovaných průzkumných akcí obdobných objektů. Budou-li náklady na každý průzkumný bod přibližně stejné a známe-li celkové přípustné náklady $\mathbf{N_p}$, můžeme problém optimalizace průzkumného systému definovat jednodušším způsobem bez potřeby odhadu hodnoty ložiskového objektu. Protože počet bodů je

$$\mathbf{n_p = N_p / N_i},$$

a plocha připadající na jeden bod (jednotková plocha sítě)

$$\mathbf{s_p = S/n_p = d_a \times d_b}$$

($\mathbf{d_a}$ je vzdálenost průzkumných linií a $\mathbf{d_b}$ vzdálenost průzkumných bodů na linii). Můžeme tedy formulovat podmínky optimalizace následovně:

$$\left.\begin{matrix} \mathbf{P(Z)} \\ \mathbf{d_a \times d_b} \end{matrix}\right\} \rightarrow \mathbf{max}$$

12.3.2 OPTIMALIZACE SYSTÉMU V ETAPĚ PRŮZKUMU.

Cílem průzkumu je popsat morfologii ložiskového objektu a kolísání jeho atributů. Optimalizačním kritériem tedy obecně bude jistý ukazatel statistické nebo prostorové variability určujících veličin. V průběhu času byla navržena řada postupů, které můžeme rozdělit na metody empirické, statistické a geostatistické.

Do skupiny ***empirických metod*** náleží řada postupů, které jsou v podstatě založeny na využití zobecněných poznatků z realizovaných průzkumných programů. Některé z nich mají povahu jistých doporučení, jako např. metoda analogie (tabulky doporučených vzdáleností průzkumných děl pro jednotlivé typy ložisek v různých průzkumných etapách). Metoda zjednodušování průzkumného systému vychází z výpočtu relativní chyby odhadu ložiskových

atributů (zásob, mocnosti, kvality apod.) z řady systémů, které vznikají postupným vypouštěním realizovaných pozorování na dobře prozkoumaném objektu. Jestliže r_0 je hodnota parametru R určená ze všech pozorování a r_i hodnota vypočtená při i-tém zjednodušení systému (např. z 3/4, 1/2, 1/3 počtu pozorování), pak relativní chyba

$$\Delta r = 100 \times \frac{|r_i - r_0|}{r_0}$$

Pro přípustnou relativní chybu Δr_{krit} se stanoví z grafu závislosti relativní chyby na počtu pozorování odpovídající počet pozorování n_{krit}, který se aplikuje při průzkumu analogického objektu (obr.12.5).

OPTIMALIZACE SÍTĚ POVRCHOVÉHO VRTNÉHO PRŮZKUMU V RUDNÍM REVÍRU HORNÍ MĚSTO U RÝMAŘOVA

Cílem bylo stanovit takovou síť průzkumných vrtů, která by respektovala charakter prostorové distribuce a morfologie předpokládaných rudních těles na straně jedné a ekonomická omezení na straně druhé a která by zajistila pokud možno nejvyšší pravděpodobnost objevení hledaných objektů (Schejbal 1998).

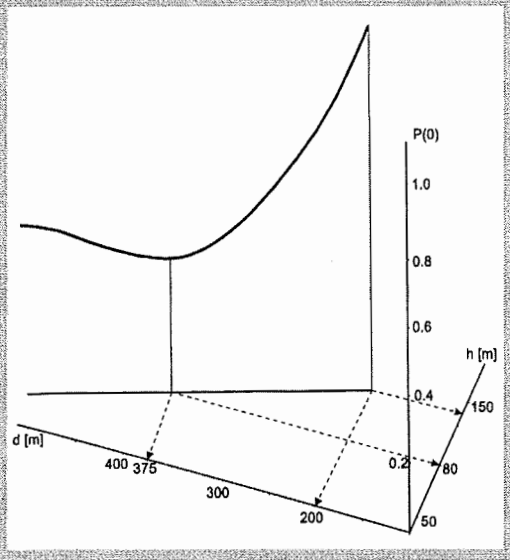
Optimalizace vycházela z následujících předpokladů, které byly odvozeny ze starého vytěženého ložiska a z geologicko-geofyzikálních znalostí revíru:

- průměrný horizontální průmět rudních těles je 350 x 50 m,
- prostorová orientace rudních těles je podřízena stavbě horninového komplexu,
- rudní tělesa jsou v zóně příznivých hornin rozmístěna.

Výběr konkrétní průzkumné sítě závisí na upravené účelové funkci, tj. na pravděpodobnosti řešení a průzkumných nákladech. Jestliže zvolíme pravděpodobnost **P(Z) = 0.8**, pak vhodná síť s minimálními náklady je 350 x 45 m, což odpovídá hustotě 63 vrtů na 1 km^2. Na obrázku jsou znázorněny změny pravděpodobnosti nezastižení P(0), přičemž platí

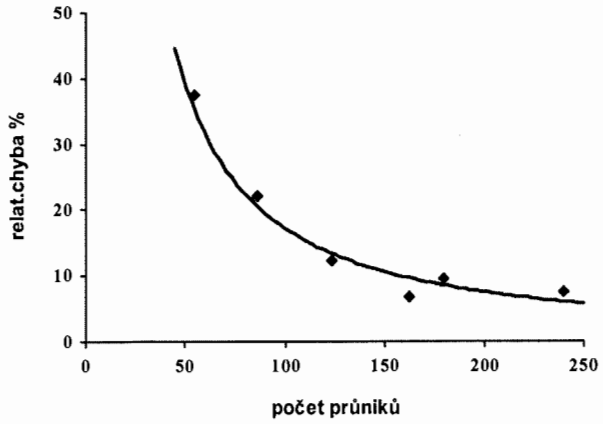
$$P(Z) = 1 - P(0)$$

Je zjevné, že významný vliv na výběr hustoty a typu průzkumné sítě má požadovaná úroveň pravděpodobnosti zastižení hledaných těles. Pro pravděpodobnost 0.6 vyhovuje nejlépe síť 350 x 65 m s hustotou 44 vrtů na km^2, pro pravděpodobnost 0.7 síť 350 x 55 m s hustotou 52 vrtů na km^2, pro pravděpodobnost 0.8 síť 350 x 45 m s hustotou 63 vrtů na km^2, pro pravděpodobnost 0.9 síť 300 x 45 m s hustotou 74 vrtů na km^2 a konečně pro pravděpodobnost 1.0 (tedy jisté zastižení hledaných objektů) síť 300 x 30 m s hustotou 111 vrtů na km^2.



Hledisko úrovně pravděpodobnosti zastižení je z pochopitelných důvodů nutno posuzovat ve spojení s hlediskem nákladovosti, které je vyjádřeno počtem přípustných průzkumných vrtů.

Uvedené údaje, založené na reálném příkladu hornoměstského rudního revíru v jesenické subprovincii, dokumentují praktický význam optimalizace sítě vyhledávacího průzkumu, která přímo ovlivňuje nejen reálnost výsledků prací, ale také velmi podstatně náklady a dobu trvání prací, tedy jejich ekonomickou efektivnost.



Obr.12.5
Princip stanovení počtu pozorování empirickými postupy

V případě metody porovnání průzkumných a těžebních údajů se postupuje obdobně, ale s tím rozdílem, že v tomto případě jsou základem porovnávání skutečné hodnoty stanovené po vydobytí ložiska r_d. Spolehlivost této metody je dosti problematická s ohledem na diference, které vznikají při dobývání vlivem ztrát a odpisů zásob, řadou problémů s evidencí těžby, rozdílného omezení výpočtových a těžebních bloků atd.

Statistické metody jsou založeny na hodnocení závislosti relativní chyby odhadu střední hodnoty určujících ložiskových atributů (mocnosti, obsahu užitkových složek apod.) na počtu pozorování. Pro zvolenou přípustnou relativní chybu **Δr**

$$\Delta r = 100 \times \frac{s_R}{\bar{r} \times \sqrt{n}} = \frac{V_R}{\sqrt{n}}$$

kde $\bar{r}$ je střední hodnota, s_R směrodatná odchylka a V_R koeficient variability atributu **R**, je potřebný počet pozorování Průměrná vzdálenost pozorování tedy bude

$$d = \sqrt{\frac{S}{n}}$$

kde **S** je plocha objektu (resp.jeho průmětu na povrch nebo do průzkumného horizontu). V případě, že průmět zkoumaného objektu bude modelován elipsou s poměrem poloos **k = b/a**, lze určit parametry obdélníkové sítě d_a, d_b

$$d_a = \sqrt{\frac{d^2}{k}}, \qquad d_b = \sqrt{d^2 \times k}$$

Poněvadž rozměry ložiskových těles jsou velmi variabilní, je účelné pro zachování stejné hustoty průzkumného systému stanovit měrnou výpočtovou plochu S_0, např. podle návrhu Soukupa (1988) 500 000 m^2, ze které se dále v závislosti na úklonu ložiska α určí základní plocha $S_r = S_0 \cos\alpha$. Soukup (1988) také navrhl začlenit do výpočtu koeficient morfologického typu ložiskového objektu **K**. Průměrná vzdálenost pozorování pak je

$$d = m_0 \times K \times \sqrt{\frac{S_r}{V_1^2 + V_2^2}}$$

kde m_0 je spodní mez koeficientu věrohodnosti pro jednotlivé kategorie zásob.

Orientační stanovení rozložení průzkumných bodů pomocí ***geostatistických metod*** lze stanovit na základě studia *strukturálních funkcí*. Základní charakteristikou je dosah semivariogramů, který je základem pro orientační odhad parametrů sítě. Ze směrových semivariogramů odvodíme růžicový diagram dosahů, který lze v případě izotropie nahradit

kružnicí o poloměru **r** a v případě anizotropie elipsou s poloosami **a,b**. V případě izotropního pole bude orientační vzdálenost bodů ve čtvercové síti

$$d \approx 0.8\ r$$

a v případě anizotropního pole budou obdobně orientační parametry obdélníkové sítě

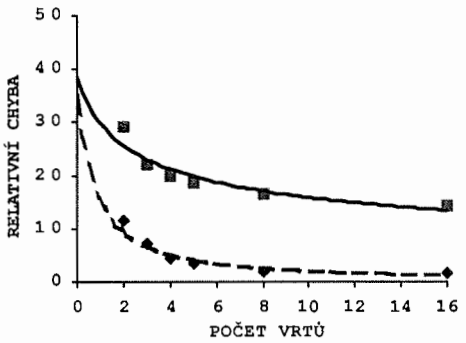
$$d_a \approx 0.8\ a\ ,\ d_b \approx 0.8\ b,$$

přičemž orientace elipsy určuje orientaci průzkumné sítě. Přesný výpočet průzkumného systému je založen na *hodnocení relativní chyby odhadu* určující veličiny **U** náhodného pole **V** (tj. ložiska) v závislosti na počtu pozorování v hodnoceném objektu nebo jeho části pomocí obecného vztahu

$$\sigma^2 = 2\bar{\gamma}(V,v) - \bar{\gamma}(V,V) - \bar{\gamma}(v,v)$$

kde **V** je objem hodnocené části ložiskového objektu a **v** vzorku, $\bar{\gamma}$ průměrná hodnota semivariogramu. Z grafu závislosti relativní chyby odhadu na počtu pozorování (vzorků, průzkumných bodů) se běžným postupem určí pro přípustnou relativní chybu odhadu Δ_{krit} nutný počet pozorování n_{krit}.

Podstatným rysem geostatistického přístupu je skutečnost, že respektování prostorové struktury náhodných polí snižuje významně počet pozorování pro zvolenou přesnost odhadu, tj. zjednodušuje průzkumný systém (obr.12.6).



Obr.12.6

Porovnání přesnosti odhadu průměrného obsahu MgO v blokách 50 x 50 m na ložisku Varín (Brabcová et al. in Schejbal 1985).

——— statistický odhad,
— — — geostatistický odhad

12.4. OPTIMALIZACE PRŮZKUMNÉHO PROCESU.

V souvislosti s řešením stále komplikovanějších úkolů se stává projektování a řízení průzkumného procesu stále složitější. Proto se podobně jako v jiných oborech začaly používat techniky, které jsou shrnovány pod pojem ***operační analýza***. Úkoly operačního výzkumu lze shrnout do následujících skupin:

- *problémy optimálního rozmístění a využití zdrojů*, řešené metodami matematického programování,
- *problémy optimalizace zásobování*, studované teorií zásob,
- *řešení optimální organizace hromadné obsluhy* pomocí teorie front.
- *zkoumání efektivnosti obnovy výrobního zařízení* pomocí teorie obnovy,
- *problémy plánování, řízení a kontroly složitých návazných procesů* řešené metodami síťové analýzy,
- *problémy optimální strategie v ekonomické soutěži*, studované teorií her.

Celá řada těchto technik je dobře využitelná v geologickém průzkumu jak při optimalizaci činnosti průzkumného subjektu, tak při optimalizaci průzkumných programů. Situaci ovšem

komplikuje skutečnost, že technologické procesy jsou v této sféře velmi složité a mnohoznačné, takže používaná řešení se často v podstatě rovnají experimentu. Je zřejmé, že z uvedených technik se zdají být výhodnými zejména procedury řešení dopravních problémů a řízení procesů metodami síťové analýzy. Optimalizace dopravních problémů pomáhá zvýšit efektivnost průzkumných programů, které jsou často dopravně náročné a územně rozsáhlé. Podobně zejména pravděpodobnostní procedury časové, technicko-organizační, materiálové a nákladové optimalizace založené na teorii grafů mohou velmi zvýšit efektivnost řešení průzkumných akcí.

VYHLEDÁVÁNÍ A PRŮZKUM GRAFITOVÝCH LOŽISEK JIHOČESKÉ OBLASTI

(Upraveno podle V.Karla a M. Šarbacha, 1985)

Grafitová ložiska jihočeské grafitonosné oblasti leží v pestré sérii moldanubika. Vznikla regionální metamorfózou sedimentů s vysokým obsahem organických látek. Středem zájmu byly polohy, obsahující krystalický (vločkový) grafit v těžitelné koncentraci a s vyhovujícím obsahem vnitřních nečistot, které se vyskytují jednak v krystalických břidlicích, jednak v karbonátových horninách.

Obecný postup vyhledávání a průzkumu grafitových ložisek jihočeské oblasti lze shrnout do následujících bodů:

1. Geologické mapování pestré série moldanubika se zvláštním zřetelem na odlišení zón bohatých na karbonátové horniny.
2. Geofyzikální mapování metodami kombinovaného elektrického profilování a spontánní polarizace, kterými lze s velkou přesností určit výchozy hornin obsahujících grafit.
3. Provedení rýhovacích prací, mělkých vrtů a šachtic v místech geofyzikálních anomálií za účelem ověření výchozů grafitických hornin a vysledování jejich směrného vývoje, dále pak odběru orientačních vzorků pro určení obsahu grafitického uhlíku, velikosti grafitových vloček a přítomnosti škodlivin (zejména síry a vnitřních popelovin ve vločkách).
4. Průzkum vertikálního vývoje ložiskových poloh pomocí povrchových vrtných prací, na které by měl navazovat minimálně jeden báňský průzkumný horizont. Cílem je postihnout změny vertikálního vývoje ložiska, zejména odlišný charakter suroviny v oxidační, cementační a primární zóně. Dále je nutno odebrat z důlních děl velkoobjemové vzorky pro technologický výzkum upravitelnosti.
5. Ocenění báňsko-technických a ekonomických podmínek dobývání a možných vlivů dobývání na povrch.
6. Výzkum hydrogeologických poměrů ložiska, které mohou být dosti složité a nebezpečné v důsledku výskytu význačných poruchových a puklinových systémů a zón zkrasovatění.
7. Provádění dalšího průzkumu ložiska pomocí báňských děl. Vertikální vzdálenost horizontů se pohybuje podle úklonu ložiskových těles od 20 do 60 m. Metodika průzkumu se velmi blíží metodice průzkumu žilných ložisek. Zásadní rozdíl je v tom, že grafitová ložiska se vyznačují vyšší variabilitou mocnosti, než kvality. Proto je nezbytné soustavně ověřovat změny mocnosti pomocí překůpků a krátkých vrtů a detailně studovat úložní poměry ložiskových těles.
8. Souběžně s průzkumnými pracemi je nutno provádět mineralogický, krystalografický, geochemický a fyzikálně-mechanický výzkum grafitové suroviny (složení, vnitřní příměsi, obsah a druh škodlivin, stupeň metamorfozy, rozpojitelnost, melitelnost atd.) a také geotechnické charakteristiky horninového komplexu.
9. Vzhledem k poměrně malých těžbám suroviny a k velkým přítokům důlních vod je při průzkumu potřebné preferovat otvírku štolovým horizontem.

Mezi nejrozšířenější metody řízení složitých procesů, které jsou typické právě pro geologický průzkum, náleží ***metody analýzy sítí***. Umožňují i ty nejsložitější procesy převést do grafického vyjádření, tj. souvislého orientovaného grafu **G={V,H,F}** tvořeného množinou vrcholů (uzlů) **V**, množinou hran **H** (orientovanými úsečkami o jisté délce y reprezentujícími jednotlivé činnosti) a množinou incidencí **F**, která je podkladem pro logickou a matematickou analýzu. Jejich použitím získáme:

- přehledný a úplný obraz o organizačních a technologických vazbách mezi jednotlivými činnostmi, což usnadňuje koordinaci pracovních postupů,
- stanovení celkové doby realizace projektu a termínového plánu včetně přehledu o časových rezervách, který je podkladem pro kontrolu postupu prací,
- podklady pro hospodárné využití zdrojů, tj. pracovních sil, technických prostředků, laboratoří a služeb,
- odhad celkových nákladů na program a možných ztrát při prodloužení jeho realizace.

Základními metodami analýzy sítí je metoda kritické cesty CPM a plánovací systém PERT, které byly rozvinuty do několika desítek variant. *Metoda CPM (Critical Path Method)* má deterministický charakter. Používá se tehdy, kdy lze dostatečně přesně určit doby trvání jednotlivých činností procesu např. podle výkonových norem. *Metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique)* vychází ze stochastického modelu procesu, kdy se doba trvání činnosti považuje za náhodnou veličinu vyhovující β rozdělení.

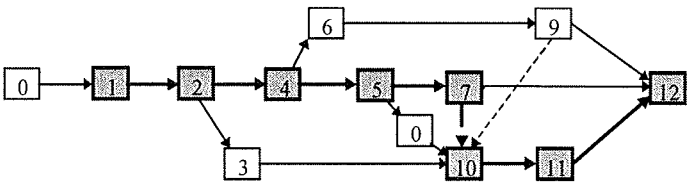
Při aplikaci metod síťové analýzy probíhá řešení v několika fázích:

- fáze logické analýzy průzkumného procesu, jejímž výsledkem je vymezení jednotlivých činností a stanovení technologických a organizačních souvislostí,
- konstrukce síťového grafu,
- stanovení doby trvání jednotlivých činností, výpočet nejdříve možných a nejpozději přípustných termínů zahájení činností, určení celkové doby realizace projektu a pravděpodobnosti dokončení, zjištění kritické cesty (a případných subkritických cest) a rezerv,
- studium možností zkrácení kritické cesty,
- studium využití zdrojů a nákladové propočty,
- kontrola plnění projektu a aktualizace sítě.

Použití metody analýzy sítí lze ilustrovat značně zjednodušeným příkladem průzkumu ložiska cementářských surovin. Na základě definovaného úkolu byl zpracován projekt, vymezeny jednotlivé činnosti, stanovena jejich organizační a technologická návaznost a odhadnuty doby jejich trvání. Podle těchto údajů byl sestaven síťový graf (obr.12.7) a vymezena kritická cesta včetně odhadu doby a věrohodnosti trvání projektu.

Obr.12.7

Síťový graf průzkumu ložiska cementářských surovin



0-1...projektování, 1-2...přípravné práce, 2-3...rekognoskace terénu, 2-4...geodetické práce, 3-10...geologický sled a dokumentace, 4-5...geofyzikální práce, 4-6...hloubení průzkumných rýh, 5-7...vrtné práce, 5-8...odběr vzorků, 6-9...hloubení průzkumných šachtic, 7-10...fiktivní činnost, 7-12...likvidace vrtných prací, 8-10... laboratorní a technologické zkoušky, 9-10...fiktivní činnost, 9-12...likvidace průzkumných rýh a šachtic, 10-11. výpočet zásob, 11-12...zpracování závěrečné zprávy

Pro dodržení požadovaného termínu provedení projektu se ukázaly podstatné geogeodetické, geofyzikální, technické a vyhodnocovací práce (viz kritická cesta).

13. ENVIRONMENTÁLNÍ PROBLEMATIKA PŘI LOŽISKOVÉM PRŮZKUMU A TĚŽBĚ

Geologické poměry a procesy ve značné míře podmiňují charakter antroposféry, ve které se projevují vlivy vzájemného působení geosféry, hydrosféry, atmosféry a biosféry s lidskými aktivitami. Proto se už po řadu let sledují a formou specielních map hodnotí tzv. *geofaktory životního prostředí*, mezi které se řadí ložiska nerostných surovin, zdroje podzemních vod včetně vod pro léčebné účely, geotechnická a geochemická charakteristika prostředí, půdní poměry, geodynamické jevy atd., tedy faktory, které mají význam při zajišťování materiálních potřeb lidstva a při tvorbě životního prostředí. Geologický průzkum má v tomto směru funkci poznávací, hodnotící a informační. Ložiskový průzkum a zejména návazná těžba a úprava objevených ložisek nerostných surovin může mít řadu dopadů na přírodní, sociální a ekonomické prostředí. V oblasti přírodního prostředí ovlivňuje především horninové prostředí, ale i ostatní složky životního prostředí (hydrosféru, atmosféru a biosféru). Pohyb hmot spojených s těžbou je v dané lokalitě obrovský a svým rozsahem výrazně přesahuje podíl přírodních procesů. Proto se sledování a hodnocení environmentálních dopadů činnosti průmyslu nerostných surovin věnuje velká pozornost. Je však třeba zdůraznit, že dopad činnosti důlního podniku má pouze lokální či maximálně regionální charakter a z hlediska ovlivněné plochy např. regionu nebo státu je prakticky nevýznamný. Např. v období let 1930 - 1980 bylo využito pro povrchové dobývání, odvaly povrchových a hlubinných dolů a skládky odpadů z úpraven nerostů pouze 0.25 % celkové plochy USA. Všechny doly na neželezné kovy zabírají pouze 0.02 % plochy. Přitom 47 % plochy ovlivněné hornictvím a skládkami odpadů bylo ke konci uvedeného období rekultivováno (Johnson a Paone in Ostensson 1997). V Austrálii činí plocha dotčená hornickými aktivitami zcela zanedbatelných 0.001 %. Nepochybně existují jiné aktivity s mnohem rozsáhlejšími a vážnějšími dopady, např. energetika, doprava, zemědělství či těžba dřeva v tropických pralesech (tab.13.1). Přesto území povrchové těžby uhlí, železných nebo Cu porfyrových rud zasluhují pozornost.

Tab.13.1 Lidské aktivity a možné vlivy na prostředí

oblast činnosti	možné vlivy na prostředí	rozsah vlivů
energetika	znečištění ovzduší, vod a půd, tepelné vlivy, poškození biosféry, zábor zemědělské a lesní půdy	regionální až globální
zemědělství a lesnictví	eroze, sesuvy, zasolení půd, záplavy, znečištění a změny režimu vod, ovlivnění biosféry	regionální až celoplošné
dopravní a vodní stavby	sesuvy, řícení skal, bahnotoky, poklesy, záplavy, změny hladiny podzemních vod, ovlivnění biosféry, zábor půdy	regionální
průmyslová výroba	znečištění ovzduší, vod a půd, hluk, vibrace, škody biosféry	lokální až regionální
hornictví	změny morfologie krajiny, poklesy, sesuvy, snížení hladiny podzemních vod, znečištění ovzduší, vod a půd, otřesy, hluk a vibrace, poškození biosféry, zábor půdy	lokální až regionální
sídlištní zástavba	změny morfologie krajiny, znečištění ovzduší, půd a vod, tepelné vlivy, hluk, ovlivnění biosféry, zábor půdy	lokální až regionální
turistika	znečištění vod a půd, půdní eroze, poškozování biosféry	lokální až regionální
ukládání odpadů	znečištění ovzduší, vod a půd, ovlivnění podložních hornin, tepelné vlivu, zábor půdy	lokální
doprava	znečištění ovzduší a vod, hluk a vibrace, ovlivnění biosféry	celoplošné
vodárenství	ovlivnění vodního režimu, změny morfologie krajiny, poklesy	lokální
geologický průzkum	možnost ovlivnění vodního režimu a znečištění vod. zdrojů	lokální až regionální

Je zřejmé, že samotný geologický průzkum neznamená větší nebezpečí pro životní prostředí. Jednak dopady aplikovaných postupů jsou minimální, jednak platné regulace vyžadují ihned po ukončení prací zlikvidovat vzniklé zásahy do prostředí. Významnější jsou vlivy těžebních aktivit, které je nutno analyzovat už v rámci průzkumu. Součástí závěrečné zprávy, resp. studie proveditelnosti (feasibility study) těžebního záměru musí být zhodnocení očekávaných dopadů na všechny složky životního prostředí a návrhy na jejich minimalizaci a následnou likvidaci v rámci ukončovacích prací. Při analýze je nezbytné respektovat, že vedle fyzického prostředí existuje i ekonomické prostředí, které má při posuzování průzkumných a těžebních záměrů přinejmenším stejný význam.

13.1. HODNOCENÍ DOPADŮ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ - EIA.

Proces posuzování vlivů průzkumné a hornické činnosti sehrává pozitivní roli při přípravě záměrů. Je součástí systému preventivních nástrojů ochrany životního prostředí a vhodně doplňuje hornickou legislativu. Ve svém důsledku vede k minimalizaci finančních nákladů na realizaci programu a s ním spjatá environmentální opatření. Zavedený systém veřejného projednávání, který je součástí procesu posuzování, eliminuje možné rozpory s veřejností. Zaváděné *zjišťovací řízení (screening process)* situaci ještě zlepší, neboť veřejnost bude zapojena do procesu posuzování již v ranné fázi procesu.

Termín *EIA (Environmental Impact Assessment)* vyplývá ze zákona o národní politice v oblasti životního prostředí (National Environmental Policy Act z roku 1969, oddíl 102). Tento zákon přinesl zásadní obrat, neboť poprvé musel navrhovatel činnosti v prohlášení (EIS - Environmental Impact Statement) prokázat, že podstatně neovlivní životní prostředí. Evropská hospodářská komise konstatovala ve 2. akčním programu životního prostředí z roku 1977, že EIA je potřebným nástrojem péče o životní prostředí. Po řadě jednání byla v roce 1985 vydána směrnice Rady evropských společenství č.85/337 o hodnocení vlivů určitých soukromých a veřejných projektů na životní prostředí. Dalším významným krokem bylo přijetí úmluvy Evropské hospodářské komise o hodnocení vlivů na životní prostředí přesahujících státní hranice v roce 1991 (tzv. úmluva Espoo). Jednotlivé státy aplikovaly směrnici č.85/1985 EEC ve třech podobách. Některé státy zařadily problematiku EIA do stávajících právních norem, zpravidla jako doplněk zákonů o územním plánování (Velká Británie, Irsko, Dánsko) nebo zákonů o ochraně přírody (Francie). V jiných státech se EIA stala součástí zákonů o životním prostředí (Nizozemsko, Řecko). Konečně některé státy přijaly samostatné právní normy o EIA (SRN, Belgie, Španělsko, Česká republika v návaznosti na ustanovení zákona o životním prostředí).

V současné době se provádí posuzování staveb, činností a technologií, posuzování rozvojových koncepcí a programů a posuzování výrobků. Procedury a vyžadované náležitosti se u jednotlivých skupin poněkud odlišují. Záměry se přezkoumávají z hlediska ekologické únosnosti dotčeného území, důsledků činnosti a možných havárií, kumulativních a synergických jevů, prevence a minimalizace účinků záměrů na životní prostředí, způsobů nakládání s produkty po jejich dožití nebo upotřebení (možnosti recyklace a zneškodnění), použitých metod hodnocení a úplnosti informací. Zároveň se vyžaduje porovnání s dostupnými nejlepšími technologiemi.

S rozvojem environmentální legislativy a požadavky stále přísnějších standardů se stávají environmentální výzkumy základním prvkem plánování průzkumných a hornických programů. Ideální je zahájit tyto práce už v počátečních fázích přípravy projektu, aby se zabránilo začlenění takových činností, které by mohly vést ke komplikacím nebo i k fatálním událostem či neřešitelným střetům zájmů. Prvou fázi prací, která je v některých státech povinná, je *prošetření možností (scoping)* jako předpoklad přijatelnosti vývoje pro schvalující

agentury a investory. Následné fáze výzkumu a ocenění dopadů a návrhy možných řešení vznikají ve vzájemné spolupráci inženýrského a environmentálního týmu (obr.13.1).

Obr.13.1 Schéma procesu EIA podle SRK Ltd.

Jak už bylo uvedeno, programy ložiskového, inženýrsko-geologického a hydrogeologického průzkumu nemají významnější vlivy na životní prostředí. Většina geologických, geofyzikálních a geochemických metod je svou povahou nedestruktivní. Jisté ovlivnění znamená použití technických průzkumných prací spojené s budováním přístupových cest a pracovišť, což může vést ke škodám na lesních kulturách a zemědělsky obdělávaných pozemcích. Použití vrtných a podzemních hornických prací může ovlivnit vodní poměry území vypouštěním výplachu a úniky ropných produktů Tyto okolnosti obvykle upravuje horní právo, které stanovuje povinnost uvedení dotčených pozemků do původního stavu (pokud je to věcně a ekonomicky účelné) a povinnost likvidace povrchových průzkumných děl a zabezpečení důlních děl. Průzkumné programy jsou také vázány na příslušná povolení, která mohou zahrnovat podmínky realizace z hlediska ochrany životního prostředí. V rámci průzkumných programů ale musíme sledovat i jinou stránku ochrany prostředí a to z hlediska výsledného efektu. Není účelné realizovat průzkumné práce, jejichž výsledky nebude možno z hlediska ochrany prostředí využít (např. některá ložiska stavebního kamene či štěrkopísků).

Ohodnocení environmentálních dopadů vyžadují všechny činnosti spojené s využíváním ložisek nerostných surovin, neboť se dotýkají pozemků, vodních zdrojů, ekologických systémů, kulturních a chráněných přírodních území a útvarů a celé veřejnosti. V rámci hodnocení je třeba věnovat pozornost aplikovaných těžebním technologiím z hlediska jejich bezpečnosti a stupně ovlivnění prostředí. Přednost mají vysoce produktivní technologie, minimalizující produkci odpadů a zvyšující kulturu a hygienu hornické práce. Hlavním problémem povrchové dobývání je zábor pozemků, ovlivnění staveb všech typů, povrchových vodních toků a nádrží, dopravních spojení, energovodů a produktovodů, nežádoucí změny morfologie terénu porušující původní panoráma atd. U podzemního dobývání mají vedle záboru pozemků velký negativní význam vlivy poddolování, které se mohou projevit poklesem povrchu, porušením povrchových staveb a zařízení, změnami režimu povrchových a podzemních vod včetně ovlivnění jejich chemismu atd. Z uvedených důvodů se už ve fázi přípravy vyžaduje zpracování návrhu monitorovacích systémů a průběžné sanace zamokřených poklesových kotlin. Vedle to je v obou případech nutno věnovat pozornost dopravnímu zatížení oblasti, které se v některých případech může ukázat jako limitující pro hornickou činnost. Konečně nelze opominout problematiku znečištění ovzduší vlivem prašnosti z dopravních zařízení, úpraven, odvalů a odkališť, otázky zvýšeného hluku a otřesů spojených s trhacími pracemi. Nezbytné je i posoudit možnost a pravděpodobnost vzniku kritických situací, jako jsou požáry či důlní otřesy. Nezanedbatelnou složkou posouzení je požadavek na průběžné odborné sledování lokality z biologického hlediska (hodnocení druhové diverzity území, posuzování odolnosti ekosystémů vůči narůstající zátěži atd),

operativní odstraňování vlivů hornické činnosti na povrch za účelem ochrany fauny a flory a zabezpečení náhradní výsadby na postižených plochách.

Procesní postup hodnocení environmentálních dopadů může být v detailech rozdílný. Jako příklad detailní úpravy je v tabulce 13.2 proces EIA v České republice.

Tab.13.2 Schéma EIA podle zákona ČNR č. 244/992 Sb

činnost	náplň činnosti	zajišťuje	adresát	termín
ZÁMĚR	zpracování záměru	investor	příslušný orgán	
DOKUMENTACE	zpracování dokumentace	oprávněná osoba		
PŘEDÁNÍ	zaslání záměru a dokumentace	investor	příslušný orgán	
	zaslání dokumentace příslušné obci a dotčeným orgánům	příslušný orgán	příslušná obec, dotčené orgány	5 dnů
VEŘEJNÉ NAHLÉDNUTÍ	oznámení o možnosti nahlédnutí	příslušná obec	občané	5 dnů
	veřejné nahlédnutí	občané	příslušná obec	30 dnů
VYJÁDŘENÍ	písemné připomínky a vyjádření	příslušná obec	příslušný orgán	14 dnů
	vyjádření k dokumentaci	dotčené orgány	příslušný orgán	50 dnů
POSUDEK	zajištění zpracování posudku	příslušný orgán	oprávněná osoba	
	zpracování posudku	oprávněná osoba	příslušný orgán	60 dnů
VEŘEJNÉ PROJEDNÁNÍ	veřejné projednání	příslušný orgán		30 dnů
	zpracování protokolu	příslušný orgán		
STANOVISKO	vydání stanoviska	příslušný orgán	investor	

Poznámka: příslušný orgán je podle povahy záměru okresní či krajský úřad nebo MŽP ČR, dotčený orgán je orgán státní správy, jehož působnosti se záměr dotýká

V současné době se pozornost celosvětově zaměřuje na *posuzování vlivů na životní prostředí na úrovni rozvojových koncepcí.* Tento trend je velmi významný, neboť přijetí určité koncepce má ve většině případů přímé důsledky pro realizaci návazných záměrů. Například koncepce průmyslové politiky formulací základních směrů rozvoje vymezuje typy potřebných surovinových zdrojů. Koncepce surovinové politiky předjímá orientaci ložiskového průzkumu a těžby nerostných surovin, resp. jiné způsoby jejich zajištění (např. formou dovozu či zahraniční spoluprací). Koncepce dopravní politiky může mít dopad do sféry průzkumu a hornictví, neboť budoucí výstavba dopravních cest vyžaduje zajištění potřebných zdrojů stavebního kamene a štěrkopísků.

Součástí posouzení projektů výstavby a provozu hornických podniků je i posouzení projektu jejich likvidace a návazné rekultivace dotčeného území (tab.13.3). Této části posouzení je třeba věnovat velkou pozornost, neboť nedomyšlený a věcně a finančně nezajištění projekt může vést k následným komplikacím, kdy konečné zajištění nezbytných prací se stává věcí veřejných orgánů. Současné horní zákony, resp. s nimi spjaté environmentální předpisy tuto oblast právně plně zajišťují a kladou povinnost vytvářet nezbytné finanční zdroje.

Z koncepčního hlediska se rekultivační práce člení do několika na sebe navazujících úseků (Smolík in Dirner et al. 1997):

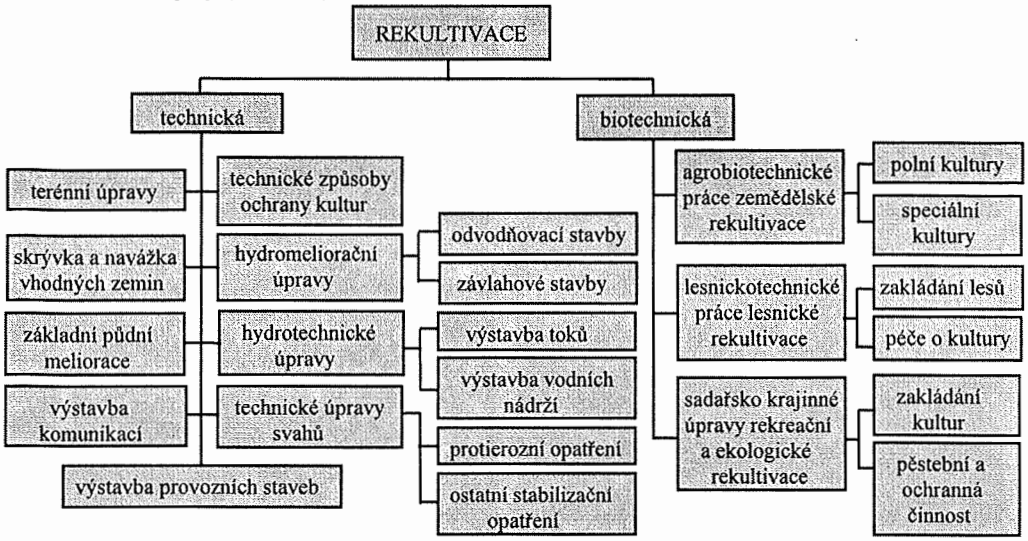
- přípravná fáze, která má především preventivní a optimalizační funkci a spočívá v koordinaci využívání surovinového zdroje a řešení možných střetů zájmů,

- důlně-technická fáze, kdy je třeba zaměřit pozornost na minimalizaci dopadů těžby a řízené tvorbě devastovaného území zejména vhodným umístěním odvalů a úložišť, vhodnému tvarování povrchu atd.,
- biotechnická fáze, která pracemi technické a biologické povahy upravuje a zlepšuje ekologické charakteristiky území podle zvoleného směru rekultivace (zemědělská, lesnická, sadovnicko-parková, vodohospodářská, rekreační),
- postrekultivační fáze, která je zahajována předáním rekultivovaných pozemků do následného využívání.

Tab.13.3 Typický program likvidace dolu (Ricks 1997)

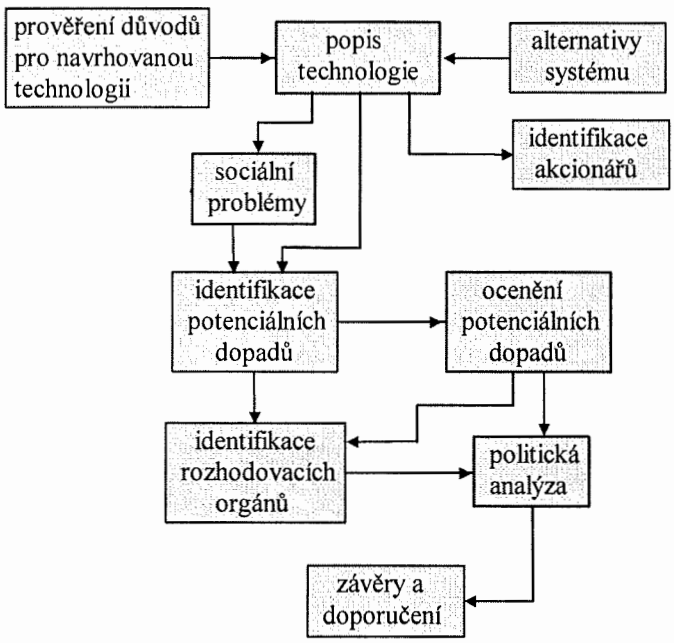
činnosti	roky před a po ukončení hornické činnosti												
	plánování uzavření dolu					uza-vření	aktivní péče				pasivní péče		ukon čení
	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8
plánování uzavření dolu													
• revize a aktualizace plánu													
• odsouhlasení plánu s úřady													
• příprava kontraktů													
podzemní zařízení													
• demontáž zabudovaného vybavení													
• uzavření úvodních děl													
povrchová zařízení													
• demontáž zabudovaného vybavení													
• demolice budov													
• odstranění infrastruktury													
• využití/skládkování všech materiálů													
vodní hospodářství													
• vybudování odvodňování, je-li nutné													
• monitorování povrchového odtoku													
• monitorování zatápění dolu													
• monitorování výtoku důlních vod													
• vybudování odvodňování odkališť													
• monitorování odtoků z odkališť													
rehabilitace území													
• úprava terénu													
• příprava terénu pro ozelenění													
• osetí a sázení stromů													
• monitorování růstu rostlin													
• výzkum rekultivace odkališť													
• testy rekultivace odkališť													
• ozelenění odkališť													
• péče o rostlinný pokryv													
• monitorování růstu rostlin													
socio-ekonomické problémy													
• hledání alternativních investic													
• poradenství pro získání zaměstnání													
ukončení													
• příprava závěrečné zprávy													
• úřední zveřejnění													
• uvolnění území													

Jako příklad přístupu k rekultivačním pracím uvádíme technologický algoritmus rekultivací v severočeských hnědouhelných pánvích, který zajišťuje velice kvalitní rehabilitaci pohornické krajiny (obr.13.2).



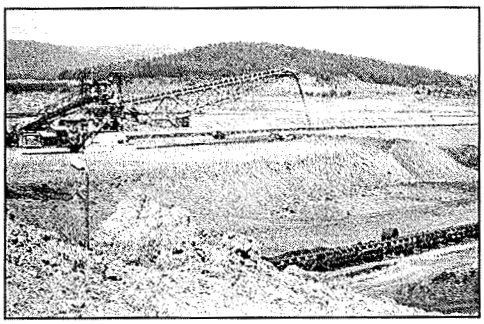
Obr.13.2 Technologický algoritmus rekultivací v severočeských hnědouhelných pánvích (Štýs 1995)

Pro environmentální hodnocení hornických technologií je dobře využitelná procedura EnTA - Environmental Technology Assessment - navržená UNEP IE (obr. 13.3). Může být součástí EIA nebo ji lze použít samostatně při zásadnějším rozhodování o modernizaci či zavedení nového strojního zařízení a technologie, dále v rámci procesu získávání povolení k činnosti, ale pochopitelně také v rámci strategických studií o různých nových technologiích, jako např. postupech podzemního vyluhování či kyanizačního zpracování rud zlata apod. či biotechnologiích.

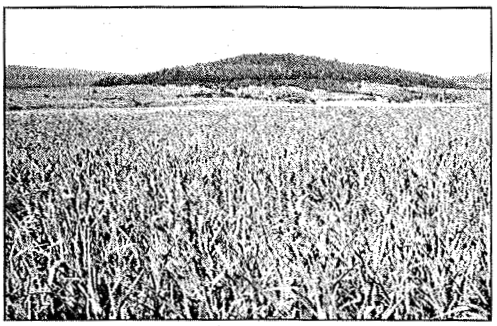


Obr.13.3

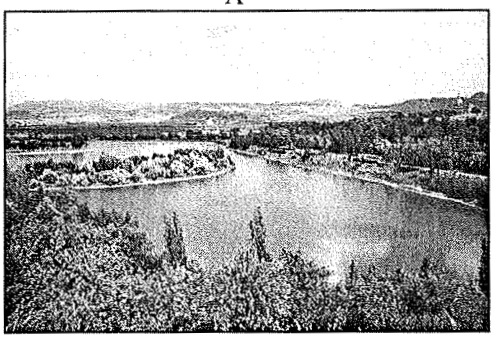
Schéma environmentálního ocenění hornických technologií podle UNEP IE (1997)



A



B



C

D

Obr.13.4

Příklady rekultivací v severočeské hnědouhelné pánvi (foto S. Štýs)

A – Zakládání zemin na výsypce plynárny Užín;
B - Zemědělská rekultivace výsypky Užín;
C – Vodohospodářská rekultivace lomu Benedikt u Mostu
D – Vinice na výsypce lomu Šmeral 7
E – Mostecký autodrom na výsypce dolu Vrbenský

Obr.13.5 Rekultivace uranového dolu Brzkov (foto J.Havelka)

Obr.13.6 Opuštěný uranový důl Fay u jezera Beaverlodge v Kanadě (foto J.Slezák)

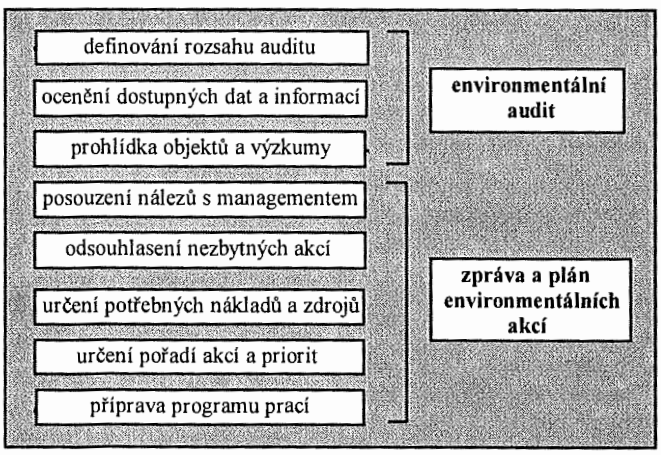
13.2. EKOLOGICKÝ MANAGEMENT A AUDIT.

V posledních letech se zavádí systém pro hodnocení a soustavné zlepšování ochrany životního prostředí v rámci průmyslových podniků. Jde o tzv. *ekologický audit*, který vychází z nařízení EHS č. 1836/1993 o dobrovolné účasti průmyslových podniků na programu společenství o ekologickém řízení a posuzování podniku, stručně označované **EMAS** - *Environmental Management and Audit System*. V principu jde o nástroj managementu pro systematické a objektivně dokumentované hodnocení výkonu všech složek podniku. Aktivní ochrana životního prostředí se stává kritériem úspěšnosti podniku a jeho dlouhodobého existenčního zajištění, a to nejen s ohledem na minimalizaci rizik a na právní a záruční jistoty, ale především s ohledem na stávající šance na trhu a na inovační potenciál (Grosse 1996). Do sféry působnosti nařízení je zahrnuto i hornictví, i když jde o oblast z hlediska realizace auditu problematickou. Je to dáno velkou variabilitou přírodních a ekologických podmínek, variabilitou technologií dobývání, v případě ložisek některých surovin často se měnícím stanovištěm, nejednotným ekologickým hodnocením technologií atd. Proto se zdá, že hornickému podnikání více vyhovuje výstavba systému managementu životního prostředí podle ISO 14001, neboť tato norma není závislá na stanovišti (Grosse - Dirner 1997).

Audit průzkumného programu se mění podle zaměření a rozsahu programu. V závislosti na těchto hlediskách může zahrnovat:

- prověření průzkumných licencí z hlediska zodpovědností a závazků,
- prohlídku průzkumného území zaměřenou na prověření geologického modelu a odhalení možných komplikací,
- prověrku metodiky průzkumu a technických prostředků,
- verifikaci metodiky vzorkování, zpracování vzorků, analytických postupů a kontrol,
- posouzení systému sběru a uchovávání dat,
- prověření správnosti odhadu zásob nerostné suroviny,revizi plánovaných průzkumných programů a rozpočtů.

Schéma postupu provádění environmentálního auditu ve Velké Británii je ve zjednodušené formě uveden na obr.13.7. V Německu se tento audit provádí podle postupu uvedeného v tabulce 13.4.



Obr.13.7

Metodologie environmentálního auditu SRK Ltd., Velká Británie

Audit projektu výstavby hornického podniku nebo existujícího dolu není zatím příliš rozšířený. Podle povahy může zahrnovat:

- prověření těžebních licencí z hlediska možností, zodpovědností a závazků,

- prověření správnosti odhadu zásob nerostné suroviny a jejich využitelnosti,
- prověrku povrchových investičních celků,
- posouzení navrženého systému otvírky, přípravy a dobývání ložiska,
- prohlídku území uvažované výstavby dolu,
- prověrku technologie realizace důlních děl a uvažovaných technických prostředků,
- posouzení metodiky těžebního průzkumu,
- prověření hydrogeologických, geomechanických a dalších speciálních prací,
- verifikaci metodiky vzorkování a zpracování vzorků,
- posouzení systému hospodaření se zásobami a systému řízení podniku,
- prověření systému bezpečnosti,
- revizi plánovaných programů a rozpočtů.

Tab.13.4 Schéma postupu ekologického auditu podle SMU 1995 (Grosse 1996)

postup	náplň
stanovení cílů auditu	Hodnocení systému ekologického řízení a shody mezi ekologickou politikou, ekologickým programem a právními předpisy.
určení rozsahu auditu	Musí obsahovat evidované oblasti, přezkoumávané činnosti, ekologické standardy a registrované období.
plánování a příprava auditu	Podnik dá k dispozici vhodné prostředky, všichni zúčastnění jsou informováni o jejich úloze.
provedení zahajovací schůze	Auditorský tým seznámí vedení podniku s metodami a postupy auditu. Vedení podniku zabezpečí všechny prostředky a podklady k auditu.
evidence potřebných výkazů	Ověření podkladů a dokumentů, diskuse se zaměstnanci, prohlídky podniku, prověřování provozních podmínek.
dokumentace zjištění auditu	Dokumentování pozorování a zjištění o výkonech a nedostatcích v životním prostředí.
provedení závěreční schůze	Vysvětlení výsledků auditu vedení podniku.
vyhotovení zprávy a o auditu	Popsání rozsahu, cílů, postupu, dokumentů, výsledků, protokolů a hodnocení auditu.
vyvození důsledků a závěry	

13.3 OTAZNÍKY.

Každému nezaujatému pozorovateli je zřejmé, že geologický průzkum a výzkum přírodní prostředí nijak významněji nepoškozuje. Jako jedna z vědních disciplin přináší množství poznatků o přírodě a rozšiřuje tak významně lidské poznání. Proto by měl být vládou i veřejností podporován. *Proč je tedy určitými skupinami geologický průzkum odmítán?* V případě zdrojů nerostných surovin si musíme uvědomit, že lidská společnost je na nich životně závislá. Proto je třeba hledat přijatelné způsoby jejich využívání.

Obr. 13.8 Vstupní portál dolu Mittersill, Rakousko

Velmi dobrým příkladem řešení těchto problémů je ložisko scheelitu Mittersill, které leží na samém okraji národního parku Vysoké Taury v Rakousku. Celý důl je se všemi provozy umístěn v podzemí. Jedinou výjimkou je úpravna vybudovaná cca 4 km dále, do které je rudnina dopravována podzemím.

Tab.13.5. Potenciální dopady geologických prací

průzkumná činnost		potenciální dopad			
		žádný	nízký	střední	značný
způsob dopravy	letadla	■			
	helikoptéry	■			
	existující cesty	■	■		
	nové cesty		■	■	
	terénní auta		■		
geologické mapování	dálkové snímání	■			
	pěšky	■			
geochemický průzkum	podél řek	■			
	profily, sítě	■			
geofyzikální průzkum	letecký	■			
	autoprůzkum	■			
	pěší profilový	■			
povrchová díla	rýhy, šachtice		■		
vrtání	mělké vrtání	■			
	jádrové		■		
	rotarové		■	■	

Při podrobnějším pohledu na potenciální vlivy průzkumných prací na životní prostředí lze konstatovat, že v převážné části činností nebude ovlivnění žádné. Výjimku představuje v tomto směru pouze doprava (což se ovšem jistě projeví při jakékoliv lidské aktivitě) a do jisté míry i provádění technických báňských a vrtných prací. Pravdou ale je, že i v tomto případě se jedná jen o lokální vlivy, které navíc musí být ve smyslu platných zákonů po ukončení prací odstraněny. Navíc je třeba zdůraznit, že tyto práce při větším rozsahu jsou dozorovány báňskou správou.

WINDY CRAGGY STORY.

V pohoří Windy Craggy v Britské Kolumbii bylo nalezeno unikátní Cu-Co ložisko masivních sulfidických rud. Leží v cca 7 km širokém ložiskonosném pásmu s indiciemi dalších a to mnohem větších ložiskových akumulací, které by v souhrnu zajistily těžbu na 40 až 60 let. Kanadská těžební společnost Geddes Resources Ltd. se po šest let snažila rozvinout těžbu známého ložiska, ale z důvodu extrémně silného odporu domácích i zahraničních ekologických iniciativ neúspěšně.

V listopadu 1991 začalo asi 50 ekologických skupin s kampaní zaměřenou proti těžbě s cílem zřídit v tomto regionu rezervaci Tatshenshini. Následovaly zahraniční tlaky. V dubnu 1992 senátor Al Gore a člen sněmovny reprezentantů Wayne Owens vyzvali ministra vnitra a ministra zahraničí USA, aby vyvolali jednání s Kanadou o ochraně řek Alsec a Tatshenshini. Senátor Gore žádal ministra zahraničí, aby zajistil, že národní park Glacier nebude znehodnocen kanadskou těžbou. V prosinci 1992 OSN vyhlásila území Glacier Bay světovým přírodním dědictvím. Pod tlakem těchto akcí vláda Britské Kolumbie neschválila projekt společnosti Geddes Resources. V červnu 1993 bylo území v okolí řek Tatshenshini a Alsec vyhlášeno za chráněný park. Domácí ekologové a jejich zahraniční spojenci slavili vítězství - medvědi a lososi tak dostali přednost před obyvateli provincie, která se potýká s problémem nízké zaměstnanosti.

Vláda svým rozhodnutím porušila horní práva a soukromé vlastnictví zamítnutím 24 legálně držených claimů a ignorovala 50 milionů CaD vynaložených těžební společností na průzkum. Pro dokreslení je třeba uvést, že pohoří Windy Craggy tvoří nepatrnou část obrovského analogického území v Britské Kolumbii, Yukonu a Aljašce. Území parku Tatshenshini - Alsec- Haines se rozkládá na ploše 1.1 mil. hektarů, z čehož pouze 1 % by bylo dotčeno hornickou činností.

Otázka zní následovně: má být oblast chráněna jako přírodní rezervace či otevřena pro hornickou činnost, nebo má být režim uzpůsoben pro obojí?

Světová komise pro životní prostředí už v roce 1991 konstatovala, že „strategií udržitelného rozvoje se vine jako společná nit potřeba spojit při rozhodovacích procesech ekonomická a ekologická hlediska". Jinak řečeno, zdravé životní prostředí může existovat pouze ve zdravé ekonomice, která nerostné suroviny nezbytně potřebuje. *Proč je tento očividný fakt některými lidmi zpochybňován, ačkoliv nerostné suroviny každodenně využívají?*

14. ZÁVĚR

Geologický průzkum a zejména ložiskový a těžební průzkum je složitá, časově i finančně náročná činnost. Pro ilustraci lze uvést, že průzkum malých ložisek obvykle trvá 2 - 3 roky a návazná výstavba dolu a úpravny 1 - 2 roky, v případě středně velkých ložisek průzkum vyžaduje 3 - 4 roky a potřebná výstavba dolu, úpravny a infrastruktury 2 až 4 roky. U velkých ložisek se doby úměrně prodlužují a to u průzkumu na 5 - 10 let a přípravy těžby na 5 - 8 let. Existují samozřejmě odchylky od těchto lhůt. Např. velké ložisko Mo rud Endako Mine v Kanadě bylo uvedeno do plného provozu za dva roky od počátku průzkumných prací. Naopak ložisko U-polymetalických rud Vrančice v příbramském rudním revíru v České republice bylo v průzkumu přes 20 let, aniž by bylo uvedeno do těžby.

Z toho vyplývá, že ***nezbytnou podmínkou průzkumu a využití ložisek nerostných surovin je stabilita ekonomických, legislativních a politických poměrů***. Vláda každého státu - pokud má zájem na rozvoji nerostného průmyslu - by měla zaručit pokud možno stabilní a výhodné legislativní a daňové podmínky. Zvláště v rozvojových zemích se sleduje politická stabilita jako klíčový faktor pro průzkumné a hornické podnikání. Jako příklad lze uvést starší Michenerovo hodnocení přírodních a politických předpokladů z roku 1969 (tab.14.1), nebo hodnocení politických a bezpečnostních rizik v afrických zemích (tab.14.2) či australské hodnocení investičního rizika (tab.14.3). Důraz na analýzu politického rizika, které se stalo součástí analýzy ekonomického rizika, stoupl od období znárodnění chilských ložisek mědi. Investiční rizika do nerostného surovinového průmyslu jsou obecně velmi vysoká a značně proměnlivá. Proto je nutno sledovat, jak se mění podmínky v jednotlivých státech.

Tab.14.1 Bodové hodnocení geologických a politických faktorů (dle Michenera, 1969)

stát	geologické faktory (G)	politické faktory (P)	GxP	stát	geologické faktory (G)	politické faktory (P)	GxP
Austrálie	8	9	72	Argentina	8	6	48
Kanada	7	10	70	Turecko	7	6	42
Mexiko	10	7	70	Německo	4	9	36
JAR	8	8	84	Egypt	6	4	24
USA	6	10	60	Irán, Irák	4	5	20
Brazílie	10	6	60	Japonsko	2	9	18
V. Británie	6	9	54	Kongo	8	2	16

Tab.14.2 Hodnocení politických a bezpečnostních rizik některých afrických států (Mines'98)

politická a bezpečnost. rizika	státy
nevýznamná	Mali, Burkina Faso
nevýznamná až nízká	Ghana
nízká	Pobřeží slonoviny, Gabon, Senegal, Benin
nízká až střední	JAR
střední	Niger, Guinea, Čad, Kamerun, Togo, Mauretanie, Středafr. republika
střední až vysoká	Nigérie
vysoká	Libérie, Sierra Leone, Kongo (Brazzaville)

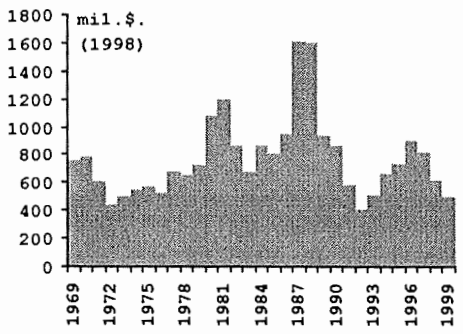
Značně podrobné australské hodnocení investičního rizika do nerostného surovinového průmyslu je každoročně revidováno a zveřejňováno. V případě úvah o zahraničním podnikání je velmi užitečné.

Tab.14.3 Riziko investic do průzkumu a hornictví pro rok 1999 z australské perspektivy (upraveno podle Schusterbauera, 2001)

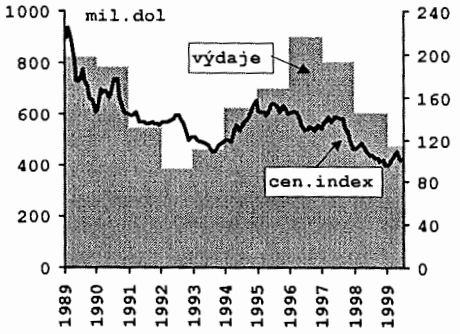
váha rizika	5	4	3	3	3	3	2	4	2	3	
kategorie	POL	LA	ENV	LC	BYR	SE	IS	CIV	DIS	LR	WT
Kanada	1	3	3	3	2	2	1	0	1	2	11.4
Austrálie	1	3	3	4	2	2	1	0	1	2	12
Ghana	2	2	1	1	2	2	3	2	2	2	12
USA	1	3	4	2	3	2	1	0	1	2	12
Chile	2	2	2	1.5	2	2	2	2	2	2	12.5
Argentina	2	2	2	2	3	2	2	2	1.5	2	13.2
Filipíny	2	2	2	2	2	2	3	2	2.5	2	13.4
Mexiko	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	13.8
Tanzanie	3	2	2	2	3	2	3	2	2	2	14.8
Brazílie	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	15.4
Zimbabwe	3	2	2	2	3	2	3	3	2	2	15.6
JAR	2.5	3	2	2	3	3	2	3	2	2	16.1
Malajzie	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	17
Čína	4	3	1	1	4	3	4	2	2.5	2	17.2
Vietnam	4	3	2	2	3	3	4	2	2	2	17.6
Indonézie	3	3	2	2	3	3	3	4	2.5	2	18
Papua-N.Guinea	3	3	2	3	3	3	3	4	3	2	18
Indie	3	3	2	2	4	3	3	3	2	3	18.2
Peru	4	3	2	3	2	3	4	3.5	3	2	19.2
Rusko	4	3.5	2	2	4	3	4	3	2	3	20

Váha rizika (0 - bezvýznamná, 5 nejvýznamnější);
Kategorie: POL - politická rizika, LA - přístupnost pozemků; ENV - environmentální rizika; LC - držba pozemků; BYR - byrokracie; SC - sociální rizika; IS - infrastruktura; CIV - občanské nepokoje; DIS - přírodní katastrofy; LR - pracovní vztahy; WT - celkové riziko (0 - žádné, 4 - maximální)

Na ložiskový průzkum se celosvětově vydávají obrovské prostředky. Je proto pochopitelné, že součástí úvah je ***pečlivé posouzení účelnosti vynakládaných financí a hodnocení efektivnosti každé průzkumné akce***. Intenzitu a orientaci průzkumu silně ovlivňuje situace na nerostném surovinovém trhu, tj. vývoj poptávky po surovinách, projevující se vývoji cen surovin. V závislosti na těchto faktorech lze pozorovat výrazné výkyvy v časových řadách výdajů (obr.14.1 a obr.4.2).

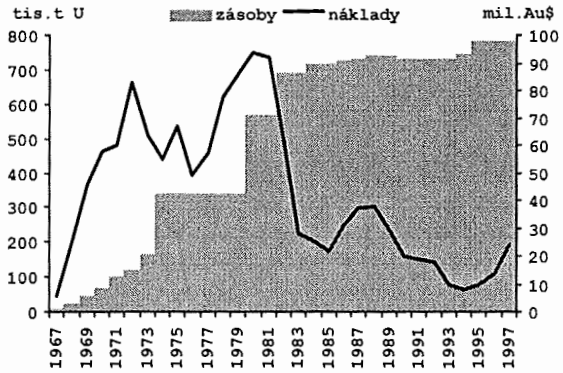


Obr.14.1 Výdaje na průzkum v Kanadě v letech 1969-999 (Natural Resources Canada 2000)



Obr.14.2 Výdaje na průzkum a vývoj cenového indexu kovů v Kanadě (Natural Resources Canada, 2000)

Průzkumní geologové musí posuzovat hodnotu svých prací podle konečného výsledku - hodnoty objevených ložiskových akumulací vzhledem k vynaloženým prostředkům. Musí posoudit praktickou využitelnost těchto akumulací a rizika s tím spojená. Musí ale také formulovat své poznatky tak, aby byly využitelné a srozumitelné odborníkům, kteří formulují jak státní, tak podnikové surovinové a hospodářské politiky *(McKelvey 1996).*



Praktickým výsledkem ložiskového průzkumu jsou ověřené zásoby nerostných surovin. Proto se sledují vztahy mezi výdaji na průzkum a jeho výstupy. Obr.14.3 ukazuje výdaje na průzkum uranových ložisek v Austrálii a vývoj množství ověřených zásob.

Obr.16.3 Vývoj výdajů na průzkum uranových zdrojů v Austrálii (UIC Mines Paper 7,1999)

V roce 1996 se výdaje na průzkum neželezných kovů (především zlata) výrazně zvýšily v porovnání s rokem 1991 o 113 % (mimo států bývalého Sovětského svazu), přičemž došlo k přesunu zájmů do zemí Latinské Ameriky a Afriky (tab.14.4).

Tab.14.4 Porovnání výdajů na průzkum neželezných kovů v roce 1991 a 1886 (Mines'98)

oblast	1991		1996		nárůst
	mil. US$	%	mil.US $	%	%
Kanada	420	27	461	14	10
Austrálie	350	23	666	20	90
USA	350	22	343	11	-2
Latinská Amerika	230	15	963	29	319
JZ Pacifik	120	8	415	13	246
Afrika	80	5	418	13	423
celkem	1530		3266		113

Přesun průzkumných aktivit a tedy i nákladů z takových regionů, jako USA, Kanada či Evropa a další rozvinuté země je - jak zdůrazňuje Borg (1998) - důsledkem působení dvou faktorů:

1. Mnoho průzkumných společností považuje tyto regiony za „přeprozkoumané". V důsledku dlouhodobého (v některých oblastech až mnohatisíciletého) využívání akumulací nerostných surovin jsou přírodní zdroje jednodušších průzkumných a těžebních typů prakticky vyčerpány (samozřejmě s výjimkou stavebních a nerudních surovin). Další průzkumné práce vyžadují podle takového hodnocení neúměrně vysoké vědecké a technické úsilí a tedy i finanční náklady.
2. Průzkum a následná těžba ověřených ložisek nerostných surovin je v rozvinutých zemích stále obtížnější vlivem rostoucího důrazu na péči o životní prostředí, které vytváří nepříznivé veřejné mínění posilované působením a často i obstrukcemi ekologických spolků.

PRŮZKUM A TĚŽBA BAUXITU V GUINEI

Guinea se stává zemí, která vám umožní zemi z hlediska dobývání diamantů, zlata, bauxitu, železných rud a dalších surovin. Patří mezi ty africké země, kde při výjimečně příznivých geologických předpokladech dobře v devadesátých letech v důsledku hospodářských změn k nebývalému rozkvětu geologického a těžby nerostných surovin. Guinea je zpolu z Austrálií a Jamajkou nejvýznamnější producentem bauxitu. Obsahuje 30 % světových zásob a produkuje více než 90 % africké těžby, především z pánevních limů Sangarédi, Kindia a Fria.

Bauxitová ložiska se nacházejí v západní a střední Guinei. Vznikla smíšením mořských sedimentů a materiálem bohatých hlinikem, které pocházelo z mraveny. Právě studium této hmotnice je podle zkušeností klíčové pro efektivní vyhledávání a průzkum. Základem je výzkum vývoje sedimentačních procesů v závislosti na klimatických, geomorfologických a petrografických poměrech. Pro vznik bauxitových akumulací jsou příznivé následující faktory: 1) přítomnost hornin s bohatých hlinikem; 2) propustné horniny umožňující vertikální i laterální pohyb spodních vod; 3) tropické až subtropické klima s bohatými srážkami, střídajícími se s obdobími sucha; 4) reliéf umožňující cirkulaci spodních vod; 5) existence vegetačního pokryvu umožňujícího vznik humusových kyselin; 6) rychlost chemického zvětrávání převyšující rychlost eroze; 7) dostatečně dlouhé období trvání uvedených faktorů. Výchozím krokem vyhledávání je geomorfologické studium zaměřené na vyčlenění morfologicky příhodných území (peneplenizovaných, mírně zvlněných) pomocí družicových a leteckých snímků, reliéfových zákresů, topografických map a rozličných terénních podkladů. Následné kvalitativní a geochemické mapování spočívá ve studování výchozů a půdních profilů a rozborů technických odkryvných prací (rýhy, odkopy, mělké sondy a strojní vrty). Průzkum je zakončen na vrtných profilech a znamenitém vzorkování. Vzorky se analyzují na obsah Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 a TiO_2.

K roku 2000 světové zásoby činí cca 2300 Mt a prognózované zásoby 14600 Mt, přičemž většina z nich obsahuje 40-50 (max 65) % Al_2O_3, 2-20 % Fe_2O_3, 0,5-5 % SiO_2 a 2-5 % TiO_2. Mocnost většiny ložisek kolísá od 3 do 6 metrů, ale v případě ložiska Sangarédi dosahuje 40 metrů.

V zemi vyvíjí své aktivity největší světový producent bauxitu společnost Cie des Bauxites de Guinée s (CBG) a to v oblasti nedaleko Boké (150 km severovýchodně od hlavního města Conakry). Společnost vznikla na počátku sedmdesátých let. V roce 1999 vyvezla 13,6 Mt a v roce 2000 12,6 Mt bauxitu, od zahájení těžby v roce 1973 celkem přes 200 Mt bauxitu. Těžební aktivity CBG jsou soustředěny na třech různých místech Sangarédi, Bidikumu a Sibidaru, další ložiska jsou N'dangu, Bauxitu Wanie a Parmu. Každé ložisko obsahuje odlišný technologických typů rud. Existující celkové zásoby přesahují 300 Mt s průměrným obsahem 51 % Al_2O_3, nejdéle tedy produkci nejméně na 25 let. Těžba je v současnosti soustředěna na povrchové lomy Sangarédi, Bidikumu a Sibidaru. Rudy je dopravováno vlaky do přístavu Kamsar, kde je před nakládkou na loď v úpravně drcena a sušena z původně vlhkosti 12,5 % na 6,7 %.

Dalšími producenty jsou společnost Fria Guinea, která v roce 1999 vyprodukovala 2,3 Mt, společnost Société des Bauxites de Kindia (SBK) s téměř 1,3 Mt. V roce 1999 byla nově založena nová společnost Alumina Company of Guinea (ACG).

Úpravna bauxitové rudy CBG v přístavu Kamsar

K přesunům zájmu ale dochází i v rámci regionů. Velmi názorně je to patrné v případě Afriky. Do roku 1990 se zájem soustředil na JAR, Zimbabwe, Namibii a Botswanu, v menší míře i na Zambii, Zaire (nyní Demokratická republika Kongo), Ghanu a Maroko.

Tento obraz se začal měnit koncem osmdesátých a počátkem devadesátých let, kdy řada afrických zemí pod vlivem globálních politických změn upravila své zákony tak, že dovolily vstup zahraničního kapitálu a průzkumných a těžebních organizací za příznivých podmínek (nízké daně, nízké politické riziko atd.) při dobrých geologických předpokladech. To se odrazilo v obrovském vzrůstu průzkumných aktivit v Ghaně a Tanzánii, velmi podstatném zvýšení průzkumu v zemích západní a střední Afriky (Guinea, Mali, Pobřeží slonoviny, Burkina Faso, Zimbabwe, Zambie) a vzrůstu zájmu v Etiopii, Eritrei, Nigerii, Senegalu, Středoafrické republice, Mauretánii a Mozambiku. Přesto stále v některých zemích zůstává řada překážek, jako slabá infrastruktura, různá lokální omezení, pomalá a úplatná administrativa, pokračující občanské války a politické konflikty atd.

Značná část činnosti a výdajů je věnována na vyhledávání a průzkum ložisek zlata a uhlovodíků. Např. v období let 1992 až 1996 bylo v Tanzanii ze 625 udělených licencí 70 % zaměřeno na zlato, v roce 1996 pracovalo v Ghaně v této sféře 126 domácích a 77 zahraničních společností. V období 1998 - 1999 bylo v Západní Austrálii vynaloženo celkem 31.2 % výdajů (resp. 63 % po vyloučení energetických surovin) na vyhledávání a průzkum ložisek zlata. V roce 1997 činil v Kanadě podíl výdajů na průzkum drahých kovů 45.2 % a na průzkum barevných kovů 32.3 %.

Náklady na průzkum jsou financovány z různých zdrojů. Programy základního výzkumu a vyhledávání, resp. programy zaměřené na ověřování zdrojů strategických a nových typů surovin, jsou zpravidla financovány ze státních zdrojů, další programy ze zdrojů polosoukromých a soukromých. V řadě států je ložiskový průzkum podporován přímými podpůrnými programy. Např. vláda provincie Quebec v Kanadě vypsala v roce 1998 programy finanční účasti na vyhledávání a průzkumu nerostů. Společnost může získat refundaci až 50 % výdajů (max. 50 tisíc C$) na projekt ročně a v případě, že práce budou realizovány na Blízkém severu až 100 tisíc C$ a na vrtný průzkum v subprovincii Abitibi až 50 % (max. 50 tisíc C$) výdajů za vrt 400 až 1000 m hluboký a až 75 % za vrt přes 1000 m. Vláda podporuje i nezávislé prospektory částkou 4 tisíce C$ pro základní vyhledávání a až 15 tisíc při pokročilém vyhledávání. Podobné podpůrné programy - ať už v přímé nebo nepřímé podobě - jsou dosti časté po celém světě. Vedle toho je existuje přístup, že vyhledávání a průzkum vybraných strategických a kritických nebo dokonce všech druhů nerostných surovin je výhradně vládní záležitostí, i když lze v posledním desetiletí pozorovat odklon od takovéhoto řešení. Rozdílnost přístupu závisí na míře uplatňování státní svrchovanosti nad zdroji nerostných surovin, která je definována ústavami a horními zákony.

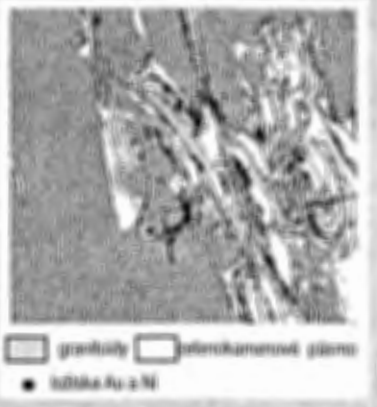
Hlavním cílem ekonomiky ložiskového průzkumu je dosažení maximální efektivnosti a to z hlediska podnikového, odvětvového a v obecném pojetí i národohospodářského. Výstupem ložiskového průzkumu jsou informace o prozkoumaných zásobách nerostných surovin a jejich charakteristikách, které jsou nezbytné pro rozhodnutí o možnostech jejich využití. Proto se efektivnost ložiskového průzkumu obvykle posuzuje na základě několika ukazatelů efektivnosti a to:

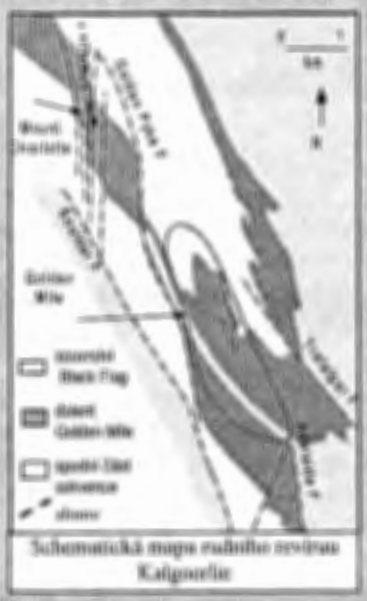
- měrných nákladů $\mathbf{N_r}$ na 1 tunu ověřených zásob $\mathbf{N_r = N/Q}$, kde **N** jsou průzkumné náklady a **Q** ověřené zásoby,
- ukazatele užitné hodnoty H_r zásob na vzhledem k průzkumným nákladům $\mathbf{H_r = H/N}$, kde **H** je celková užitná hodnota (cena) ověřených zásob,

- ukazatele relativního těžebního zisku $\mathbf{Z_r = Z/N}$, kde **Z** je celkový zisk z těžby ložiska.

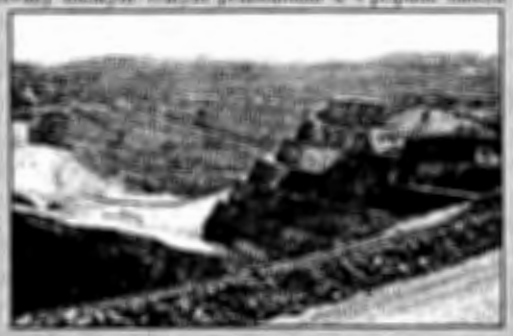
ZLATONOSNÉ RUDNÍ POLE KALGOORLIE (ZÁPADNÍ AUSTRÁLIE)

(Podle podkladů CSIRO a ICCGM)



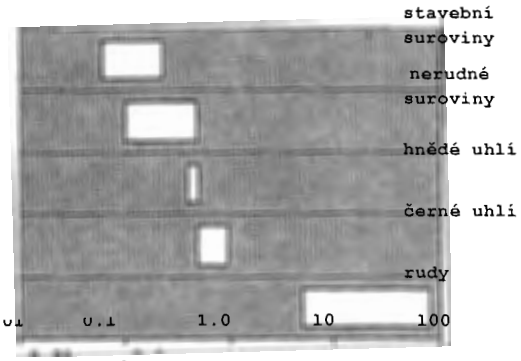


Schematická mapa rudního revíru Kalgoorlie



Měrné náklady vyjadřují hospodárnost průzkumného programu a slouží tedy k porovnávání jednotlivých programů. Ukazatel relativní užitné hodnoty je užitečný pro posouzení efektivnosti průzkumné geologie jako odvětví a má význam pro hodnocení různých variant využití surovinové základny. Konečně ukazatel relativního těžebního zisku má syntetickou povahu, neboť se do něj promítají hornicko-geologické podmínky ložiska a stupeň složitosti zpracování nerostné suroviny.

Analýza měrných nákladů v bývalém Československu ukázala, že existuje značný rozptyl jak mezi jednotlivými skupinami nerostných surovin, tak uvnitř skupin, což je dáno geologicko-strukturními poměry, velikostí ložiskových objektů a úložními poměry (obr.14.4).



Obr.14.4
Relativní měrné náklady na ložiskový průzkum v bývalém Československu (upraveno dle Soukupa 1988)

V případě rudných ložisek má hlavní vliv hloubka uložení, v případě nerudných a stavebních surovin plocha ložiska. Projevuje se rovněž závislost měrných nákladů na geologickém útvaru. Např. u štěrkopísků činily měrné náklady na 1 m^3 u ložisek v oblasti křídy 0.08 Kč, u ložisek v terciéru 0.24 Kč a u ložisek v krystaliniku 0.32 Kč, což je důsledek komplikovanosti poměrů. Na nákladovost průzkumu stavebních surovin má také vliv dostatek či nedostatek suroviny v určitém regionu. V uvedeném případě byly v nedostatkových oblastech měrné náklady cca 3.5-krát vyšší, než v oblastech dostatkových. Podíl průzkumných nákladů z užitné hodnoty ověřených zásob dosáhl u uhlí 0.23 %, u nerud 0.38 % a u rud 8.7 %, v průměru za všechny druhy nerostných surovin byl 0.7 % (Soukup 1988).

Běžně používaný ukazatel podílu nákladů na ověření 1 tuny zásob není příliš vhodný, neboť zvýhodňuje jednodušší geneticko-morfologické typy před variabilnějšími a nižší průzkumné etapy před vyššími. Vztažení tohoto ukazatele na geologické zásoby je ve své podstatě nereálné, protože neuvažuje reálné možnosti vytěžitelnosti zásob, která se např. u ložisek černého uhlí pohybuje okolo 40 % (v krajních případech kolem 10 %, jako např. v současnosti v české části hornoslezské pánve), u ropy a plynu kolem 50 % (nebereme-li v úvahu možnosti sekundárních a terciárních těžebních postupů), u rud v průměru kolem 75 %, u solných ložisek okolo 40 % apod. Využitelnost ložisek stavebních surovin je často limitována územní zástavbou, komunikačními, vodními, energetickými a vojenskými objekty a ochranářskými zájmy.

Důležitou úlohu při rozhodování o vstupu do podnikání v nerostném průmyslu hraje fiskální politika státu, zahrnující daňový systém, důlní poplatky, exportní a importní daně, pravidla pro držení akcií atd. Z hlediska podnikatele musí být investice do průzkumu a hornictví atraktivnější, než do jiných projektů, z hlediska státu musí být zajištěny dostatečné příjmy. Poněvadž jde o zájmy protichůdné, musí zvolený systém představovat kompromis přijatelný pro obě strany.

Z uvedených oblastí jsou nejdůležitější ***daňové systémy***. V podstatě lze rozlišit následující základní daňové postupy:

- *využívající fixní poplatek*, které stát používá v případě, kdy nemá dostatek znalostí o ložiskovém objektu,
- *založené na zdaňování příjmu*, které jsou základem pro platby důlních poplatků (royalties),
- *vycházející ze zisku*, které jsou obvykle základem běžně používaných korporativních daní ve všech hospodářských odvětvích,
- *používající výnosové procento kapitálu*, který zohledňuje návratnost projektu.

Vedle toho se v rámci nerostného průmyslu běžně uplatňuje *náhrada za nakládání s pozemkem*, tj. z plochy propůjčení k průzkumu či těžbě, která je stanovována jako fixní poplatek za jednotku plochy (např. v USA v oblastech neznámého nerostného potenciálu 0.25 až 2 US$ za akr ročně, v Austrálii 2.55 Au$ za 1 km^2 v případě průzkumné koncese a 19 Au$ za ha u těžební koncese, ve Finsku 100 FIM/ha u průzkumné licence a 120 FIM/ha u těžební koncese). V řadě států se poplatek za plochu průzkumného území progresivně zvyšuje s délkou trvání. Např. v České republice se základní poplatek 2000 Kč za 1 km^2 průzkumného území zvyšuje každým dalším rokem o 1000 Kč. V případě dobývacího prostoru, kde je stanoven poplatek 10 000 Kč/km^2/rok a u dobývacích prostorů do 2 ha 2000 Kč/rok, tomu ale tak není. V některých státech je dále poplatek diferencován podle oblastí (tab.14.5).

Tab.14.5. Poplatky za plochu průzkumného území v Brazílii v US$/ha

období	Amazonie	ostatní regiony
prvé 3 roky	0.26	0.41
1. rok prodloužení	0.52	0.52
2. rok prodloužení	0.62	0.62
3. rok prodloužení	0.82	0.82

V různých státech se používají *další typy daní a poplatků*, jako např. počáteční paušální poplatek, dodatečná daň, prvotní daně, obchodní daň, prémiové platby, daň z nadměrného či neočekávaného zisku apod. Korporativní daně jsou stanovovány v zásadě ve stejné výši, jako u jiných podniků. Jsou odvozovány z příjmu podniku. Pohybují se zpravidla v rozmezí 20 až 45 %. Např. v Turecku činí 20 %, v Brazílii 22 %, ve Švédsku a Finsku 28 %, v Bolívii 30 %, ve V. Británii 35 %, v zemích západní a střední Afriky a v Indonézii 35 - 45 %, v JAR kolísají kolem 48 %, v Chile činí 49.5 % apod. Speciální formou podpory je *daňová úleva na vyčerpání zásob*, která vychází ze skutečnosti, že životnost dolu je omezena zásobami nerostné suroviny. Tato úleva je závislá na přístupu státu ke zdrojům nerostných surovin a ve skutečnosti vede k zvýšení jejich využití. Její výše dosti kolísá (např. v USA od 5 % u stavebních surovin do 22 % u rud řady kovů). Některé státy využívají kanadský systém, podle kterého mohou těžební společnosti určitý podíl z hodnoty roční produkce nebo ze zisku a průzkumné podniky jistý podíl nákladů na průzkum převést na rezervní průzkumný fond, který je nutno do určené doby vyčerpat. *Důlní poplatky*, u kterých existuje cca 30 režimů, představují speciální formu daně za využívání nerostných zdrojů, nad kterými je uplatňována státní suverenita.

Tab.14.6. Důlní poplatky v Novém Jižním Walesu, Austrálie

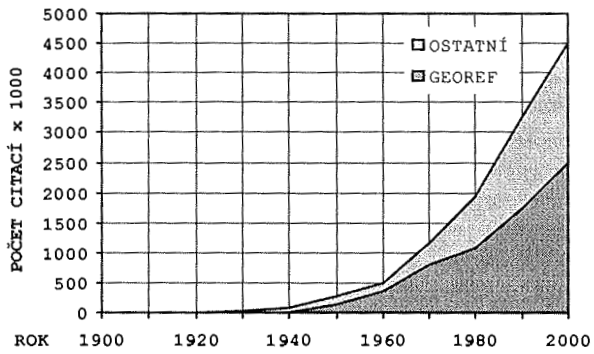
rudy všech kovů mimo železa, většina průmyslových nerostů	4 % z prodejní hodnoty
jíly, cihlářské hlíny, jílové břidlice,...	25 centů za 1 tunu
bauxit, laterit, sádrovec, vápenec, sůl, boráty, Fe-rudy,...	35 centů za 1 tunu
baryt, fluorit, živce, kaolin, diatomit, žárovzdorné jíly,...	50 centů za 1 tunu
bentonit, magnezit, minerální pigmenty, rašelina,...	70 centů za 1 tunu
chlorit, pyrofylit, mastek,....	85 centů za 1 tunu
uhlí	1.7 (+0.5) Au$ za 1 tunu
ropa	do 5 let 0 %, do 10 let do 10 %

Výše důlních poplatků značně kolísá obvykle do 10 % zdanitelného ročního příjmu. Sleduje-li vláda politiku aktivní podpory nerostného průmyslu, snižuje poplatky nebo odkládá jejich placení. V podstatě existují tři metody jejich stanovení a to:

- v závislosti na vytěženém množství nerostné suroviny (quantum royalty), vyjádřená poplatkem za jednotku množství (tunu či m^3),
- poplatek z hodnoty nerostné suroviny (ad valorem royalty), stanovená jistým procentem,
- poplatek založený na zisku (profit based royalty).

V České republice je zákonem stanovena výše poplatků do 10 %. Ve skutečnosti jsou ale nižší, např. u surovin pro výrobu kovů 0.5 %, u uhlí 0.5 - 1.5 %, u kaolinu 8 % atd.

Už ve druhé kapitole bylo uvedeno, že geologický průzkum ve své podstatě představuje odvětví získávání dat a výroby informací o geologických objektech, jevech a procesech. Tato data a informace jsou po zpracování uchovávána v informačních systémech různého typu a pro odbornou veřejnost zveřejňována. Vědecký a technologický pokrok spolu s růstem materiálních požadavků lidské společnosti staví před každého pracovníka geologické služby povinnost se s uveřejněnými informacemi soustavně seznamovat. Studium informací je s ohledem na neustále rostoucí a urychlující se přísun náročné (obr. 14.5). Proto je nezbytné využívat možností, které přinášejí dnešní dokumentografické počítačové služby a zejména služby Internetu.



Obr.14.5.
Vývoj počtu geovědních publikací

V redakčním článku uznávaného časopisu Mining Journal bylo v roce 1997 uvedeno následující konstatování, které bychom měli mít vždy na paměti: ***„Dovednost geologů identifikovat perspektivní průzkumné oblasti a provádět detailní výzkumy je cennou komoditou. Tuto dovednost lze získat studiem, zkušenostmi a komunikací.“*** Peter Vanderspuy charakterizoval ve své úvodní řeči na Symposiu o průzkumných strategiích v r.2001 průzkumné geology takto: ***„Jsou směsicí romantismu a pragmatismu. Jsou to pracanti a vizionáři, ale ne snílci. Boří stávající představy a opovrhují konvenčním myšlením. Používají každý dostupný prostředek a vstřebávají zkušenosti druhých“***. Z praktického pohledu průzkumní a ložiskoví geologové vedle všech uvedených atributů ***musí být i dobrými techniky, ekonomy a organizátory,*** neboť jako zodpovědní řešitelé využívají značné lidské, technické a finanční zdroje.

15. LITERATURA

Agricola, G.: De re metallica libri duodecima. - *1556. Český překlad „dvanáct knih o hornicxtví a hutnictví, Praha, 1933*

Allais, M.: Method of appraising economic prospect of mining exploration over large territories. Algerian Sahara case study. - *Management science, 3, 1957, 4, 285-347*

Andreev, S.I., et al. (edit.), 1998: Metallogenic Map of the World Ocean (1:10 000 000. Explanatory Booklet. *Russian Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Oceans, St. Peterburg; IOM, Szczecin, pp. 121-184.*

Annels, A. E. et al.: Mineral Deposit Evaluation. - *Chapman and Hall, London, 1991*

Arapov, J.A. et al.: Československá ložiska uranu. - *Československý uranový půmysl, Praha, 1984*

Arias R.: A case of successful soil geochemistry: the Rubiales Zn-Pb orebody (NW Spain). - *Journal of Geochem. Explor. 56, 1996, 229-235, Elsevier, Amsterdam.*

Böhmer, M. - Kužvart, M.: Vyhľadávanie a prieskum ložísk nerastných surovín. - *Slovenské pedagogické nakladatelstvo, 1993, Bratislava*

Bölviken, B.- Logn, O.: An electrochemical model for element distribution around sulphide bodies. - *In I.L.Elliott and W.K.Fletcher (edit) „Geochemical exploration 1974". Elsevier, Amsterdam, 631-648*

Bajer, B. et al.: Geologicko-geofyzikální prognózování uranových objektů v ČSSR. - *In „Československá ložiska uranu", Stráž p.R., 1990, 45-46*

Barton, P.B. et al.: Recomendations for assessment of undiscovered mineral resources. - *U.S. Geological Survey Open-file report 95-82, 1995*

Bates, R.C.: An application of statistical analysis to exploration for uranium on the Colorado plateau. - *Economic Geology, 54, 1959, 449-466*

Beacher, G.P.: Subjective sampling approaches to resource estimation. - *In „First IIASA conference on energy resources", edit. M.Crenon, May 1975, Laxemburg, Austria, 1975, 251-274*

Beck, L.S.- Parslow, G.R.- Hoeve, J.: Evaluation of the uranium potential of areas covered by lake waters, using geophysical, geochemical and radiometric techbiques. - *Recognition and evaluation of uraniferous areas. Proceedings of a technical committee meeting, Vienna, 7.-12. November 1975. IAEA Vienna, 1977, 26-276*

Bednaříková, J.- Thon, A. (edit.):Naftový průmyslo na území Československa. – *5.svazek knihovničky Zemního plynu a nafty, Hodonín, 1984*

Bell, F. G.: Environmental Geology. Principles and Practice. - *Oxford, Blackwell, 1998.*

Bender, F., edit.: Angewandte Geowissenschaften. Band IV - Untersuchungsmethoden für Metall- und Nichtmetallrohstoffe, Kernenergierohstoffe, feste Brennstoffe und bituminöse Gesteine. - *Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1986*

Bender, F.: An Earth Scientist's view of metallic resources. - *In F. Bender, ed., The importance of geosciences for the supply of mineral raw materials. Stuttgart, Schweizerbart'sche,* 1977, *117-130.*

Berkman, D. A., and Mackenzie, D. H. edit.: Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits. - *The Australasian Institute of Mining and Metallurgy Monograph 22, Melbourne, 1998*

Blackburn, G.: Gravity and Magnetic Surveys – Elura Orebody. - *In Emerson D.W. (edit.), The Geophysics of the Elura Orebody, Cobar, New South Wales, Proceedings of the Elura Symposium, Sydney 1980, Australian Society of Exploration Geophysicists, Sydney, 1980, 17-24.*

Blanchard, R.: Interpretation of Leached Outcrops. - *Nevada Bureau of Mines Bulletin 66, 1968*

Bliss, J. D. (edit.): Developments in Mineral Deposit Modelling. - *U.S. Geological Survey Bulletin 2004, 1992*

Böhmer, M.- Kužvart, M.: Prospecting and exploration of mineral deposits, 2nd edition. - *Elsevier, Amsterdam, 1986*

Bonham-Carter, G.- McCammon, D.- Fabbri, A.G.- Kuosmanen, V.: Spatial data integration for mineral exploration, resources assessment and environmental studies: a guidebook. - *Preliminary draft, IAEA Wiena, ITC Enschede, 1998*

Borges, de Freitas, L. : Why mining in Brazil? New perspectives for the Brazilian mining sector. – *Brasil Mineral, April 1996, special issue, 19-27*

Bosák, P.- Jaroš, J.- Rejl, J.- Saic, S.: Report on remote sensing phase. Bandar Abbas area - Salt plugs. - *MS, GMS, Praha, 1992*

Botbol, J.M. et al.: Characteristic analysis of geochemical exploration data. - *USGS, Openfile report, 1977*

Bourne, H.L. : What it 's worth: a review of mineral royalty information. - *Mining Engineering, July 1989, July 1992*

Bugajec, A.N.: Priňatije rešenij pri prognozirovaniji mestorožděnij tverdych poleznych iskopajemych. - *In „Razrabotka i sozdanije ASU-Geologija." VIEMS, Moskva, 1982, vyp.34*

Bugayets, A.N.- Hruška, J.- Schejbal, C.: Computer methods of regional assessment and prognostic reserves of ore deposits in the USSR and East Europian countries. - *Symposium on computer-aided regional assessment and prediction of ore resources, Alma-Ata, Geoinform CMEA, Geofond Prague, 1985*

Bullock, S.J. - Isles, D.J.: Airborne geophysics in Western Australia. - *In „Geophysical Signatures of Western Australian Mineral Deposits", Australian Society of Exploration Geophysicists, Special Publication No.7, Vanguard Press, Perth, 1994, 85-103.*

Burns, R.E., et al.: Observation and Measurements during Monitoring of Deep Ocean Manganese Nodule Mining Tests in the North Pacific, March-May 1978. - *NOAA Tech. Memo, ERL Mesa, 1980, 1-63.*

Burrough, P.H.: Principles of geographical information systems for land resources assessment. - *Clarendon Press, Oxford, 1986*

Buselli, G.: Interpretation of SIROTEM Data from Elura. - *In: Emerson D.W. (edit.), The Geophysics of the Elura Orebody, Cobar, New South Wales, Proceedings of the Elura Symposium, Sydney 1980, Australian Society of Exploration Geophysicists, Sydney, 1980, 122-129.*

Butt, C.R.M.- Zeegers, H., (edit.): Regolith exploration geochemistry in tropical and subtropical terrains.- *Handbook of exploration geochemistry, 4, Elsevier, Amsterdam, 1993*

Carlier, H.: Contribution aux methodes d'estimation de gisements d'uranium. - *Paris, 1964*

Carr, D. D., (edit.): Industrial Minerals and Rocks. - *Littleton, CO, Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc., 1994*

Clements, F.E.: Plants succesion and indicators. - *New York, 1928*

Cohen, D.R.- Hoffman, E.L.- Nichol, I.: Biochemistry: A geochemical method for gold exploration in the Canadian Shield. - *J. of Geochem. Explor., 29, 49-73, Elsevier, Amsterdam, 1987*

Coker, W.B.- Shilts, W.W.: Geochemical exploration for gold in glaciated terrain. - *In Gold metallogeny and exploration, edit. R.P. Foster, Chapman and Hill, London, 1993, 336-359*

Collins, D.R.: Mining information from published geologic maps (an extractive industry). - *Digital mapping techniques '97, U.S. Geological Survey open-file report 97-269, 1997*

Conte, D.J.- Thompson, D.J.- Moses, L.M.: Earth science. An integrated perspective. - Wm.C.Brown Publisher, London, 1997

Corbley, K.P.: CANADA's RADARSAT. More than just a cure for rainy day blues. - *Earth Observation Magazine, September 1995, 40-42*

Cox, D. P.,- Singer, D. A. (edit.): Mineral Deposit Models. - *U.S. Geological Survey Bulletin 1693 1986.*

Cranstone, D.A.: Canadian mineral exploration and discovery analysis. - *Natural resources Canada, 2000*

Crawford, M.J.: Mining technologies for the new millenium. - *CAER - University of Kentucky, vol.10, no.6, 1999*

Cronan, D.S., (edit.): Handbook of Marine Minerals Deposits. - *CRC Press,Marine Science Series, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 2000*

Cruickshank, M. J.: Mineral resource potential of continental margins. - *In Burk, C. A. and Drake C. L. edit., The Geology of Continental Margins; New York, Springer, 1974, 965-1000.*

Četverikov, L.I.: Teoretičeskije osnovy razvedki nědr. - *Nědra, Moskva, 1984*

Čillík, I.- Ogurčák, Š.: Metodika prieskumu rudných ložísk. - *ÚGÚ Praha, Bratislava, 1964*

Čížek, P.: Srovnání reakcí proutkaře s geofyzikálními metodami v předpolí kamenolomu Všestary. - *Geologický průzkum, 1/1992*
Čížek, P.: Využití proutkařské metody v geologické praxi. - *1998, http://www.fw.cz/fenomen/clanekopr.htm*
Dalziel, M.C.- Donovan, T.J.: Biogeochemical evidence for subsurface hydrocarbon occurence, Recluse oil field, Wyoming. - *Preliminary study, USGS Circular 837, 1980*
DaMotta Ponte, K.: Brazilian exploration legislation. - *Brasil Mineral , Special issue, April 1997*
Danielson, V.- Whyte, J.: Bre-X. Gold today, gone tommorow. Anatomy of the Busang Swindle. - *The Northern Miner, Toronto, 1997*
Davis, B.: Energy - perception versus reality. - *Energeia, CAER - University of Kentucky, vol.11, No.5., 2000*
DeGeoffroy, J.G.- Wu, S.M.: Designing optimal strategies for exploration. - *Plenum Press, N. York, 1985*
Dennis, A.: Moving into the hyperspectral age. - *Mapping Awareness, November 1999, Vol.13, No.10, 47-49*
Depowski, S.: Energy Resources – Oil and Gas Fields. *In Mineral Resources of the Seas and Oceans, (Polish) - Kotlinski, R., Szamalek, K.,(eds), Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa, 1998, 238-263.*
Dirner, V. et al.: Ochrana životního prostředí. - *MŽP ČR, VŠB-TU Ostrava, Montanex, Ostrava, 1997*
Doležel, M.- Schejbal, C.: The uranium deposits in Horažďovice and Klatovy region. - *Folia Musei Rerum Naturalium Bohemiae Occidentalis, Západočeské museum, Plzeň, 1984*
Doležel, M.: Způsob a problematika odpracování ložisek strážského bloku. - *In „Geologie a hydrometalurgie uranu," zvláštní číslo, pracovní seminář ČSUP - VŠB Ostrava, vyd. OBIS při ÚL ČSUP, Stráž p.Ralskem, roč. 7, 1983, 185-196*
Dornič, J.: Aerofotogeologie. - *ÚÚG Praha, 1975*
Drew, L.J.: Grid-drilling exploration and its application to the search for petroleum. - *Economic Geology, 62, 1967, 698-710*
Drew, L.J.: Pattern drilling exploration: Optimum pattern types and hole spacing when searching for elliptical targets. - *Journal Mathem. Geology, vol.11, 1979, 2, 223-254*
Drew, L.J.: Revising U.S. Geological Survey mineral-resource assessment methods. - *USGS information handout, July 1998. http://pobs.usgs.gov/info-handout/revision/*
Drury, S.A.: Image interpretation in geology. - *Chapman and Hall, London, 1993*
Duda, R.O.: The Prospector system for mineral exploration. - *Stanford research institute internationals, Final report, April 1980*
Eaton, D.W.- Milkereit, B.- Adam E.: 3-D Seismic Exploration. - *In: Gubins A.G. (ed.), Geophysics and Geochemistry at the Milenium, Prospectors and Developers Assoc. of Canada, Toronto, 1997, 65-77.*
Eisenthal, D.C.R.: Solid modelling. - *http://www.bath.as.uk/-ensdcre/trans/node19.html, 1998*
Eslick, J.: Vegetation as a gross indicator of groundwater parameters with remote sensing applications. - *Emporia State University Earth Scuence Department, 2000. http://www.emporia.edu/earthsci/student/eslick7/webpage.html*
Fauques, J.P., et al.: The Cigar Lake uranium deposit: discovery and general characteristics. - *CIM Bulletin, Vol.79, 1986, No.886*
Fišr, A. et al.: Racionalizace výroby. Řízení složitých procesů v geologickém průzkumu pomocí síťových grafů. - *MS, ÚGI Brno, 1967*
Flint, D.J., et al.: Selected highlights of mineral and petroleum exploration and development in Western Australia in 1998-99. - *1998-99 annual review, Geological Survey of Western Australia. http://www.dme.wa.gov.au/minpetrol/wamap2.html*
Foster, R.P. (edit.): Gold metallogeny and exploration. - *London, Blackie and son Ltd., 1991*
Foster, R.P.: The exploration - evaluation interface. - *Mineral resources evaluation into the 21st century. - Proceedings of MRE21 - Annels Conference (edit. S.C.Dominy). Department of Earth sciences, Cardiff University, 2000*
Foukes, R.A.: Dowsing experiment. - *Nature, 1971, 229, 5281, 163-168*

François-Bongarçon, D.: Extension to the demonstration of Gy's formula. - *Exploration and mining geology, 1999, vol.7, no.1+2, 149-155*
François-Bongarçon, D.: The practice of the sampling theory of broken ores. - *Canad. Inst. Min. Metall. Bulletin, 1993, 86(970), 75-81*
Gaal, G.- Merriam, D.S.F., (edit.): Computer applications in resource estimation prediction and assessment for metals and petroleum. - *Pergamon Press, Oxford - New York, 1990*
Gachet, C.A.: Using radar imagery to evaluate gold-bearing ore bodies. - *Radar Technology France .http://www.spotimage.fr/home/appli/geologi/gold/gold.htm*
Gajdin, A.M. et al.: Prognoznaja ocenka inženěrnogeologičeskich uslovij razrabotki mestorožděnij tverdych poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1983*
Galperin, A.M.- Zajcev, V.S.- Norvatov, Ju.A.: Gidrogeologija i inženěrnaja geologija. - *Nědra, Moskva, 1989*
Gatzweiler, R.- Vels, B.- Braun, R.: Economic target modelling in exploration: Methodology and case study of the western part of the Athabasca Basin, Canada. - New developments in uranium exploration, resources, production and demand, Proc., IAEA, Vienna, 1992, 35-42
Gentry, D. W.,- O'Neil, T. J.: Mine feasibility studies. - *In Hartman, H. L. ed., Mining Engineering Handbook; Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 1992, 393-404.*
Gentry, D.W.: Minerals project evaluation – an overview. – *Transactions of Institution of Mining and Metallurgy, sect.A – Mining Industry, vol. 97, 1988, A25 – A35*
Gibbs, W.M.: North Sea saga. - *http://www.oil-offshore.com/history.html, 1998.*
Gocht, W.R.- Zanpot, H.- Eggert, R.C.: International mineral economics. – *Springer Verlag, Berlin – Heidelberg,, 1988*
Golubev, Yu. K.: Diamond exploration in glaciated terrain: - a Russian perspective. - *Journal of Geology, 1995*
Goossens, M.A.: Integrated analysis of Landsat TM, airborne magnetic and radiometric data, as an exploration tool for granite-related mineralization, Salamanca Province, Western Spain. - *Nonrenewable Resources, V.2, No.1, Oxford University Press, 1993, 14-30*
Greyling, M.D.- Odendaal, N.J.: South Afrika. Invest in the mineral industry. - *Department of mineral and energy affairs. South African communication service, July 1992*
Griffiths, J.C.- Drew, L.J.: Simulation of exploration programs for natural resources by models. - *Quarterly of Colorado school of mines, 1964, 59, 4, 187-216*
Griffiths, J.C.: Mathematical exploration stratewgy and decision making. - *World Petroleum Congress, Proc., 1967, vol.II, panel disc.5, 599-604*
Griffiths, J.C.: Operation research in the mineral industry. - *Western Miner, Februar 1968, 22-33*
Grmela, A.- Homola, Vl.: Hydrogeologie II. - *VŠB Ostrava, Geol. prieskum Spišská Nová Ves, 1990*
Grmela, A.: Aplikovaná hydrogeologie. Odvodňování dolů, lomů a stavebních jam. - *HGF VŠB-TU Ostrava, 1995*
Grosse, H. - Dirner, V.: Metodika zavedení systémů ekologického managementu a provedení ekologického auditu dle nařízení ES č.1836/93 a možnosti její aplikace v hornictví. - *In „Lidská společnost a nerostné surovinové zdroje: region Kašperské Hory", edit. C.Schejbal, HGF VŠB-TU Ostrava, 1997, 67-77*
Gurmendi, A.C.: The mineral industry of Brasil 1998. - *Mineral Brasil 1999*
Gy, P.M.: Sampling of particulate materials. Theory and practice. - *Elsevier, Amsterdam, 1979*
Hancock, G.: Mining and petroleum in the Papua New Guinea economy. - *Australian Journal of mining, April/May 1997, 56-68*
Harben, F. W.- Kužvart, M.: Industrial minerals: global geology. - *Industr. Miner. Inform. Ltd., Worcester Park, Surrey, UK, 1997*
Hargreaves, D.- Fromson, S.: World index of strategic minerals. Production, exploitation and risk. – *Gower Publishong, G.Britain, 1983*
Harris, D.P.- Chavez, M.L.: Modelling dynamic supply of uranium - an experiment in the integration of economics, geology and engineering. - Proc. APCOM, 1984, 817-823
Harris, D.P.- Rieber, M.: Evaluation of the United States Geological Survey's three-step assessment methodology. - *U.S. Geological Survey open.file report 93-258-A*

Harris, D.P.: A mineral resource assessment perspective on the past, present and speculation on future direction. - *Non-renewable resources, vol.4, 1995, no.3, 213-232*
Harris, D.P.: Mineral exploration decisions: a guide to economic analysis and modeling. - *John Wiley and Sons, 1990*
Harris, D.P.: Mineral resources appraisal. - Mineral endowment, resources and potential supply: concepts, methods and cases. - *Oxford Univ. Press, N.York, 1984*
Hellewell, E.G.: Financing and financial evaluation of mining projects. - *In Annells, A. E. (edit.): Mineral Deposit Evaluation, London, Chapman and Hall,. 1991*
Henry, Ch. et al.: Brief duration of hydrothermal activity at Round Mountain, Nevada determined from $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology. - *Recent special issue of Economic Geology, vol.92, no.7/8, 1997*
Herzig, P.M., Hannington, M.D., 2000: Polymetallic Massive Sulphides nad Gold Mineralization at Mid-Ocean Ridges and in Subduction-Related Environments. *In Handbook of Marine Mineral Deposits - Cronan, D.,S., (ed.), 2000, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., pp. 347-368.*
Hess, H.D.: U.S. Bureau of Mines marine mining research program. - *Mineral Inform. Serv. Calif. Div. Mines and Geology, 1968, 21, 12, 175-178*
Hiskins, D.: The Olympic Dam Cu-U-Au-Ag Mine. - *Australian geodynemics cooperative research centre, 1996*
Hlavatý, J.- Krejčíř, M.: Moderní poznatky v metodice vyhledávacího průzkumu štěrkopísků a písků. - *Sborník GPO, Ostrava, 1976, 93-98*
Hodgson, C. J.: Uses (and abuses) of ore deposit models in mineral exploration. - *Geoscience Canada, vol.17, 1990, 79-99.*
Hoffman, S.J.: Geochemical exploration for unconformity-type uranium deposits in permafrost terrain, Hornby bay basin, Northwest Territories, Canada. - *In „Geochemical exploration 1982", edit. G.R.Parslow, Elsevier, Amsterdam, 1992, 11-32*
Holub, M.: Metodologie prognóz akumulací nerostných surovin. - *IV. vědecká konference hornicko-geologické fakulty VŠB, sborník sekce č.3 „Optimalizace geologicko-průzkumných prací", VŠB Ostrava, 1990, 29-33*
Honěk, J.- Hoňková, K.- Staněk, F.: Historie a současný stav průzkumných prací v jihomoravském lignitovém revíru. - In Honěk,J. et al.: „Jihomoravský lignitový revír - komplexní studie". - *Sborník vědeckých prací VŠB-TU Ostrava, XLVII, řada hornicko-geologická, monografie 3, 2001, s. 55-86*
Hood, P.J. (edit.): Geophysics and geochemistry in the search for metallic ores. - *Geologocal Survey of Canada, Ottawa, 1979*
Houlding, S.W.: 3D geosciences modelling: computer techniques for geological characteristics. - *Springer, Berlin, 1994*
Hruška, J.- Schejbal, C.- Timčák, G.- Grym, V.: Geochimija i sovremennaja vyčislitělnaja těchnika. - *Obzor, Geoinform Praha, 1979*
Huang, X.Y.: Biogeochemical techniques for environmental monitoring and mineral exploration: a case study at the Temora gold mine. - *1998. http://science.canberra.edu.au/rcenteres/cars/huang.html*
Hunt, S.: The costs of mining in Latin America. - *http://www.idrc.ca/books/reports/1996/34-01e.html*
Huntington, J.: Space dependent technologies – remote sensing in mineral exploration. – *The Australian academy of technological sciences and engineering, Technology – Australia's future: New technology for traditional industries, Academy symposium, November 1998. http://www.atse.org,au*
Huttrer,G.W.: The status of world geothermal power production 1995-2000. - *Geothermics, vol.30, No.1, 2001*
Chapel, P.A.: Handbook of Exploration Geophysics. - *Rotterdam, Balkema, 1992*
Chaves, A.P.: Managerial aspects of mining projects in remote sites. - *Brasil Mineral, special issue, April 1996, 60-63*
Christie, M.: Huge find raises fears of gold rush to the Amazon. - *1996, http://www.chron.com/content/ chronicle/world/96/02/03/brazil.html*
Chung, C.F.: Application of the Buffon needle problem and its extension to parallel-line search

sampling schemes. - *Journal Mathem, Geology, 1981, vol.13, 5, 371-390*
James, D.E. (edit.): The Encyclopedia of Solid Earth Geophysics. - *Encyclopedia of Earth Sciences, New York, Van Nostrand Reinhold, 1989*
Jansson, R.: Dowsing - science or humbug? - *May 1998*
Jasenák, J.: Uplatnenie systémových prístupov pri hodnotení interakcie stavieb s geologickým prostredím. - *Sborník „Systémpvé prístupy v inženiersko-geologickom výskume", Bratislava, 1988, 44-57*
Johns, R.K.: Uranium exploration in South Australia. - *In „Geological aspects of the discovery of some important mineral deposits in Australia", edit. K.R. Glasson and J.H.Rattigan, AusIMM, Monograpf 17, 1990, 495-498*
Johnson, J.P.- Cross, K.C.: U-Pb geochronological contraints on the genesis of the Olympic Dam Cu, U, Au, Ag deposit, South Australia. - *Economic Geology, 90, 1995, 1046-1063*
Jones, V.T.III.- Mathewe, M.D.- Richers, D.M.: Light hydrocarbons for petroleum and gas prospecting. - *In „Geochemical remote sensing of the subsurface", edit. M.Hale. - Handobook of exploration geochemistry, vol.7 (edit. G.J.S.Govett), Elsevies, 1999. - http://www.eti-geochemistry.com/elsevier/*
Jurák, L. et al.: Předběžné výsledky průzkumu ložiska polymetalických rud Křižanovice. - *Geologický průzkumu, 6/1983, 170-172*
Kaminskij, F.V.- Potapov, S.V.: Metoiak poiskov kimberlitovych těl na vostočnoj okrajině Aldanskogo ščita. - *Razvedka i ochrana nědr, 8, 1966, 14-17*
Kanen, R.A.: Gold prospecting techniques. - *Mineral Services, Melbourne, 1991*
Karel, Vl.- Šarbach, M.: Specifické podmínky průzkumu grafitových ložisek grafitonosné oblasti jižních Čech. - *3. mezinárodní vědecká konference, sborník sekce 6 „Metodika a optimalizace podrobného a těžebního ložiskového průzkumu", VŠB Ostrava, 1985, 76-81*
Kašpar, E.: Populárně a vědecky o proutkaření. - *Jednota českých matematiků a fyziků, Praha, 1994*
Kato, T.: North Sea oil fields. Their development and impact. - *http://www.efl.arts.gla.ac.uk/Mag/poloil7.htm*
Kaufman, G.M.: Models and methods for estimating undiscovered oil and gas. - What they do and not do. - *In „First IIASA conference on energy resources", edit. M. Crenon, IIASA, Laxenburg, 1975, 237-250*
Každan, A.B.: Metodologičeskije osnovy razvedki poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1974*
Každan, A.B.: Poiski i razvedka mestorožděnij poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1984*
Každan, A.B.: Principy klassifikacii zapasov poleznych tverdych iskopajemych. - *Sovetskaja geologia, 1980, 1, 10*
Každan, A.B.: Prognozirovanije, poiski i razvedka mestorožděnij urana. - *Energoatomizdat, Moskva, 1983*
Kelly, W.E.,- Mareš, S. (edit.): Applied geophysics in hydrogeological and engineering practice. - *Elsevier, Amsterdam, 1993*
Kesler, S. E.: Mineral Resources, Economics and the Environment. - *New York, Macmillan, 1994*
Kolář, J.: *Dálkový* průzkum Země. - *SNTL, Praha, 1990*
Kortman, C.- Nurmi, P.A.- Vuotovesi, T.: Introduction to mineral legislation in Finland. - *Geological Survey of Finland, Miscellaneous publications (16), Espoo, 1996*
Kosygin, Ju.A. et al.: Opyt formalizacii někotorych tektoničeskich poňatij. - *Geologiaja i geofizika, 1964*
Kosygin, Ju.A. et al.: Opyt formalizaciji někotorych geologičeskich poňatij. - *Moskva, 1974*
Kosygin, Ju.A.: Poňatije struktury v geologičeskich issledovanijach. - *Geologija i razvedka, 1970, 4, 76-86*
Kotlinski, R., Pařízek, A., Rezek, K.: Polymetallic Nodules – *A Perspective Source of Rare Earth Elements. The Proceedings of the 2nd. ISOPE Ocean Mining Symposium, Seoul, 1997, 50-56.*
Kotlinski, R.: International Law-related Aspects of Research and Exploitation of Oceanic Seabed, with a Particular Reference to Interoceanmetal as a Pioneer Investor. - *Problemy rozwojowe techniki okretowej, Symp. PAN, Kom. Tech., Szczecin, 1995, 61-68.*

Kotlinski, R.: Interoceanmetal Joint Organization – Achievments and Challanges, *The Proceedings of the 1st. ISOPE Ocean Mining Symposium, MMIJ, Tsukuba, 1995, 5-7.*
Kovalevskii, A.L.: Biogeochemical prospecting for ore deposits in the U.S.S.R. - *Journal of Geochemical Exploration, 21, 63-72, Elsevier Amsterdam, 1984*
Kovalevsky, A.L.: Biogeochemical Exploration for Mineral Deposits. - *AH Zeist, Netherlands, 1987*
Krasnikov, V.I. (edit.): Geochimičeskije poiski rudnych mestorožděnij v SSSR. - *Gosud. Naučno-techničeskoje izdat. litěratury po geologiji i ochraně nědr, Moskva, 1957*
Krasnikov, V.I.: Osnovy racionalnoj metodiki poiskov rudnych mestorožděnij. - *Moskva, 1965*
Kratochvíla, L.: Optimalizace metodických komplexů na vyhledávání a průzkum nerudních stavebních surovin. - *IV. vědecká konference hornicko-geologické fakulty VŠB, sborník sekce č.3 „Optimalizace geologicko-průzkumných prací", VŠB Ostrava, 1990, 41-45*
Krejter, V.M.: Poiski i razvedka mestorožděnij poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1964*
Kudrass, H.R.: Marine Placer Deposits and Sea-level Changes. - *Handbook of Marine Mineral Deposit - Cronan, D.,S., (edit.), 2000, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 3-12.*
Kunzendorf, H.: Marine Mineral Exploration – *Realities and Strategies at the End of the 1990's. Marine Georesources and Geotechnology, 16, 1998, 2, 121-132.*
Kuosmanen, V.: A case history for gold prediction in NE Finland. - *In Bonham-Carter,G. et al. „Spatial data integration for mineral exploration, resource assessment and environmental studies: a guidbook", IAEA Wien + ITC Enschede, 1992, 191-202*
Kužvart, M., Böhmer, M.: Prospecting and Exploration of Mineral Deposits. Second completely revised edition. - *Elsevier, Amsterdam-Oxford-Toronto-New York, 1986.*
Lambert, I.- McKay, A.- Miezitis, Y.: Australia's uranium resources: trends, global comparisons and new developments. - *Bureau of resource sciences, Canberra, 1996*
Lefond, S.J. (edit.): Industrial minerals and rocks. Vol.1. 5. edition. - *Society of mining engineers. American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York, Port City Press, Baltimore, 1983*
Long, K.R.: Economics of mining law. – *Nonrenewable resources, vol.4, 1995, Nr.1, 74-83*
Lowrie, R.L.: Of U.S. minerals and morals. - *Engineering and Mining Journ., October 1997, 16A - 16D*
Lund, J. W.- Freeston, D.H.: World-wide direct uses of geothermal energy 2000. - *Geothermics, vol.30, No.1, 2001*
Marris, T.F., et al.: Types, abundances and distribution of kimberlite indicator minerals in alluvial sediments, Wawa - Kinniwabi Lake area, Northeastern Ontario: implicatians for the presence of diamond - bearing kimberlite. - *Journal of Geochem. Explor., 63, 1998, 217-235, Elsevier, Amsterda*
Marsh, T. et al.: $^{40}Ar/^{39}Ar$ geochronology of Cu-Au and Au-Ag mineralization in the Potrerillos District, Chile. - *Recent special issue of Economic Geology, vol. 92, no. 7/8, 1997*
Marshall, P.F. (edit.): Syncude Canada Ltd. Annual Report 1997. - *Signature Press, Canada, 1998*
Matula, M.- Liščák, P.: Porušenosť hornín a jej inžinierskogeologické hodnotenie. - *Mineralia Slovaca, 22, 1990, 345-352*
McCammon, R.B.: Prospector II - the redesign of Prospector. - *AI systems in government, 1989, March 27-31, Washington D.C., 88-92*
McCammon, R.B.: Target intersection probabilities for parallel line and continuous grid types of search. - *Journal Mathem, Geology, 1977, vol.9, 4, 369-384*
McClenaghan, M. B., - DiLabio R.N.W.: Ice-flow history and glacial dispersal patterns, south-eastern Cape Breton Island, Nova Scotia: implications for mineral exploration. - *Canadian Journal of Earth Sciences, vol.33, 1996, 351-362.*
McInnes B.I.A., et al.: Biogeochemical exploration for gold in tropical rain forest regions of Papua New Guinea - *Journal of Geochem. Explor., 56, 1996, 227-243, Elsevier, Amsterdam*
McKelvey, G.E.: Frontiers in exploration research - a philosophical overview. - *Nonrenewable Resources, vol.5, 1996, No.2, 85-90*
Meedows, D.H., et al.: The limits to growth. - *PAN Books Ltd., London, 1972*

Melioris,L.- Mucha,I.- Pospíšil,P.: Podzemná voda - metódy výskumu a prieskumu. - *SNTL Praha, ALFA Bratislava, 1988*
Mero, J.: The Mineral *Resources* of the Sea. - *Elsevier, Amsterdam, Publ. Co., New York, 1965*
Michener, C.E.: Political versus geological climate in global exploration. - Canadian Mining Journal, 90, 1968, 4, 124-126
Miller, B.M.: Integration of geographic information systems and expert systems technology for resource management. - *U.S. Geological Survey bulletin 2016, 1992, A1-A7*
Montgomery, C.W.: Environmental geology, IV.edit.- *Wm. C. Brown Publisher, Dubuque, 1995*
Morávek, P. (edit): Gold deposits in Bohemia. - *Czech Geological Survey, Prague, 1996*
Morgan, Ch.L.: Resource Estimates of the Clarion-Clipperton Manganese nodule Deposits. - *In Handbook of Marine Mineral Deposits - Cronan, D.,S., (ed.), 2000, CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C., 2000, 145-170.*
Moroni, M. et al.: The Serra Pelada Au-PGE deposit, Serra dos Carajás (Pará State, Brazil): geological and geochemical indications for a composite mineralising proces. - *2001, http://link.springer.de/link/ service/journals/00126/contens/01...htm*
Muggeridge, M.T.: Pathfinder sampling techniques for locating primary sources of diamonds: recovery of indicator minerals (Cr-diopside and spinel, pyrope, pikroilmenite a.o.), diamonds and geochemical signatures. – *Journal of Geochem. Explor., 53, 1995, 183-204, Elsevier, Amsterdam*
Müller, K.- Hofrichterová, L.: Použití geofyzikálních metod v geologickém průzkumu. – *ES VŠB Ostrava, 1979*
Müller, K.- Hofrichterová, L.: Současný stav a další možnosti využívání geofyzikálních metod v tapách podrobného a těžebního průzkumu. - *3. mezinárodní vědecká konference, sborník sekce 6 „Metodika a optimalizace podrobného a těžebního ložiskového průzkumu", VŠB Ostrava, 1985, 17-23*
Müllerová, J.- Müller, K.: Specifické inženýrsko-geologické problémy v oblastech důlní činnosti. - *Geologický průzkum, 9/1978*
Müllerová, J.- Müller, K.: Modelové systémy v inženýrské geologii. - *IV. vědecká konference hornicko-geologické fakulty VŠB, sborník sekce č.3 „Optimalizace geologicko-průzkumných prací", VŠB Ostrava, 1990, 46-50*
Němčok, A.- Pašek, J.- Rybář, J.: Dělení svahových pohybů. - *Sborník geologických věd, řada HIG, č.11, 1974*
Nolan, T.B.: The search for new mining districts. - *Economic Geology, 45, 1959, 601-608*
Novák, J.: Optimalizace sítě podzemního průzkumu při vyhledávání těles eliptického průřezu. - *Symp. Hornická Příbram ve vědě a technice, Sbor. Matematické metody v geologii a geofyzice, 1969*
Odel, P.R.: Fossil fuels resources in the 21th century. - *Financial Times Energy, 1999, London*
Orlova, A.V. - Šatalov, E.T.: Osnovnyje principy sostavlenija i uslovnyje oboznačenija metallogeničeskich i prognoznych kart rudnych rajonov. - *Moskva, 1963*
Ostensson, O.: Mining and the environment: the economic agenda. - *Industry and environment. Mining and sustainable development. UNEP, vol. 20, No.4, Oct.-Dec. 997, 29-31*
Ovčinnikov, L.N.- Grigorjan, S.V.: Zakonomernosti sostava i strojenija geochimičeskich oreolov sulfidnych mestorožděnij. – *In „Naučnyje osnovy geochimičeskich metodov poiskov glubokozalegajuščich mestorožděnij". Irkutsk, 1970*
Palas, M.- Schejbal, C.: Optimalizace struktury geologicko-průzkumné činnosti v ČSSR. - *Sbor ník „Optimalizace geologicko-průzkumných prací", IV. vědecká konference hornicko-geologické fakulty VŠB, sekce 3, Ostrava, 1990, 25-28*
Palas, M.- Schejbal, C.: Present problems of defining strategic mineral raw materials of the Czech Republic. - *Aktualia i perspektiwy gospodarki surowcami mineralnymi, Rytro, Polsko, 1995*
Paone, J.: Germanium. Mineral Facts and Problems. - *U.S. Bureau of Mines Bulletin 650 p. 1970, 563-571.*
Parsons, R.B.: Taxation and mine evaluation. - *CIM Bulletin, vol.86, No.974, October 1993, 48-50*
Pařízek, A., Horniš, J.: Report on the Relinquishment of 20% of the Interoceanmetal Joint Organization Pioneer Area under Resolution II of the Third United Nations Conference on the

Law of the Sea. Final Report to ISA (Exploration Methods, Geological Setting, Reserves Calculation). - *IOM, Szczecin, 2000.*

Pařízek, A., Rezek, K.: Deepsea Polymetallic Nodules – Raw Material of the Near Future. - *Mineral Raw Materials and Mining Activity of the 21st. Century Symposium, Technical University and Faculty of Mining and Geology, Ostrava, 2001,195-202.*

Pašek, J. et al.: Inženýrská geologie II. - *Praha, 1995*

Paturi, F.R.- Strauch, F.- Herholz, M.: Kronika Země. - *Fortuna Print, Praha, 1996*

Peters, K.E.- Moldovan, J.M.: Effects of source, thermal maturity and biodegradation on the distribution and isomerization oh homohopanes in petroleum. - *Organic Geochemistry, vol. 17, 1991, 47-61*

Peters, W.C.: Exploration and mining geology. - *Wiley and sons, New York, 1979*

Peters, W.C.: Exploration and Mining Geology, 2nd edition. - *Wiley and sons, New York, 1987*

Peterson, N.R.- Hallof, P.G.: Geophysical exploration for gold. - *In Foster,R.P. (edit.): Mineral resources evaluation into the 21st century. - Proceedings of MRE21 - Annels Conference (edit. S.C.Dominy). Department of Earth sciences, Cardiff University, 2000*

Petrie, G.: Characteristics and applications of high-resolution space imagery. - *Mapping Awarenes, November Vol.13, 1999, No.10, 33-37*

Pinto, V. - Cases, A.: An interactive 2D and 3D gravity modeling program for IBM-compatible personal computers. - *Computers and Geosciences, 996, vol.,22, no.5, 535-546*

Pogrebickij, E.O. (edit): Poiski i razvedka mestorožděnij poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1968*

Pouba, Z.: Geologické mapování. - *Nakl. ČSAV, Praha, 1959*

Pratt, W.P.- Sims, P.K.: The mid-continent of the United States - permissive terrane for an Olympic Dam-type dposit? - *U.S. Geological Survey Bulletin 932, 1990*

Rac, M.V.: Něodnorodnosť gornych porod i ich fizičeskich svojstv. - *Moskva, 1968*

Raper, J.F. - Maguire, D.J.: Design models and functionality in GIS. - *Computers and Geosciences, 1998, 18, 4, 387-394*

Ravelo, C.: Gold fever. - *1996, http://www.brazil-brasil.com/p24may96.htm*

Reedman, J. H.: Techniques in Mineral Exploration. - *Ripple Road, Applied Science Publishers, 1979*

Rejl, J.- Saic, S.- Dedaček, K.: Processing of aerogeophzsical data by Pericorol image processing system. - *Surveys in geophysics 12, Kluever Academic Publisher, 1991, 507-614*

Ricks, G.: Environmental Impact Assessment (EIA) service. - *SRK (UK) Ltd. http://www.srk.co.uk/serv/envscience/envimpact.html*

Riddler, G.P. - Miskelly, N.: An international reporting standard for mineral resources and reserves - an odyssey nears its end. - Mineral resource evaluation into the 21st century, MRE 21 - *Annels meeting, Proc., ed. S.C.Dominy, Cardiff University, Cardiff, UK, 2000*

Rogers, J.D.: Standards for geotechnical and engineering geology reports. - *http://www.geolith.com/peer_review/standards.htm*

Rochester, J.: Drilling at sea: Hydrocarbon exploration. - *http.//www.brookes.ac.uk/geology/8361/1998/jeff/datsea.html*

Roy, K.J.: Hydrocarbon assessment using subjective probability and Monte Carlo methods. - *In „First IIASA conference on energy resources", edit. M.Crenon, IIASA, Laxenburg, 1975, 345-360*

Rozanov, Yu.A.: Hypothetical probabilistic prototype of an undiscovered resource model. - *In „First IIASA conference on energy resources", edit. M. Crenon, IIASA, Laxenburg, 1975, 325-332*

Rudawski, O.: Mineral economics. Development and management of natural resources. - *Elsevier, Amsterdam, N.York, 1986*

Rundkvist, D.- Jerofeev, B. (edit.): Kriterii i metodika prognozirovanija mestorožděnij rudnych i něrudnych poleznych iskopajemych. - *Sovět ekonomičeskoj vzajimopomošči, Postojannaja komissija po sotrudničestvu v oblasti geologii, Moskva, 1981*

Ruzicka, V.: Models for Canadian unconformity deposits: An important component in metallogenic studies, exploration and mineral resource appraisals. - *IAEA, Technical Committee Meeting on recent developments in uranium resources and supply, Vienna, Austria, 24-28 May 1993*

Rybařík, V.: Netradiční metoda zjišťování tektonických poměrů ložisek kamene. - *Geologický průzkum, 12/1985*

Rybařík, V.: Současné problémy geologického průzkumu ložisek kamene pro výrobu drceného kameniva. - *3. mezinárodní vědecká konference, sborník sekce 6 „Metodika a optimalizace podrobného a těžebního ložiskového průzkumu", VŠB Ostrava, 1985, 86-89*

Sabins, F.F.: Remote sensing. Principles and interpretation. - *W.H.Freeman and comp., San Francisco, 1978*

Sasvári, T.: Geotechnický opis ložísk nerastných surovín. - *Acta Montanistica Slovaca, roč.1, 2, 1996, 147-150*

Sattran, Vl. et al.: K metodice vědeckých prognóz zdrojů nerostných surovin. - *ÚÚG Praha, 1977*

Savinskij, I.D.: Tablicy verojatnostěj podsečenija elliptičeskich objektov prjamougolnoj setju nabluděnij. - *Nědra, Moskva, 1964*

Scott, R.W.- Detra, P.S.- Berger, B.R., (edit.): Advances related to United States and international mineral resources: developing frameworks and exploration techniques. - *U.S. Geological Survey Bulletin, 2039, 1993*

Seal, R.R.I.: Environmental processes that affect mineral deposits in the Eastern United States. - *U.S. Geological Survey, 1999, http://pobs.usgs.gov/info-handout/seal1/*

Shilts, W.W.: Till geochemistry in Finland and Canada. - *Geochemical exploration 1983, edit. A.J.Björklund, Association of Exploration Geochemists Special Publication 11, Elsevier Amsterdam, 1984, 95-117*

Schejbal, C.: Primární geochmické, geofyzikální a petrografické anomální zóny v okolí rudních žil ložiska Banská Štiavnica. - *Geologický průzkum, XII, 9/1970, 257-259*

Schejbal, C.: Poznámky ke strategii vyhledávání a průzkumu ložisek nerostných surovin. - *Sbor. věd. prací Vysoké školy báňské v Ostravě, řada hornicko-geologická, 17, 1972, 15-34*

Schejbal, C.: Metody geologického průzkumu. Část I, II. - Ediční středisko VŠB, Ostrava, 1971, 1974

Schejbal, C.: Problémy metodiky a vyhodnocování výsledků geochemického průzkumu. - *Geologický průzkum, XVIII, 1976, 7, 193-195*

Schejbal, C.: Rozvoj metodologie geologického průzkumu v ložiskové geologii. - *In „2.mezinár. věd. konference, sekce 5 - Ložisková a průzkumná geologie", VŠB Ostrava, 1979, 16*

Schejbal, C.: Metodika prognózování v rudních rajonech. - *In „Využitie matematických metód pri prognózovaní rudných ložísk", Spišská Nová Ves, 1979, 107-126*

Schejbal, C.: Metodologie a systémové pojetí výpočtu zásob ložisek pevných nerostných surovin. - *Geologický průzkum, 8-9/1982, 236-238*

Schejbal, C.: Metodika odhadu prognózních zásob rudního revíru nas příkladu oblasti Horního Města u Rýmařova na severní Moravě. - *In Sborník „Symposium Hornická Příbram ve vědě a technice. Sekce Matem. metody v geologii", Příbram, 1983, 342-359*

Schejbal, C.: Aplikovaná geostatistika I, II, III. - *ČSUP Příbram, 1983, 1985,1987*

Schejbal, C.: Methodology of prognostic reserves assessment in ore districts (Czechoslovakia). - *Proc. of the Intern. Colloquim „Computers in Earth sciences for natural reserves characterization", 1984, Nancy, France, 132-141*

Schejbal, C.: Metodologie podrobného a těžebního průzkumu. - *3. mezinárodní vědecká konference VŠB, Sborník sekce „Metodika a optimalizace podrobného a těžebního ložiskového průzkumu, Ostrava, 1985, 6-11*

Schejbal, C.: Metodologie počítačového zpracování a interpretace dat v aplikované geochemii. - *ČSUP Příbram, 1986*

Schejbal, C.: Analiz sootnošenija meždu etapami geologirazvedočnych rabot i objektov razvedki i ich ocenki. - *In Ekonomika geologorazvědočnych rabot, Sbor. II. Meždunar. symp. CMEA, Košice - Zlatá Idka, 1988, 125-132*

Schejbal, C.: Geologicko-ekonomické hodnocení ložisek nerostných surovin a problematika určování kondic. - *ČSUP Příbram, 1989*

Schejbal, C.: Metodologické otázky optimalizace a řízení geologicko-průzkumných prací. - *Sbor ník „Optimalizace geologicko-průzkumných prací", IV. vědecká konference hornicko-geologické fakulty VŠB, sekce 3, Ostrava, 1990, 1-6*

Schejbal, C.: Metodologie geologického průzkumu. - *ES VŠB Ostrava, 1992*

Schejbal, C.: Principles of optimization of mineral deposit exploration programmes. - *Sborník vedeckých prací VŠB Ostrava, řada hornicko-geologická, vol. XXXVIII, 1992, 1, 185-197*

Schejbal, C. et al.: Způsob a rozsah podpory báňského podnikání ve světě. -*MS, VŠB-TU Ostrava, 1992*
Schejbal, C.: Projektování průzkumu. - *Ediční středisko VŠB, Ostrava, 1994*
Schejbal, C.: Relations berween models of resources and consumption of mineral raw materials and models of the natural environment. -. *Mineral Resources, Environment and Health, Int. Conf. Proc., VŠB Ostrava, 1994, 285-290*
Schejbal, C.: The geological utilization of geostatistical variography. - *Sborník vědeckých prací VŠB Ostrava, Agricola vol., XL, 1994, 1119, 95-104*
Schejbal, C.: Význam vzorkování pro hodnocení vlastností nerostných surovin. - *Proc. Intern. Conf. „Environment and mineral processing", VŠB Ostrava, 1994*
Schejbal, C.: Možnosti optimalizace v geologickém průzkumu. - *Acta Montanistica Slovaka, vol.1, 1996, 2, 139-146*
Schejbal, C.: Geologic-mining activities and the environment. - *Fifth Intern. Symp. „Mine planning and equipment selection 1996", edit. W.T. Hennies et al., Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1996, 679-684*
Schejbal, C.: Optimalizace průzkumu. - *Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 1996*
Schejbal, C.: Karbonatitový komplex Barreiro u města Araxá v Brazílii. - *Uhlí-Rudy-Průzkum, 1997*
Schejbal, C.: Ložiska železorudného čtyřúhelníku v Brazílii. - *Uhlí-Rudy-Průzkum, 1997*
Schejbal, C.: Mineral industry and the environment at the crossing point to he third millenium. - *Sbor. „9. medzinárodná banícka konferencia", Fakulta BERG, TU Košice, 1997*
Schejbal, C.: Nerostné surovinové zdroje a trvale udržitelný rozvoj. - *Lidská společnost a nerostné surovinové zdroje, Sbor., VŠB-TU Ostrava, 1997, 13-26*
Schejbal, C.: Optimization of borehole grid in mineral exploration. - *Mine Planning and Equipment Selection 1998, Proc. Intern. Symp., ed. R.K.Singhal, Balkema, Rotterdam, 1998, 47-52*
Schejbal, C.: Vliv strukturálního uspořádání přírodních objektů na metodiku jejich průzkumu. - *Sborník vědeckých prací VŠB Ostrava, řada hornicko-geologická, XLVI, 2000, 117-124*
Schejbal, C.: Prognózování jako základ optimalizace ložiskového průzkumu. - *Sborník vědeckých prací VŠB Ostrava, řada hornicko-geologická, XLVII, 2001, 1, 77-87*
Schejbal, C.: Hierarchical arrangement of geological bodies as a basis for moneral exploration and evaluation. - *„Mine planning and equipment selection 2002", Proc. of International conference, VŠB-TU Ostrava, Bouzov, 2002, v tisku*
Schejbal, C. et al.: Postavení akumulací rudních prvků v horizontu svrchní lubenské sloje mezi Lubnou a Rakovníkem. – *Sborník vědeckých prací VŠB v Ostravě, XVIII, 1972, č.3, řada hornicko-geologická, 81-95*
Schejbal, C.- Güttner, S.: Alternativní vyhodnocení zásob prožilkově-impregnačního zrudnění na ložisku Hodruša - Hamre pomocí geostatistických postupů. - *MS, VŠB Ostrava, 1990*
Schejbal, C.- Hruška, J.: Methods and techniques of the prediction of metallic and nonmetallic raw materials using microcomputers in Czechoslovakia. - *In Computer applications in resource estimation, edit. G.Gaal and D.Merriam, Pergamon Press, Oxford, 1988, 147-154*
Schejbal, C.- Palas, M.- Schreiber, P.: The present and the prospective position of the Czech Republic in the world trade in mineral raw materials. - *17th world mining congress, Proc., Acapulco, Mexico, 1997, 65-72*
Schejbal, C.- Palas, M.: Expertní ocenění nerostných surovin z hlediska státní surovinové politiky. - *Sbor. mezinárodní konference „Aktuální problémy v hornictví", 1994, 103-104*
Schejbal, C.- Schejbalová, J.: Optimalizace průzkumného systému v československé části horrnoslezské pánve. - *MS, VŠB Ostrava, 1987*
Schejbal, C.- Schejbalová, J.: Optimalizace sítě geochemického průzkumu. - *Sborník GPO, 9, VIII/1975, 49-66*
Schejbal, C.- Zamarský, V.: Hospodaření se zdroji nerostných surovin. - *In „Ochrana životního prostředí", edit. V. Dirner, 1997*
Schmoker, J.W.- Klett, T.R.: Geological survey assessment model for undiscovered conventional oil, gas and NGL resources - the seventh approximation. - *U.S. Geological Survey bulletin 265, version 1.0, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 1999*

Schowengerdt, R.A. Techniques for image processing and classification in remote sensing. - *Academic Press, New York, 1983*

Schruben, P.: National mineral-resource assessment: The 1996 estimate of undiscovered gold, silver, copper, lead and zinc remaining in the United States. - *U.S. Geologicql Survey, National Center, Reston, 1999. - http://pubs.usgs.gov/info-handout/assessment/*

Schulman, M.J.- Mannaa, A.: Die optimale Kombination von exploration Methoden. - *Proc. XXII. Intern. Symp. APCOM, Technische Universität Berlin, H.51, B.II, 1990, 485-498*

Schusterbauer, et al.: Sovereign Risk. - *EGRU Newsletter, April 2001. - http://www.aig.asn.au/soverign_risk.htm*

Silver, D.B.: A fish story. - *Mining Engineering, Sept. 2000, vol. 52, No.9, 12-13*

Singer, D.A. - Mosier, D.L.: A review of regional mineral resources assessment methods. - *Economic Geology, vol.76, 1981, no.5, 1006-1015*

Singer, D.A.: Ellipgrid, a Fortran IV program for calculating the probability of success in location elliptical targets with square, rectangular and hexagonal grids. - *Geocom Programmes, 1972, 4, 1-16*

Skiner, B.J.: Resources in the 21st century: Can supplies meet needs? - *Episodes, December 1989, vol.12, no.4, 267-275*

Slichter, L.B.: The need of a new philosophy of prospecting. - *Mining Engineering, 1960, 470-476*

Smirnov, V.I.: Geologičeskije osnovy poiskov i razvedki rudnych mestorožděnij. - *Izdat. Moskovskogo universitěta, Moskva, 1957*

Smirnov, V.I.: Geologija poleznych iskopajemych. - *Nědra, Moskva, 1965*

Smith, R.S.- Annan, A.P.: Advances in Airborne Time-Domain EM Technology. - *In: Gubins A.G. (ed.), Geophysics and Geochemistry at the Millenium, Prospectors and Developers Assoc. of Canada, Toronto, 1997, 497-504.*

Solovov, A.P.: Poiskovyje seti i verojatnostnyje rezervy oruděnija v poluzakrytych rajonach. - *In „Glubinnuje poiski rudnych mestorožděnij", edit. A.N. Jeremejev a A.P. Solovov, 2. vyd., 1968, 9-36*

Soukup, B.: Hodnocení nerostných ložisek a geologického průzkumu. - *ÚÚG Praha, Acadmia, Praha, 1988*

Spencer, C.H.: Remote sensing provides high-tech clues for mineral exploration. - *Earth Observation magazine, Jan. 1995, 21-23*

Stanley, M.C.: An overview of mineral resource assessment. - *RSI GeoResource - Spring/Summer 1996. http://www.resourcescience.com/geores/96spsu.htm*

Stanton, R.W.: Sampling of coal beds for analysis. - *In „Methods for sampling and inorganic analysis of coal", edit. D.W.Golightly and F.O. Simon, U.S. Geological Survey bulletin 1823, 1998*

Staplin, F.L.: Sedimentary organic matter, organic metamorphism, and oil and gas occurency. - *Bulletin of Canadian Petrological Geology, 17, 1969, 47-66*

Stein, H.J.- Cathles, L.M.: The timing and duration of hydrothermal events. - *Recent special issue of Economic Geology, vol. 92, no. 7/8, 1997*

Stokowski, S.J.Jr.: Cutting costs with geophysical techniques: The Northeast aggregates industry. - *http://members.aol.com/crushstone/gp_ne.htm*

Strachov, N.M.: Osnovy těorii litogeneza. - *Izdat. AN SSSR, 1962*

Suk, M.- Ďurica, D. et al.: Hluboké vrty v Čechách a na Moravě a jejich geologické výsledky. - *MHPR ČR, nakladatelství Gabriel, 1991*

Sýkora, L.: Rostliny v geologickém průzkumu. - *Nakl. ČSAV, Praha, 1959*

Šarapov, I.P.: Logičeskij analiz někotorych problem geologiji.- *Nědra, Moskva, 1977*

Šponar, P.: Geologické práce a jejich právní úprava. - *In Podnik a právo životního prostředí, 2000*

Šponar, P.: Systémové a legislativní postavení tvorby a ochrany životního prostředí v procesu geologický průzkum - příprava - dobývání ložisek nerostných surovin. - *Uhlí - Rudy, 12/1/1992, 418-422*

Štýs, S.: Zelené proměny černého severu aneb plastická operace podkrušnohorské krajiny. – *SD Chomutov, Bílý slon, Praha, 1995*

Takashi Nishiyama, - Tsuyoshi Adachi.: Resource depletion calculated by the ratio of the reserve plus cumulative consumption to the crustal abundance for gold. - *Nonrenewable resources, Oxford University Press, 1995, 253-261*

Tang Shirong, et al.: Heavy-metal uptake by metal-tolerant Elsholtzia haichowensis and Commdina communis from China. - *Commnications in soil science and plant analysis, vol. 32, issue 5-6, 2001- http://www.dekker.com/servlet/product/DOI/101081CSS100103915*

Thiel, H.- Foell, E.J.- Schriever, G.: Potential Environmental Effects of Deep Seabed Mining, *Ber. Zentrum Meeres, Univ. Hamburg, 1991*

Tkatchenko, G.G. et al.: Benthic Impact Experiment in the IOM Pioneer Area: Testing for Effects of Deep Seabed Disturbance. - *International Seminar on Deep Seabed Mining Technology, Beijing, 1996, 55-73.*

Turner, S.J.: The Yanacocha epithermal gold deposits, Northern Peru: high-sulfidation mineralization in a flow dome setting. - *http://www.dregs.org/abs1977.html, 1977*

Tylčer, J.: Metody a metodika průzkumu v hydrogeologii. - *VŠB Ostrava, Geol. prieskum Spišská Nová Ves, 1990*

Uhler, R.S.- Bradley, P.G.: A stochastoc model for determining the economic prospects of petroleum exploration over large regions. - *Journal Amer. Stat. Assoc., 65, 1970, 623-630*

Usui, A.- Iisaza, K.:Deep Sea Mineral Resources in the Northwest Pacific Ocean: Geology, Geochemistry Origin and Exploratin. - *The Proceedings of the 1st. ISOPE Ocean Mining Symposium, MMAJ, Tsukuba, 1995, 131-138.*

Vaněček, M. (edit): Mineral deposits of the world. - *Academia, Praha, 1994*

Velikij, A.S.: Struktury rudnych polej. - *Izdat. Leningradskogo univerzitěta, Leningrad, 1961*

Vocílka, M.: K historii těžby kamenolomu v Mistrovicích a ke geologii se zhodnocením průzkumu. – *Sborník GPO, 19, srpen 1979, 93-á106*

Vokřínek, P. et al.: Landek –svědek dávné minulosti. – *Librex, Ostrava, 1996*

Voronin, Ju.A.: Issledovanije operacij pri poiskach i razvedke mestorožděnij poleznych iskopajemych. - *Nauka, Sib. otd., Novosibirsk, 1983*

Voronin, Ju.A.: Soveršenstvovanije metodologičeskich, těoretičeskich i organizacionnych osnov poiskov i razvedki poleznych iskopajemych v svjazi s primeněnijem matěmatičeskich metodov i EVM. - *Sib. otd. AN SSSR, Novosibirsk, 1976*

Walters, M.: Feasibility study. - *Natural Resources Canada, Minerals and metals sector, 1998*

Ward, S.H.: Mining geophysics - new techniques and concepts. - *Mining Congress Journal, 58, 1, 38-68*

Webster, B.: Mining for all times. - *Mining Voice, September/October 2000, 32-36*

Wedepohl E., et al.: Application of High Resolution Geophysics to Mining. - *In: Gubins A.G. (edit.), Geophysics and Geochemistry at the Millenium, Prospectors and Developers Assoc. of Canada, Toronto, 1997, 615-616.*

Wellmer, F.W. : Statistical evaluations in exploration for mineral deposits. - *Springer Verlag, Berlin, 1998*

Wignall, T.K.- DeGeoffroy, J.: Statistical models for optimizing mineral exploration. - *Plenum Press, N.York - London, 1987*

Wimpfen, S.P.: Man´s impact on the environment. - *Mining Engineering, September 1993, 1164-1166*

Zamarský, V.- Schejbal, C.: Geotermální teplo - významný zdroj energie v Kostarice. - *Uhl -Rudy-Průzkum, 1997*

Záruba, Q. - Mencl, V.: Inženýrská geologie. - *Academia, Praha, 1974*

Zeegers, H. - Leduc, C.: Geochemical exploration for gold in temperate, arid, semi-arid and rain-forest terrains. - *In Gold metallogeny and exploration, edit. R.P. Foster, Chapman and Hill, London, 1993, 309-335*

sine: Airborne geophysical surveying for hydrocarbon exploration. - *EDCON Aero Surveys, Inc. - http://www.edcon.com/airgeohy.htm*

sine: An overview of mineral resource assessment. - *RSI-Georesource, Spring/Summer 1996. http://www.resourcescience.com/geores/96spsu.htm*

sine: Araxá niobium mine. - Mining *magazine, February 1982, vol.146, No.2, reprint*

sine: Arenal volcano - Miravalles volcano seismological network in Costa Rica. - *http://www.arenal.net/volcano-eruption/arenal-miravalles-seismological.htm*
sine: Auditing of exploration programmes. - *SRK Ltd., UK. http://www.srk.co.uk/serv/expminegeo/audit.html*
sine: Australia's uranium mines. - *Uranium Information Centre Ltd., Melbourne, 2000*
sine: A guide for reporting exploration information, mineral resources, and mineral reserves. - *Resources and reserves committee, Society for mining, metallurgy and exploration, Littleton, Colorado, 1999*
sine: Biomine 97. - *International Biohydrometallurgy Symposium IBS97, Sydney: Adelaide, Australian Mineral Foundation, 1997*
sine: Canadian mining facts. - *Natural Resources Canada 1999. http://www.nrcan.gc.ca/mms/efab/mmsd/fact/canada.htm*
sine: Coal - power for progress. 4th edition. - *World Coal Institute, London, 2000*
sine: Code minier. - *Journal officiel de la Republica Francaise. 1997*
sine: Drilling at sea: hydrocarbon exploration. - *http://www.brookes.ac.uk/geology/8361/1998/jeff/datsea.html*
sine: Elura Orebody Cobar, New South Wales. - *Proceedings of the Elura Symposium, Sydney 1980, Australian Society of Exploration Geophysicists, Sydney.*
sine: Environmental impact assessment (EIA) services. - *SRK Ltd., UK. http://www.srk.co.uk/serv/envscience/envimpact.html*
sine: Environmental risk assessment. – *American statistical association, http://www.amstat.org/careers/copss/risk.html*
sine: Escondida copper mine, Chile. - *http://www.mining-technology.com/projects/escondida/2001*
sine: European code for reporting of mineral exploration results, mineral resources and mineral reserves. Consultation dratf. - *Working group of IMM in conjunction with EFG and IGI, October 2000.*
sine: European Union - West and Central Africa Mining Forum. Sectorial study. - *Mines'98. http://www.mines98.com/sec_exp.htm*
sine: Exploration and development of metallic minerals. - *DIAND. http://www.inac.gc.ca/building/metals/metal_c.html*
sine: Financial assistance for mining ex'ploration for prospectors. - *Guebec mineral exploration assistance program. - Gouvernement du Québec, Ministére des Ressources naturelles, 1998*
sine: Financial assistance for mining exploration for companies. Near-north mineral exploration program. Deep drilling in the Abitibi sub-province program. - *Gouvernement du Québec, Ministére des Ressources naturelles, 1998*
sine: Geology of Martha Mine. - *Normandy Mining Ltd. http://www.marthamine.co.nz/geolhist_martha.html*
sine: Ground penetrating radar. Basic operating principles. - *GeoModel Inc., http://www.geomodel.com/gprtext.htm*
sine: Ground penetrating radar surveying. - *TerraDat Geophysical, 2002. http://www.terradat.co.uk/gpr.html*
sine: History (Minera Escondida). - *http://www.escondida.cl/english/history.htm, 2001*
sine: Mining Martha. - *Normandy Mining Ltd. http://www.marthamine.co.nz/mine_overview.html*
sine: Guinnessova encyklopedie. - *Guinness Publishing. Mladé letá, Bratislava, 1992*
sine: Characterizing charge risk using oil and gas geochemistry. - *OilTracers, L.L.C, 1999-2002*
sine: Kaltim Prima Cola Mine, Indonesia. - *http://www.mining-technology.com/projects/kaltim/*
sine: Landek. Svědek dávné minulosti. - *Librex, Ostrava, 1996*
sine: Livable cities for the 21th century. - World Bank, Washington, 1996
sine: Machar oil field. - *http://www.nitg.tno.nl/webatlas/Demo_pages/loc_sett.html*
sine: Materials. - A report of the U.S. Interagency working group on industrial ecology, material and energy flows. - *Washington, D.C., 1999*
sine: Material flow and sustainability. - *USGS Fact sheet FS-068-98, Department of the Interior, U.S. Geological Survey, June 1998*

sine: Mining - facts and figures. - *Mining and sustainable development. Industry and environment, vol. 20, No.4, October - December 1997, 4-9*
sine: Mining. - *SKC Inc., 2001, Eighty Four, USA*
sine: Naše společná budoucnost. - *Světová komise pro životní prostředí a rozvoj. 1987*
sine: National mineral-resource assessment: The 996 estimate of undiscovered gold, silver, copper, lead, and zinc remaining in United States. - *USGS information handout, reprinted August 1999. http://pubs.usgs.gov/info-handout/assessment/*
sine: North Sea. Energy Information Administration Country Analysis Brief, February 13, 2002. - *http://www.eia.doe.gov/emeu+cabs/northsea2.html*
sine: Offshore technology - Phillips oil and gas field project - R block development - North Sea Central, United Kingdom. - *http://www.offshore-technology.com/projects/rblock/*
sine.: Oil exploration. - The Hanbook of Texas Online. *The Texas state historical association, 2001.* - *http://www.tsha.utezas.edu/handbook/online/articles/view/OO/doo15.html*
sine: OilTracers 1999-2002
sine: Olympic Dam. Roxby Downs. - *Flinders ranges research. http://members.ozemail.com.au/-fliranre/olympic.htm*
sine: Operational review South Africa - Savuka. - *Anglogold - gold is, 2001. http://www.anglogold.com/AboutAngloGold/FactSheets/savuka.asp*
sine: Overview of trends in Canadian mineral exploration - Fall 1999. - *Natural Resources Canada, Minerals and metals sector, March 15, 2000. http://www.nrcan.gc.ca/mms/efab/invest/exploration/*
sine: R block development North sea central, United Kingdom. - *http://www.offshore-technology.com/projects/rblock/*
sine: Sovereign risk. - *EGRU Newsletter, April 2001. - http://www.aig.asn.au/sovereign_risk.htm*
sine: The Cigar Lake Project. - *Cogema Canada Ltd., June 1987*
sine: The future begins with mining. A vision of the Mining industry of the future. - *The National Mining Association, 1998*
sine: United Nations international framework classification for reserves/resources. Solid fuel and mineral commodiries - execituve summary. - *United nations, Economic commission for Europe, Committee for energy, Working party on coal. Seventh session, 3-5 November 1997, Geneva.*
sine: Uranium exploration in Australia. - *UIC Mines Paper 7, April 1999*
sine: USGS mineral resources program. A national perspective. - *USGS Fact sheet FS-008-98, Department of the Interior, U.S. Geological Survey, January 1998*
sine: Using biomarkers in petroleum exploration. - *OilTracers, L.L.C., 1999-2002*
sine: WMC Ltd Annual Report 1999 - *Financial Report.*
sine: Yanacocha expands drilling program for deeper sulfide gold and copper ores. - *http://www.newswire.ca/releases/October2000/03/c9556.html*

OBSAH

KAPITOLA	str.
1. Úvod	1
2. Charakteristika geologického průzkumu	13
2.1. Hlavní problémy geologického průzkumu	15
2.2. Principy geologického průzkumu	16
3. Právní prostředí geologického průzkumu a využívání nerostných surovinových zdrojů	20
3.1. Principy horních zákonů	21
3.2. Zásady postupu při zajišťování a provádění průzkumu a těžby	23
3.3. Právní, metodické a technické předpisy v České republice	24
4. Teoretické základy geologického průzkumu	27
4.1. Ložiskový průzkum	27
4.1.1. Průmyslové typy ložiskových akumulací	27
4.1.2. Vyhledávací kritéria	31
4.1.2.1. Strukturně-tektonická kritéria	33
4.1.2.2. Látková kritéria	40
4.1.2.3. Stratigrafická kritéria	46
4.1.2.4. Paleoklimatická kritéria	47
4.1.2.5. Paleogeografická a geomorfologická kritéria	48
4.1.3. Vyhledávací příznaky	49
4.1.3.1. Mineralogické a petrografické příznaky	50
4.1.3.2. Geochemické vyhledávací příznaky	54
4.1.3.3. Geobotanické vyhledávací příznaky	61
4.1.3.4. Geofyzikální vyhledávací příznaky	62
4.1.3.5. Geomorfologické vyhledávací příznaky	65
4.1.3.6. Báňské a historické vyhledávací příznaky	66
4.1.3.7. Studium vyhledávacích příznaků	67
4.2. Hydrogeologický průzkum	68
4.2.1. Teoretické základy	68
4.2.2. Přírodní faktory určující hydrogeologické poměry	70
4.2.3. Indicie hydrogeologických poměrů	71
4.3. Inženýrsko-geologický průzkum	72
4.3.1. Teoretické základy	72
4.3.2. Faktory určující inženýrsko-geologické prostředí	73
4.3.3. Indicie charakteru inženýrsko-geologického prostředí	74
5. Metody geologického výzkumu a průzkumu	76
5.1. Prospektorské metody	77
5.1.1. Vyhledávání výchozů ložiskových těles	77
5.1.2. Vyhledávání podle úlomků ložiskové výplně	78
5.1.3. Vyhledávání podle výplavů těžkých nerostů	81
5.2. Mapovací metody	85
5.2.1. Geologické mapování	85
5.2.2. Hydrogeologické mapování	87
5.2.3. Inženýrsko-geologické mapování	88
5.2.4. Podpovrchové mapování	88
5.2.5. Dálkové mapování	90

5.3. Geochemické metody 96
5.3.1. Litogeochemické metody 97
5.3.2. Hydrogeochemické metody 100
5.3.3. Biogeochemické metody 101
5.3.4. Atmogeochemické metody 101
5.3.5. Výzkum kontaminace přírodního prostředí 102
5.3.6. Projektování a provádění geochemického průzkumu 102
5.4. Geobotanické metody 103
5.5. Geofyzikální metody 104
5.6. Terénní zkoušky a režimní pozorování 110
5.7. Báňsko-historický výzkum 110
5.8 Možnosti využití virgule 112
6. Průzkumné technické prostředky 113
6.1. Průzkumné vrty 113
6.2. Průzkumné hornické práce 116
6.3. Přístroje pro terénní mineralogické a chemicko-fyzikální analýzy 119
6.4. Přístroje pro terénní hydrogeologické a geomechanické zkoušky 120
6.5. Přístroje pro průzkum mořského dna 121
7. Metodika vyhledávacích prací 124
7.1. Výběr metodického komplexu 124
7.2 Vliv úrovně společensko-hospodářského rozvoje 124
7.2.1. Vyhledávání v rozvojových zemích 124
7.2.2. Vyhledávání ve vyspělých zemích 125
7.3. Vliv přírodního prostředí 128
8. Prognózní hodnocení zájmových území 140
8.1. Přehled prognostických metod 140
8.2. Obecný prognostický model 141
8.3. Příklady prognózních metod 142
8.4. Dynamické modelování a predikce surovinových zdrojů 146
9. Vzorkování geologických objektů 149
9.1. Typy vzorkování 149
9.2. Hustota vzorkování 154
9.3. Hmotnost základního vzorku 154
9.4. Kontrola vzorkování 156
10. Ložiskový průzkum 158
10.1. Cíle ložiskového průzkum 158
10.2. Průzkumné typy ložiskových akumulací 158
10.3. Průzkumné systémy 160
10.4. Metodika ložiskového průzkumu 163
10.4.1. Struktura průzkumu a využití ložisek 163
10.4.2. Prognózní fáze 164
10.4.3. Přípravná fáze 164
10.4.4. Realizace průzkumného programu 170
10.4.5. Vyhodnocovací fáze 179
10.5. Těžební průzkum 180
10.6. Geometrizace ložiskových těles 186
10.6.1. Okonturování ložiskových těles 186
10.6.2. Základní způsoby zobrazování ložiskových těles 189

11. Hydrogeologický a inženýrsko-geologický průzkum ložisek 193
11.1. Hydrogeologický průzkum ložisek 193
11.1.1. Přírodní faktory zvodnění ložisek 193
11.1.2. Rozsah a metodika hydrogeologického průzkumu 194
11.1.3. Hodnocení hydrogeologických poměrů 195
11.1.4. Zásady odvodňování povrchových lomů a hlubinných dolů 196
11.2. Inženýrsko-geologický průzkum ložisek 198
11.2.1. Geotechnický popis ložiskových objektů 198
11.2.2. Inženýrsko-geologické práce v etapách ložiskového a těžebního průzkumu 199
12. Optimalizace geologického průzkumu 202
12.1. Principy rozhodování 202
12.2. Výběr metodického komplexu 203
12.3. Optimalizace průzkumných systémů 204
12.4. Optimalizace průzkumného procesu 209
13. Environmentální problematika při ložiskovém průzkumu a těžbě 212
13.1. Hodnocení dopadů na životní prostředí - EIA 213
13.2. Ekologický management a audit 219
13.3. Otazníky 220
14. Závěr 222
15. Literatura 231

Metodologie geologického prùzkumu
Autor: Ctirad Schejbal
Tlač: Vienala Košice
Vyšlo vo vydavateľstve Vienala, Košice 2003
ISBN 80 – 88922 – 73 – 9