



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**Univerzita Jana Evangelisty Purkyně**  
**Fakulta životního prostředí**

# **Environmentální geologie**

**Miroslava Blažková**

**Ústí nad Labem**  
**2014**



## INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- Název:** Environmentální geologie
- Autoři:** doc. RNDr. Miroslava Blažková, Ph.D.
- Vědecký redaktor:** prof. RNDr. František Fediuk, CSc.
- Recenzenti:** RNDr. Přemysl Zelenka, CSc.  
RNDr. Marie Čechová
- Techn. redaktor:** Bc. Barbora Kofroňová
- © **Nakladatel:** Univerzita J. E. Purkyně v Ústí n. Labem, Fakulta životního prostředí

**Tato publikace vznikla v rámci projektu OPVK EnviMod – Modernizace výuky technických a přírodovědných oborů na UJEP se zaměřením na problematiku ochrany životního prostředí.**

**Reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/28.0205**

**Neprodejný výtisk**

**ISBN 978-80-7414-750-0 (brož.)**

**ISBN 978-80-7414-845-3 (online: pdf)**

## Obsah

Úvod.....	6
1. Environmentální geologie, jako součást věd o ŽP .....	7
2. Geologie v terénu .....	13
2.1. Geologické a inženýrskogeologické mapy a profily. ....	13
2.2. Geologické průzkumné práce.....	20
2.2.1 vybavení geologa v terénu (při mapování).....	20
2.2.2 Geologický průzkum – postup obecně .....	20
3. Geologická nebezpečí (katastrofy, rizika).....	24
3.1. Zemětřesení .....	28
3.2. Vulkanizmus.....	37
3.3. Sesuvy .....	41
3.4. Poklesy .....	44
3.5. Geomedická nebezpečí.....	44
4. Geomorfologie .....	48
4.1 Georeliéf.....	50
4.2 Tvary georeliéfu .....	52
4.3 Strukturní geomorfologie pevnin a mořského dna .....	55
4.4 Strukturní geomorfologie mořského dna.....	57
4.5 Fluviální pochody a tvary jimi vzniklé .....	59
4.6 Krasové jevy a tvary jimi vzniklé .....	62
4.7 Větrné (eolické) pochody a marinní pochody a tvary jimi vzniklé.....	65
4.8 Kryogenní pochody a tvary jimi vzniklé.....	68
4.9 Antropogenní pochody a tvary jimi vzniklé.....	71
5. Geofyzika obecně, přehled geofyzikálních metod a jejich využití v ŽP.....	73
5.1 Geofyzika obecně.....	73
5.2 Aplikovaná geofyzika – geofyzikální metody a jejich využití v ŽP .....	77
6. Geochemie.....	87
6.1 Geochemie obecně.....	87
6.2 Geochemický charakter zemských sfér .....	88
6.3 Koloběh hmoty v přírodě.....	90
6.4 Izotopová geologie a geochronologie.....	91
6.5. Geochemie a životní prostředí.....	92
6.5.1 Rozšíření látek.....	93
6.5.2 Výzkum transportu látek .....	94
6.5.3 Časové změny .....	94
6.6 Výzkum složek životního prostředí.....	94

6. 6.1 Výzkum atmosféry .....	94
6. 6.2 Výzkum hydrosféry .....	95
6. 6.3 Výzkum litosféry a pedosféry .....	96
6. 7. Geochemický výzkum biomasy a biogenních oběhů .....	96
7. Geomateriály .....	98
7.1 Kámen jako přírodnina .....	98
7.2 Horniny podle využití .....	105
7.3 Změny na povrchu kamene (změna minerálů) .....	108
7.4 Kámen jako obydlí .....	109
7.5 Kámen jako socha .....	113
7.6 Antropogenní horniny a minerály .....	115
8. Geotermální energie .....	119
8.1 Základní obecné informace o geotermální energii .....	119
8.1.1 Geotermický stupeň a tepelný gradient .....	121
8.1.2 Tepelný tok .....	122
8.1.3 Geotermální systémy .....	123
8.2 Využívání geotermální energie .....	125
8.2.1 Historie využívání geotermální energie .....	125
8.2.2 Současný stav využívání geotermálního potenciálu planety Země .....	128
8.2.3 Geotermální potenciál České republiky .....	132
8.2.4 Současně rozpracované a nově realizované geotermální projekty v Evropě a v ČR .....	135
9. Těžba nerostných surovin a její vliv na ŽP .....	137
9.1 Těžba nerostných surovin – obecně .....	137
9.2 Různé typy těžby .....	138
9.2.1 Hlubinná těžba .....	138
9.2.2 Povrchová těžba .....	139
9.2.3 Jiný typ těžby .....	141
9.3 Vlivy těžby nerostných surovin na životní prostředí .....	143
10. Nerostné zdroje v ČR .....	146
10.1 Energetické nerostné suroviny .....	146
10.2 Nerudní suroviny .....	155
10.3 Rudy .....	167
11. Geologie a globální změny klimatu a ohrožená litosféra .....	171
11.1 Klimatické změny na planetě .....	171
11.1.1 Přírozená variabilita klimatu za dobu historie Země .....	172
11.1.2 Člověk, jeho produkce skleníkových plynů (CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CFC, O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> O) ...	173

11.1.3 Slunce, změny intenzity teploty (skvrny a sluneční cykly).....	175
11.1.4 Sopečná aktivita, změny oceánických a vzdušných proudů.....	177
11.1.5 Změny v oběžné dráze Země kolem Slunce a ve sklonu osy planety .....	177
11.1.6 Co je a jaké vlastnosti má klimatický systém.....	177
11.2 Ohrožená litosféra .....	179
11.2.1 Nebezpečí zneužití litosféry .....	179
11.2.2 Antropogenní geologické procesy .....	180
11.2.3 Vliv člověka na geofyzikální pole .....	180
11.2.4 Ochrana litosféry a litosférických zdrojů .....	181
12. Geologická legislativa .....	184
12.1 Geologická legislativa – historie .....	184
12.2 Horní zákon 44/1988 .....	184
12.3 Státní politiky životního prostředí .....	190
12.4 Předpisy z oblasti geologie a ochrany horninového prostředí.....	195
Závěr.....	197

## Úvod

Tato publikace „Environmentální geologie“, byla napsána především pro studenty magisterského studiu FŽP UJEP, jako podklad pro interdisciplinární studium o životním prostředí. Vzhledem k nedostatku podobné literatury s tímto tématem bude jistě využitelná i pro další zájemce v oboru geologie a jejím využití v životním prostředí. Při přípravě textu byla studována zahraniční literatura podobného obsahu. Byla převzata řada myšlenek, které jsou aplikovány ve většině případů na příkladech České republiky.

Hlavním důvodem proč byla tato publikace vypracována, je především fakt, že problematika životního prostředí byla vždy sledována hlavně z hlediska vztahu biosféry a jejích tradičních složek, jako je vzduch, voda a půda. Litosféra respektive „horninové prostředí“ bylo a stále je opomíjeno, i když se jedná o veškerou základnu života včetně výše zmíněných složek. Předkládaná práce je rozdělena do 12 kapitol.

První kapitola popisuje předmět environmentální geologii jako významnou a nedílnou součást věd o životním prostředí. Jako vědu integrující celou řadu přírodních a technických oborů. Studium litosféry přesněji horninového prostředí pak pomáhá chápat jeho interakci s člověkem a jeho roli mezi vědami zkoumajícími životní prostředí. Ve druhé kapitole je stručně popsána práce geologa v terénu. Je doplněna o vzory geologických map a technických průzkumných děl. Geologická rizika jsou představena ve třetí kapitole. Ve vzájemné interakci člověk a planeta Země jde o procesy, které dopadají na člověka rychle a často katastrofálně. Pro pochopení environmentální geologie je potřeba i základní znalost geomorfologie, které je věnována čtvrtá kapitola. V páté kapitole je nastíněna problematika geofyziky s přehledem geofyzikálních metod a jejich využití v životním prostředí. Geochemie, která je tzv. chemií Země je další kapitolou číslo šest, potřebnou do mozaiky environmentální geologie. Kámen, jako suroviny v různých podobách popisuje kapitola číslo sedm Geomateriály. Neopomenutelným tématem je i alternativní zdroj geotermální energie v kapitole číslo osm. Devátá kapitola se nazývá „Těžba nerostných surovin a její vliv na životní prostředí“. Důležitý je i přehled zásob nerostných surovin České republiky, který se nachází v kapitole číslo deset. Problematika globálních změn klimatu a ohrožení litosféry je popsána v kapitole číslo jedenáct. Poslední kapitolou je kapitola dvanáct, která se týká geologické legislativy.

# 1. Environmentální geologie, jako součást věd o ŽP

**Environmentální geologie**, nebo také **geoekologie** byla definována prvně v 60 letech minulého století a to ve světě, ale současně i u nás.

Do té doby se tento obor geologie nazýval **geologií aplikovanou**, nebo také „**ekonomickou geologií**“

Původní věda geologie je v klasickém slova smyslu naukou o Zemi. Název pochází ze složení dvou latinských slov Geos (Země) + Logos (slovo) = Nauka o Zemi. Ta se na svém počátku zabývala především vyhledáváním nerostných surovin a báňsko technickými způsoby jejich dobývání. Jednalo se proto především o tzv. **geologii ložiskovou**.

Postupným vývojem se geologie zaměřovala na další oblasti a specifické obory a v současné době dělí se na **geologii všeobecnou, historickou a aplikovanou**.

**Všeobecná geologie** se zabývá vlastnostmi pevné kůry zemské a poznáním sil, které na tuto kůru působí.

**Geologie historická** studuje vývoj Země od jejího vzniku až po dnešní podobu a zkoumá dávno minulé geologické, geografické a biologické poměry naší planety.

**Geologie aplikovaná** využívá znalosti ostatních geologických oborů v praxi.

Uplatňuje se v nejrůznějších odvětvích lidské činnosti (životní prostředí, hornictví, stavebnictví, zemědělství atd.).

Geologii všeobecnou dělíme na **strukturní a dynamickou**.

**Strukturní geologie** pojednává o složení a stavbě kůry zemské. Kůra zemská se skládá z minerálů a hornin. Odvětví strukturní geologie, které popisuje vlastnosti minerálů a hornin a vysvětluje jejich genezi, výskyt a řadí je do systémů, se nazývá **minerologie**, druhá geologie petrografická neboli **petrografie (petrologie)**. Uložení hornin, popis různých deformací (vrásky, zlomy), tedy stavbu, neboli tektoniku kůry zemské je nazývána geologií tektonickou neboli **tektonikou**.

**Geologie dynamická** sleduje příčiny a původ jevů v zemské kůře vysvětluje síly, které na ní působí. Tyto síly jsou dvojí: **vnitřní** neboli **endogenní** a **vnější** neboli **exogenní**.

**Geologie historická** je zaměřena na poznání vývoje Země a jejího povrchu od dob jejího vzniku až po dnešek. Podrobným studiem hornin a zkamenělin (fosílií) ve vrstvách vzniklých v minulých geologických dobách rekonstruuje geografické poměry a obrazy živočichů a rostlin v době minulé. Pomocná věda historické geologie, která studuje vývoj a úplnost vrstevního sledu v jednotlivých zemích a tyto mezi sebou srovnává, se nazývá **geologie stratigrafická** neboli **statigrafie**. Na ni pak úzce navazuje **paleontologie**, tj. nauka o zkamenělinách. Rozlišujeme **zoopaleontologii**, která se zabývá fosíliemi živočichů a **fytopaleontologie**, neboli **paleobotaniku**, která studuje fosílie rostlin.

Poslední skupinou geologických věd je tzv. **geologie aplikovaná** (užitá) a sem patří geologie ložisková, hydrogeologie, inženýrská geologie a právě i **environmentální geologie**.

**Environmentální geologie** je nauka o Zemi ve vztahu k činnosti člověka. Zabývá se **horninovým prostředím** a jeho interakcí s člověkem.

**Horninové prostředí** je ta část litosféry, obsahující všechny minerály, horniny, roztoky, včetně zemského povrchu a procesů, které tento povrch formují (mění). Je to ta část litosféry, do které zasahuje člověk. Ta část, která se dostává do přímé interakce s činností člověka.

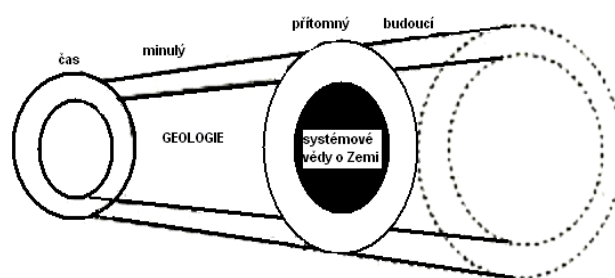
V širším slova smyslu mluvíme o **geologickém prostředí** a jeho hlavních složkách.

- 1) horninové prostředí – interakce člověk a nejsvrchnější část litosféry
- 2) podzemní voda – průnik hydrosféry a litosféry, podmiňuje život člověka
- 3) reliéf – rozhraní mezi litosférou a vnějšími sférami země (hydro, bio, atmo, antro) je výsledkem působení endogenních a exogenních a antropogenních geologických procesů
- 4) půda – nejsvrchnější vrstva zemské kůry, vznikla v procesu pedogeneze a vlivem vnějších faktorů (hydrosféry, biosféry a atmosféry) a času

Základní geologie, která je definována částečně všemi geologickými obory, je základní vědou o litosféře a vnitřní stavbě planety Země.

Je důležitou vědou zabývající se životním prostředím a jejími vztahy k ostatním přírodním vědám.

Významný fenomén, který geologie studuje, je čas. Geologický čas – je „nadčasový“ a jediný vysvětluje vývoj planety a života na ní. (viz obr. 1.1)



Obr. 1.1: Vztah mezi geologií, časem a ostatními vědami v ŽP. [6]

Znalost historického vývoje planety v rámci časové geologické škály umožňuje předpovídat její vývoj do budoucnosti a změny v celém životním prostředí. Například změny klimatu, zvyšování hladiny oceánů, geologická rizika apod.

Časové změny planety dělíme na dlouhodobé, krátkodobé a bleskové.



- a) dlouhodobé změny se sledují v milionech, nebo v desítkách milionů let.  
Sem patří například „**Globální teorie litostratigrafických desek**“, změny reliéfu souší i dna oceánů.
- b) Změny „krátkodobé“ sledujeme v desítkách a statisících let. Jsou to například desertifikace, zalednění, sedimentace, eroze apod.
- c) Změny „bleskové“ počítáme v rocích, dnech, ale i v hodinách.  
Jsou to změny klimatu, reliéfu, geologické katastrofy (rizika) jako jsou sesuvy, vulkanismus, zemětřesení, tsunami, záplavy apod.

### Geologie environmentální - filozofie



Obr. 1.2: Hlavní součásti oboru „geologie a životní prostředí“. [6]

### Environmentální geologie - hlavní témata.

**Environmentální geologie, jako součást věd o ŽP** (viz obr. 1.2). V úvodu je vysvětlen vývoj oboru. Obsah původního předmětu geologie a její náplně věd o Zemi se postupně mění. Využívá základních znalostí a aplikuje je v tomto případě na studium životního prostředí. Environmentální geologie se stává nedílnou součástí věd o životním prostředí ne jenom z důvodu odborného obsahu, ale i protože jde o vědu systémovou.

Environmentální geologie definuje tu část litosféry, kam zasahuje svojí činností člověk (horninové prostředí) a naopak zkoumá její vlivy na člověka. Zaměřuje se na kvalitu horninového prostředí. Studuje výskyt a těžbu nerostných zdrojů, která je vedle zemědělské činnosti nejvýznamnějším antropogenním zásahem do litosféry.

Pro výše uvedené cíle využívá jednotlivé specifické obory geologie i geografie.

Pro pochopení **práce geologů v terénu** se stručně zabývá technikou zpracování a tvorbou základních geologických map a geologických profilů. Informuje o různých typech geologických map, jako jsou mapa geologická (přikrytá, zakrytá), mapa hydrogeologická,

mapa ložisek nerostných surovin, mapa inženýrského rajónování, geochemie povrchových vod a podobně.

Velice aktuální je studium **geologických nebezpečí (katastrof)** nebo také nazývaných geologická rizika. Jde především o zemětřesení, vulkanismus, sesuvy, geomedická nebezpečí a poklesy povrchu. Studium se zaměřuje na jejich výskyt, dopady na obyvatelstvo a stavby, ale hlavně na jejich předpovídání, tak aby byly jejich vlivy vyloučeny, nebo alespoň minimalizovány.

Povrch (georeliéf) litosféry je důležitým indikátorem impaktů přírodních, ale i antropogenních. Je proto důležité znát i základy geografické specializace, kterou je **geomorfologie**.

Geochemický charakter zemských sfér a především litosféry, rozšíření látek, výzkum jejich transportu, časové změny, ale i výzkum atmosféry, hydrosféry, litosféry, pedosféry a jejich vzájemnou interakci pomáhá pochopit **geochemie**.

Významnou pomocnou vědou pro environmentální geologii je **geofyzika**. Je třeba znát přehled geofyzikálních metod, jako jsou gravimetrie, magnetometrie, geoelektrické metody, radionuklidové metody, fyzikální základy seismických metod, termické metody a karotáž (geofyzikální měření ve vrtech).

Tyto metody pomáhají při zjišťování racionálního využívání a ochraně zdrojů podzemních vod a povrchových toků, sesuvných oblastí, skládek odpadů, „starých zátěží“ a jejich sanací.

Součástí studia environmentální geologie je i studium jednoho z nejvýznamnějších alternativních zdrojů pocházející z planety Země a to je **geotermální energie**. Zaměřuje se na prezentaci obecných informací, jako je její vznik, základní geotermální systémy, její výskyt, ale i možnosti jejího využívání. Vliv na životní prostředí, budoucnost výroby energie apod.

Pro posouzení **vlivu těžby nerostných surovin** na životní prostředí je třeba znát těžební metody různých technologií, jako jsou těžba hlubinná, povrchová nebo chemická a jejich specifické dopady. V rámci České republiky území postižená těžbou, místa zahlazování následků a příkladové plány rekultivací.

Vlastní těžbě nerostných surovin předchází znalosti o **surovinových zdrojích** o jejich výskytu, množství a životnosti v České republice, ale i propojení na znalosti světových zásob. Jedná se o komodity, jako jsou fosilní paliva, zlato, uran, železo, barevné kovy, vápence, těžené kamenivo a drcené kamenivo, kaoliny, cihlářské, keramické a cementářské suroviny atd.

Tak jak je snaha postupně nahradit fosilní energetická paliva alternativními zdroji, ubývající přírodní suroviny se snaží člověk nahradit tzv. antropogenními **geomateriály**. Jsou to především stavební a technologické nerostné suroviny. Součástí tohoto studia je i studium tzv. kulturních vrstev **antropostratigrafie**.

Environmentální geologie se zabývá i okruhem informací dotýkajících se v širším slova smyslu **ohrožení litosféry člověkem**. Jsou to vedle zemědělské činnosti a těžby nerostných surovin i kontaminace horninového prostředí, vyčerpání zásob nerostných surovin, zásahy do stability území, ovlivnění kvality zemědělské půdy, ale i globální zásahy do rovnováhy planety.

Jako každý obor má i environmentální geologie svoji legislativní část (**geologická legislativa**). Vychází ze zásadních dokumentů jako je zákon o ochraně a využití nerostného

bohatství (horní zákon), Bilance zásob nerostných surovin ČR a další související zákony a vyhlášky. Aktuální problematika geologie je řešena ve Státních politikách životního prostředí ČR. Pracuje s terminologickým slovníkem z oblasti ochrany horninového prostředí a nerostného bohatství.

V rámci environmentální geologie, tedy geologie, která pomáhá chránit životní prostředí, není možné opominout i **geoetiku**. Tento obor je zaměřen na odpovědnost geologů za ochranu litosféry. Jedním z prvních počínů novodobé historie bylo vyhlášení

***Mezinárodní deklarace práv na ochranu geologické historie Země***

přijaté v Digne les Bains, ve Francii na prvním mezinárodním symposiu o ochraně geologického dědictví planety Země (UNESCO) dne 13. června 1991.

**Bylo definováno několik zásadních bodů:**

- Země je stará 4,5 mld. let, je kolébkou života, který se neustále obnovuje a obměňuje. Jejím dlouhým vývojem se utvářelo prostředí, ve kterém žijeme.
- Tvárnost Země se všemi jejími podobami je životním prostředím člověka.
- Dnešní prostředí se liší od minulého i budoucího.
- Člověk je jen dočasným společníkem Země.
- Existence člověka v dějinách Země je pouhým okamžikem, není nekonečná, je pomíjivá.
- Člověk a Země jsou společnými dědici geologického vývoje.

Všichni lidé a všechny vlády jsou správci a opatrovateli tohoto dědictví.

V roce 2008 vyhlásilo OSN a UNESCO, pro ochranu litosféry, **Rok planety Země**.

Teorie GAIA. V této práci její autor James Lovelock specifikuje vztah planety Země a živých organismů.



Obr. 1.3: Řecká bohyně Země Gaia. [15]



Obr. 1.4: James Lovelock.[15]

Živé organismy automaticky regulují pomocí seberegulačních mechanismů životní podmínky na planetě Zemi, tak aby byly pro ně přijatelné. Vědec, klimatolog a chemik Sir James Lovelock (viz obr. 1.4) tuto teorii prezentuje v 60. letech 20. století. Pro její název použil jméno řecké bohyně Země Gaia. (viz obr. 1.3)

Planeta Země je chápána jako souvislý superorganismus, živý ve fyziologickém slova smyslu. Je schopná regulovat své klima a chemické složení. Prostředí Země je aktivně udržováno a regulováno pomocí živých bytostí (organismů). Druhy a jejich prostředí se vyvíjejí jako jediný systém (holistický pohled).

Na Zemi nepohlíží ve smyslu běžných definic typu biosféra nebo společenstvo samostatných individuí, ale jako na jeden velký živý organismus, jehož součástí je vše živé i neživé na naší planetě. Každá část tohoto organismu zde záměrně nebo pomocí nejrůznějších zpětných vazeb působí na ostatní složky (podobně jako například jednotlivé orgány v lidském těle) a tím umožňuje na Zemi život ve formě, jak ho známe.

Teorie „GAIA“ není obecně přijata, odpůrci ji často označují za spekulaci, která má blíž k mytologii, filosofii a náboženství, než k exaktní vědě.

Lovelock však nikdy tuto teorii s náboženstvím propojovat nechtěl. Pokoušel se prosadit její přejmenování na geofyziologii (alternativní název nebyl přijat).

Argumenty pro přijetí teorie je schopnost Homeostáze tj. snaha udržet některé parametry vnitřního či vnějšího prostředí na konstantní úrovni. Gaia se snaží udržovat tyto podmínky i přesto, že je lidé velmi silně narušují. Odpůrci teorie používají argument, že právě schopnost rozmnožovat se je jedním z empirických kritérií pro živé organismy. „Gaia“ Země nemá schopnost se rozmnožovat a předávat tak svou genetickou informaci. Projevy nesouladu živých organismů s mechanismy Země se projevují ve změnách klimatu, záplavách, suchu, hladomoru, obřích požárech, desertifikaci a nemocích např. AIDS.

## 2. Geologie v terénu

### 2.1. Geologické a inženýrskogeologické mapy a profily.

Základní informace o geologické stavbě území jsou zpracovávány do grafických podkladů, kterými jsou mapy a následně geologické profily. Tyto mapy vypovídají o *výskytu a uspořádání hornin, tektonice území, struktuře území, jeho vývoji a minulosti*. V případě tzv. map **odkrytých** jsou zde prezentovány horniny stáří do období třetihor (viz obr. 2.1).

Mapy tzv. **přikryté** obsahují i horniny čtvrtohorního stáří, které často podložní starší horniny překrývají.

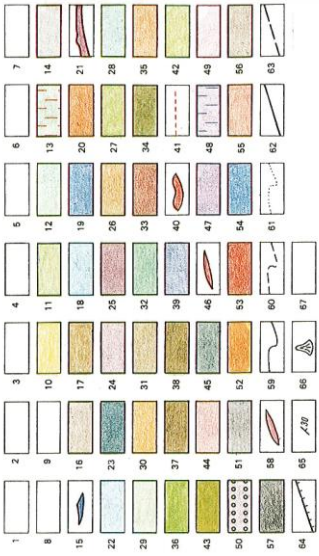
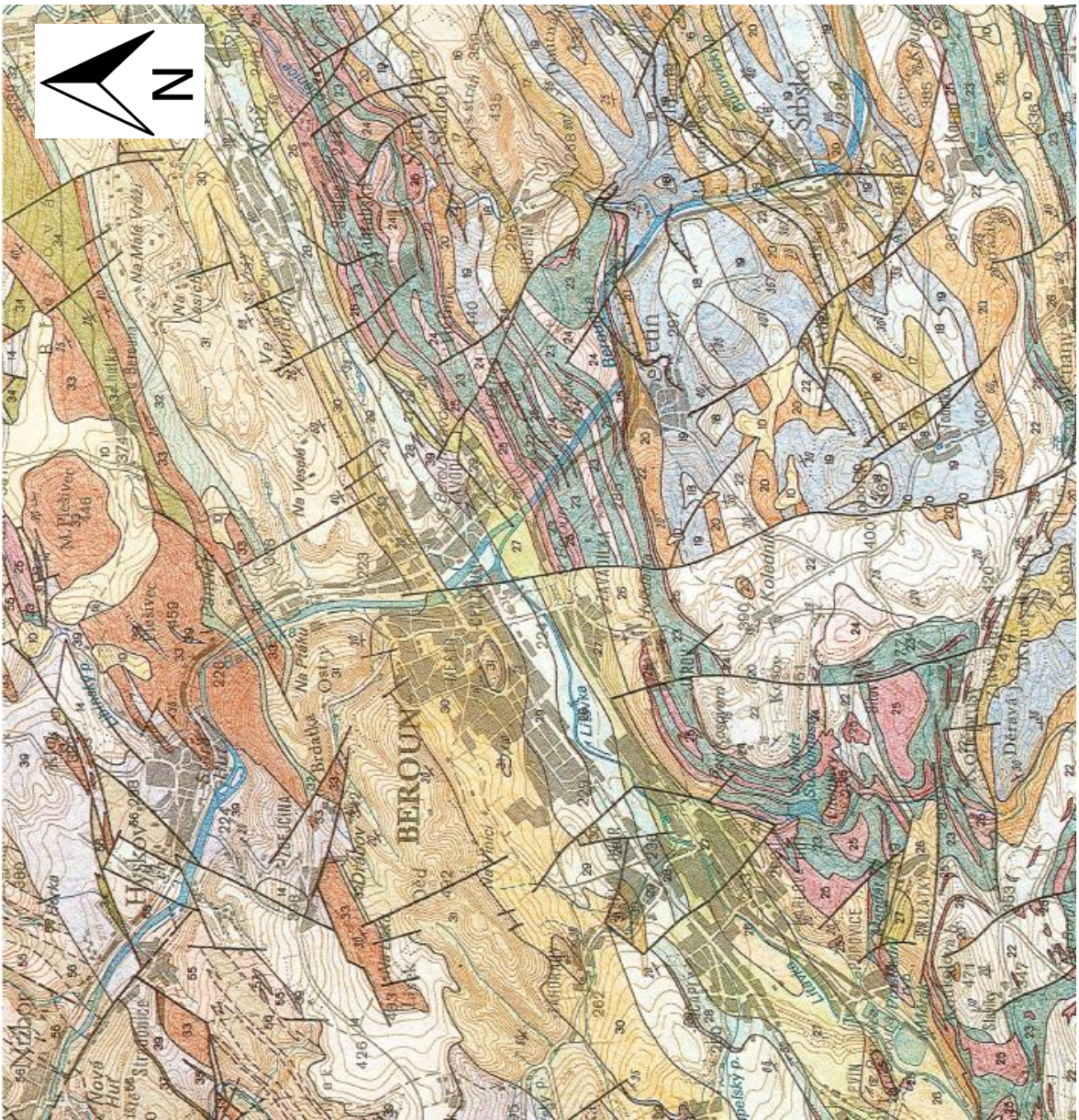
Pro potřeby inženýrské geologie (geotechniky) jsou vytvářeny mapy se zaměřením na mechanické vlastnosti hornin a zemin, chemismus mělkých vod, informace o sesuvných deformacích a poddolování území. (Viz obr. 2.2)

Podkladem pro oba typy map je základní mapa topografická.

Měřítko této mapy odpovídá požadovanému výstupu. Mapování se provádí do měřítka více podrobného překreslování (interpretace pak do méně podrobného). Příklad je, že pro finální mapy v měřítku 1:50 000, je mapováno do měřítka 1:25 000.

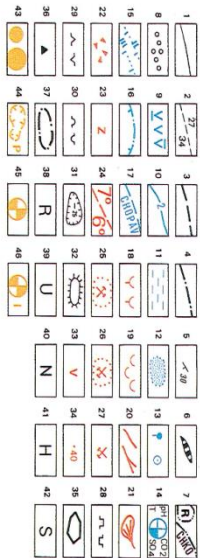
Terénní mapovací práce pro vytvoření geologické mapy jsou založeny na následujících krocích.

- a) Nejprve probíhá podrobný sběr vzorků hornin jejich identifikace, odebírání reprezentativních vzorků pro následné optické a chemické analýzy, které upřesní makroskopické zařazení.
- b) Pro zjištění geologické charakteristiky území jsou využívány popisy přírodních výchozů, jako jsou nárazové břehy (meandry) vodotečí, mořská pobřeží nebo skalní výchozy.
- c) Důležité zdroje informací jsou i popisy průzkumných technických děl. Například zářezy tratí, silnic, povrchové lomy, výkopové práce pro liniové stavby (plynovody, teplovody) apod.



**Kvartér: 1 - 10**  
**TERCIER - neogén: 10 -** lakustrinní až fluvioakustrinní jílly, písčké, šterčkové a štěrky;  
**kvartér: 11 -** bohémské souvrství (beroun); vápnité jíly se azidolovce; **12 -** korčanské  
 vápencem; **13 -** jílovce, prachovice, písčkovce, místy slápnice;  
**PALEOZOIKUM - karbon: 14 -** kladenské souvrství (spodní šedé souvrství, westfal C, D); písčkovce,  
 vápence, slápnice, šedé prachovice a jílovce, uhli;  
 mladší paleozoikum (bez určení útvaru): **15 -** minokarbonský;  
**16 -** vápnitými písčkovce, na bázi váp-  
 nité břidlice a bituminózní vápence; **17 -** chotčanská a dialejsko-řepovské souvrství (lefa a dalaj);  
 organodetrické a mikrotvrté vápence, vápnité břidlice; **18 -** žilčovské souvrství (žilčovy); organo-  
 detritické vápence s vločkami vápenců mikrotvrtých, místy rohovec; **19 -** pražské souvrství (praž);  
 organogenní a organodetrické vápence, mikrotvrté hliznaté vápence; **20 -** lochkovské souvrství  
 (bazily); spanovité a buodětické vápence, dolomitické vápence; **21 -** granuloitové turfy, alterované  
 silur; **22 -** přídoiské a kopaninské souvrství (přídol a ludov); biogenní a biospanovité vápence, váp-  
 nité břidlice, místy vulkanogenní příměs; **23 -** liteňské souvrství (wienlock, landover); vápence,  
 a popelce, turfy, vulkanické brečce; **25 -** žilné a výjvně alterované bazily („dabasy“);  
 granuloitové silur; **26 -** granuloitové silur;  
 souvrství (království); šedolamelná jílovce; **28 -** boháděcké souvrství (beroun); trnavské jílovce;  
**29 -** zahoňanské souvrství (beroun); prachovice; **30 -** vlnické souvrství (beroun); jlovité břidlice; **31 -**  
 letenské souvrství (beroun); střídání drob a břidlic; **32 -** libeňské souvrství (beroun); facie černých  
 břidlic; **33 -** libeňské a dobroveské souvrství (beroun a dobrov); facie křemenců skaleckých  
 (lanavn); černé břidlice, Fe-udr; **36 -** klášovské souvrství (beroun); střední a starší  
 bavačské a třenicové souvrství (arenig a tremadok); křemenné písčkovce, slápnice; **39 -** komároveské explozivně-eru-  
 zivní vulkanický komplex; alterované bazily a pyroklastika (granulitů, turfy) včetně izolovaných  
 výskyta ve spodním a svrchním ordovic; **40 -** ryolity (práve žilny ve svrchním ordovic); **41 -** sedi-  
 kambrium; **42 -** hořínko-hořické souvrství (spodní kambrium); křemenné písčkovce a drob  
 horčické; **43 -** hořínko-hořické souvrství (spodní kambrium); křemenné slápnice hořínské; **44 -**  
 sídecké souvrství (spodní kambrium); pestré drob; **45 -** žitcko-hlučické souvrství (spodní kam-  
 brom); hrdobovské slápnice a hrubozrnné písčkovce hlučické; **46 -** Křemenný porýr (ryolit);  
**MĚLNÍKSKÉ PROTEROZOIKUM - šedolamelná skupina: 47 -** břidlice, prachovice; **48 -** střídání břidlic  
 a drob; převažá břidlice; **49 -** střídání břidlic a drob s převahou drob a drob; **50 -** polymiktní slá-  
 pence;  
 kralupsko - zbratavské skupina: **51 -** lečické vrstvy, černé, záslati silicifikované břidlice; **52 -**  
 kováčské ryolity a datovité pyroklastika; **53 -** dbeňské souvrství; ryolity; **54 -** deňské  
 souvrství; albilit; **56 -** drob, střídání břidlic a drob s převahou drob; **57 -** silicity (bulžínky); **58**  
 alterované bazily (práve žilny v proterozoikum, kambriického nebo proterozoického stáří);  
**MĚLNÍKSKÉ PROTEROZOIKUM - šedolamelná skupina: 47 -** břidlice, prachovice; **48 -** střídání břidlic  
 a drob; převažá břidlice; **49 -** střídání břidlic a drob s převahou drob a drob; **50 -** polymiktní slá-  
 pence;  
**59 -** zjištěná hranice stratigrafických jednotek a hornin; **60 -** pravděpodobná, přesně nezájštěná hra-  
 nice; **61 -** zjištěná hranice stratigrafických jednotek a hornin; **62 -** pravděpodobná, přesně nezájštěná hra-  
 nice; **63 -** zlom předpokládaný; **64 -** přezámk; **65 -** vrtanice; **66 -** výhledový kůžec; **67 -**  
 výskyt pánevce;

Obr. 2.1: Geologická mapa - odkrytá. Soubor geologických map – ÚUG 1986, 1:50 000.



**ZNAMKY:** 1 – hranice nájdu; 2 – hranice s čísla podrajaení; 3 – domy; 4 – zóny; 5 – pleistocén; 6 – zóny pleistocénu; 7 – R1; 8 – zóny pleistocénu; 9 – K; 10 – K; 11 – K; 12 – K; 13 – K; 14 – K; 15 – K; 16 – K; 17 – K; 18 – K; 19 – K; 20 – K; 21 – K; 22 – K; 23 – K; 24 – K; 25 – K; 26 – K; 27 – K; 28 – K; 29 – K; 30 – K; 31 – K; 32 – K; 33 – K; 34 – K; 35 – K; 36 – K; 37 – K; 38 – K; 39 – K; 40 – K; 41 – K; 42 – K; 43 – K; 44 – K.

**HYDROLOGICKÉ POMĚRY:** 9 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (< 2 m, 2-5 m, > 5 m); 10 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 11 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 12 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 13 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 14 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 15 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 16 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 17 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 18 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 19 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 20 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 21 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 22 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 23 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 24 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 25 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 26 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 27 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 28 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 29 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 30 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 31 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 32 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 33 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 34 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 35 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 36 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 37 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 38 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 39 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 40 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 41 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 42 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 43 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m); 44 – předpokládaná hloubka hladiny podzemní vody (> 5 m).

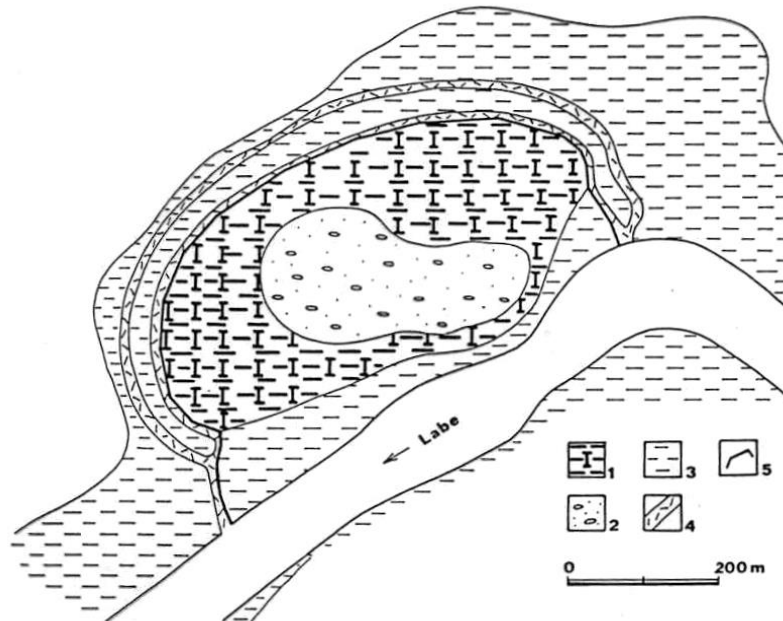
- Mn** – rajón slabě metamorfovaných hornin (podrajaení 1)
- Mv** – rajón silně metamorfovaných hornin (podrajaení 2)
- Mm** – rajón masivních metamorfovaných hornin (podrajaení 3)
- lh** – rajón magmatických intruzivních hornin (podrajaení 4)
- vi** – rajón eruzivních hornin (podrajaení 5)
- vp** – rajón pyroklastických hornin (podrajaení 6)
- ss** – rajón pískovcovo-sápnencových hornin (podrajaení 7)
- np** – rajón písčivých sedimentů (podrajaení 8)
- ni** – rajón jílovitě-prachovitých sedimentů (podrajaení 9)
- nk** – rajón sřídlačích se (kombinovaných) jemnozrnných, písčivých a átekovitých sedimentů (podrajaení 10)
- ft** – rajón hlutiných teras (podrajaení 11-20)
- es** – rajón správoých a polygenetických sedimentů (podrajaení 21-31)
- p** – rajón proluviálních sedimentů (podrajaení 32-35)
- d** – rajón deluválních sedimentů (podrajaení 36-53)
- fn** – rajón náplavů nížinných toků (podrajaení 54-73)
- fh** – rajón náplavů horských toků (podrajaení 74)
- du** – rajón deluviohlutinálních sedimentů (podrajaení 75-81)
- or** – rajón organogenních a organických sedimentů (podrajaení 82-87)
- an** – rajón výsypek a navázek (podrajaení 88-100)



Obr. 2.2: Inženýrskogeologická rajonování. Soubor geologických a účelových map-UUG 1986, 1:50 000.

Všechny získané informace jsou zanášeny do podkladové mapy.

Horniny stejného mineralogického složení, zrnitosti, struktury, textury a stejného charakteru vývoje jsou zakreslovány stejnou barvou, tak že se vytvoří plochy definující na mapě stejné horninové celky. Dále jsou zakreslovány významné strukturální prvky, jako jsou např. čěřiny, křížová zvrstvení, gradační zvrstvení, umístění v souvrství, stejné zkameněliny apod. Místo barevného rozlišení se často používají i různé šrafy viz následující obr. 2.3.



Obr. 2.3: Schematický náčrt geologických poměrů oblasti města Nymburka. 1 – slinovec, 2 – terasové štěrky, 3 – holocenní náplavy, 4 – zasypaný vodní příkop, 5 – obrys starého města.[31]

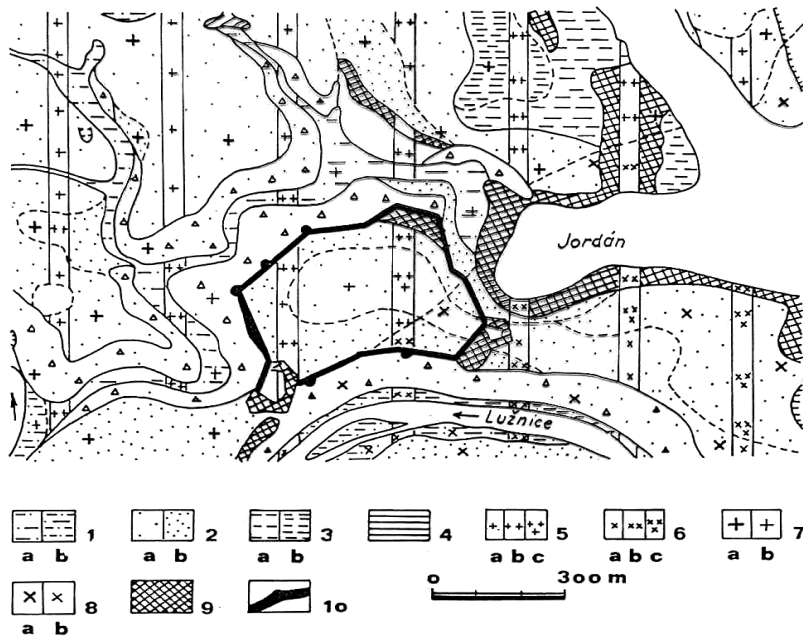
Jednotlivé geologické celky musí být výrazně odlišné, musí se dotýkat a musí být dobře zdokumentovány.

Mezi základní údaje vedle výskytu, charakteru a uspořádání hornin, je sledována tektonika území. K tomu účelu jsou měřeny sklon a směr vrstev.

**Úhel sklonu** je ostrý úhel mezi rovinou ukloněné vrstvy a vodorovným povrchem země.

**Směr vrstvy** je směr ve kterém plocha vrstvy protíná vodorovnou rovinu.



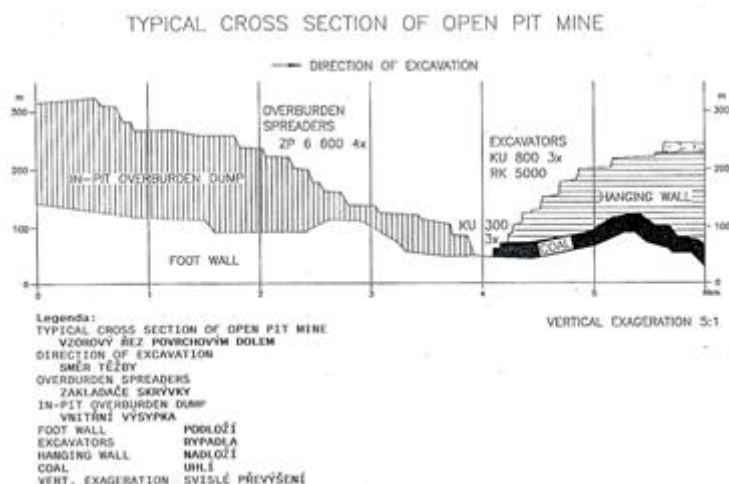


Obr. 2.4: Mapa inženýrsko-geologických poměrů oblasti Velký Tábor (výšek zjednodušený pro tisk). 1 – holocenní náplavy o mocnosti: a – do 2 m, b – přes 2 m; 2 – deluvia hlinito - písčité o mocnosti: a – do 1 m, b – 1-2 m; 3 – deluvia písčito-hlinitá o mocnosti: a – do 2 m, b – přes 2 m; 4 – jílovité písky až písčité jíly (terciér); 5 – eluvium syenitu o mocnosti: a – do 1 m, b – 1-2 m, c – přes 2 m; 6 – eluvium rul o mocnosti: a – do 1 m, b 1-2 m, c – přes 2 m; 7 – syenit zastižen v hloubce: a – do 4 m, b – přes 4 m; 8 – ruly zastiženy v hloubce: a – do 4 m, b – přes 4 m; 9 – navážky; 10 – fortifikační práce.[31]

Pro pochopení geologické stavby území je třeba vytvořit geologické profily. Geologické profily jsou odvozeny z výkladu povrchového mapování, tedy z geologických map a ověřené průzkumnými vrty. Pro interpretaci a vytvoření geologických profilů je nutná praxe.

Geologický profil je příčný (svislý) řez mapou, to znamená vymapovanými horninami. V profilu jsou patrné vrstevní sledy u sedimentárních hornin nebo v případě vyvřelých a metamorfovaných hornin jednotlivá tělesa (žíly, batolity atd).

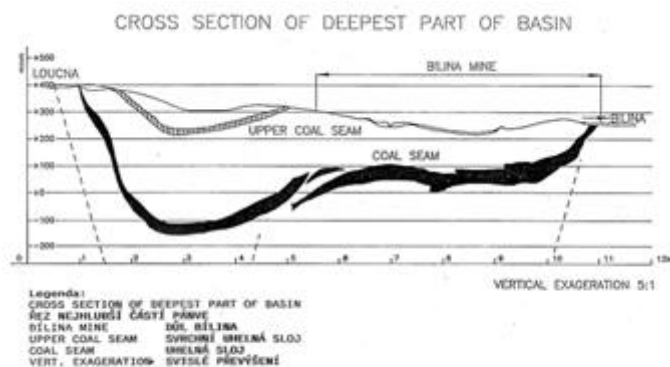
Názorný schematický profil sedimentárních hornin je patrný z obr. 2.5, který znázorňuje uložení terciérních podložních i nadložních jílu, včetně vrstvy uhlí. [16]



Obr. 2.5: Schématický geologický řez SHP. [16]

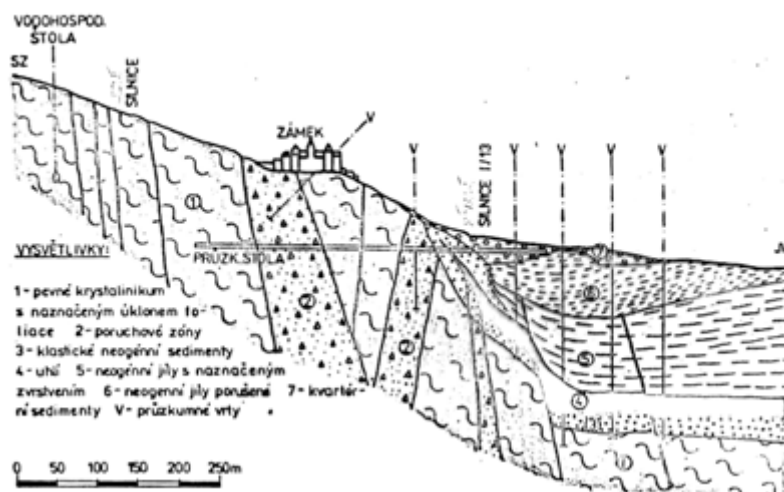
Typický geologický profil severočeské hnědouhelné pánve je na obr. 2.6.

Profil je vytvořen na velkolomu Bílina. Zde jsou patrné vrstvy terciérních jíílů a různé polohy vrstev uhlí a svrchní poloha jíílů s uhelnou substancí, která přechází do méně kvalitní vrstvy energetického uhlí.



Obr. 2.6: Geologický řez SHP.[16]

Pro interpretaci stavby území je nutná znalost vzniku, vývoje a stáří hornin. Na příkladu geologického profilu svahu Krušných hor se zámkem Jezeří (viz obr. 2.7), partií úpatí svahu a vlastní pánevní výplni, jsou zde interpretovány zásadní tektonické linie. Profil byl vytvořen díky řadě průzkumných vrtů, ale hlavně díky průzkumné štole, která vede z pánevních sedimentů, přes svahové uloženiny až do krystalinika Krušných hor. Dlouhodobá měření v této štole ukazují na nestabilitu svahu, způsobenou dílčími zlomy hlavní tektonické struktury – krušnohorského zlomu.



Obr. 2.7: Geologická situace okolí zámku Jezeří v Krušných horách.[5]

V krajině se vyskytují přírodní geologické profily. Jsou to např. stěny kaňonů viz obr. 2.8 Grand kaňon a obr. 2.9 NP „Území kaňonů“ při soutoku řek Kolorada a Zelené řeky, nebo pobřežní útesy, stěny údolí apod.



Obr. 2.8: Grand kaňon. [17]



Obr. 2.9: Kaňon řeky Kolorado a Zelené řeky. [17]

## 2.2. Geologické průzkumné práce

### 2.2.1 vybavení geologa v terénu (při mapování)

Výchozí pracovní podklad je základní topografická **mapa** požadovaného měřítka. Pro získávání vzorků hornin, minerálů a fosilií používá geolog speciální **geologické kladivo** tvarované podle účelu a zaměření (viz obr. 2.10).

Pro zmapování strukturních prvků ve zkoumaném území hlavně sklonu a směru vrstev slouží **geologický kompas** se sklonoměrem (viz obr. 2.11, 2.12). Používá se i při zaměřování směrů, azimutu apod.

Pro dokumentaci veškerých důležitých atributů jako jsou skalní výchozy, geomorfologické tvary, atd. Je neopomenutelný i **fotoaparát**.

Pro makroskopický popis hornin a minerálů je často pro detailní pozorování nutná **lupa**.

Všechny reprezentativní vzorky jsou ukládány do **ochranných obalů** (sáčků) s podrobným popisem a označením čísla, které je totožné se zákresem odběru v mapě.

Poznámky, popisy vzorků a zajímavé jevy se zapisují do **zápisníku**. V dnešní době často i do **notebooku** nebo **tabletu**.



Obr. 2.10: Geologické kladivo [17]



Obr. 2.11, 2.12: Geologický kompas [17]

### 2.2.2 Geologický průzkum – postup obecně

Pro realizaci geologického průzkumu je rozhodující **účel**, o jaké zaměření geologického průzkumu se jedná. Zda je cílem zjištění strukturní stavby území, ložiskový průzkum nebo inženýrskogeologický průzkum.

Další kritérium je místo a rozsah prací. V zásadě je možné však definovat obecné kroky, které platí pro všechny výše zmíněné průzkumy.

Práce začínají studiem archivních materiálů. Zjišťování údajů, jako jsou geologické, geomorfologické, hydrogeologické poměry, střety zájmů apod.

Potřebné informace jsou získávány z mapových podkladů archivních i nejnovějších map topografických, geologických, geomorfologických, hydrogeologických, pedologických, map základových půd a jiných účelových map, leteckých a družicových snímků.

Počáteční terénní šetření jsou zaměřena na geologické, geomorfologické, hydrogeologické zhodnocení území s ohledem na účel průzkumu.

Následuje zjišťování speciálních okolností, např. rozsah poddolování, přírodní rezervace, ochranná pásma vodních zdrojů (chráněná ložisková území, dobývací prostor), seismická území atd. Informace o střetech zájmů. Jde především o ochranná pásma vodních zdrojů, lázní, dobývací prostory, přírodní rezervace atd.

Na tyto teoretické přípravné práce navazují **práce technické**.

Podle účelu a rozsahu jsou naplánovány potřebné technologie. Dělí se na práce **vrtné, kopané a hornické**. Dále pak doplňkové práce při odkryvných pracích. Následují „Terénní zkoušky a měření“, geofyzikální metody. Všechna technická díla jsou zaměřena a zakreslena do mapových podkladů. Odebrané vzorky jsou zpracovávány v laboratořích.

Výsledky studia písemných dokumentů, technických a laboratorních prací jsou analyzovány a nakonec vytvořeny závěry.

V přílohové části zprávy o geologickém průzkumu jsou uvedeny doplňující tabulky, mapy, profily, grafy a fotografická dokumentace.

V následujícím přehledu jsou popsány technické i další práce.

**Práce odkryvné** odkrývají z povrchu zájmové místo jako je například základová spára, mělký profil pomocí **kopané sondy** nebo **šachtice**, zjištění liniových poměrů pro inženýrské stavby (např. **rýhy**). Průzkum povrchových ložisek probíhá za pomoci **štol** nebo **výlomů**.

**Práce vrtné.** Informace o geologické stavbě území se získávají pomocí těchto prací.

- a) vpichy
- b) vrty maloprůměrové (do 80 mm), hloubené soupravami mechanizovanými, nebo ručně
- c) vrty nárazovotočivé
- d) vrty nárazovotočivé hydrogeologické
- e) vrty rotační jádrové
- f) vrty rotační jádrové hydrogeologické
- g) vrty bezjádrové
- h) vrty velkoprůměrové hloubené rotačně
- i) vrty vibrační

Na obrázcích 2.13 – 2.15 je patrné vybavení pro vrtné práce. Na obr. 2.13 je vrtná souprava, která pomocí vrtného soutyčí (obr. 2.14) a vrtné hlavice (obr. 2.15) otáčivým nebo nárazovotočivým způsobem provádí vrty různého typu (viz a – i) a podle potřebné hloubky

jsou přidávány tyče. Pro potřeby získání jádra je na začátku soutyčí instalována tzv. jádrovnice.



*Obr. 2.13: Vrtná souprava, 2.14: Vrtné tyče a jádrovnice, 2.15: Vrtné hlavice (vrt Litoměřice). [17]*

**Doplňkové práce** při odkryvných pracích jsou oddělování a uzavírání zvodnělých obzorů, vystrojování vrtů, provozní inklinometrická měření a následně likvidace odkryvných prací.

**Terénní zkoušky** a měření jsou prováděny podle průzkumného záměru. Jsou to čerpací zkoušky (charakteristika zvodnělých horizontů) nebo stoupací a nálevové zkoušky (orientační údaje o propustnosti zkoumaného prostředí), měření vydatnosti pramenů a průtoků vodotečí, dále režimní pozorování (srážkové poměry, režim povrchových toků atd.). Propustnost horninového prostředí je dále zkoumána vodními tlakovými zkouškami (propustnost pod daným tlakem, injekčními zkouškami, pro navrhované injekční clony. Pomocí penetračních zkoušek jsou zjišťovány mechanické vlastnosti hornina a zemin.

**Geofyzikální práce** zjišťují geologickou stavbu území, fyzikálně mechanický stav horninového prostředí a hydrogeologické poměry. Přehled nejpoužívanějších metod:

**GEOELEKTRICKÉ** - měření specifického odporu, přirozených potenciálů polarizovatelnosti a ostatních elektrických parametrů hornin

SEISMICKÉ - zjišťování vzniku a šíření elastického vlnění zkoumaného prostředí.  
GEOMAGNETICKÉ - měření založeného na totálním vektoru magnetického prostředí  
RADIOMETRICKÉ - měření primárního a sekundárního radioaktivního pole  
TERMICKÉ - zjišťuje přirozené pole a jeho gradient, tepelnou vodivost a tepelný tok  
GRAVIMETRICKÉ - měření tíhového pole Země a objemové hmotnosti hornin  
KAROTÁŽNÍ - aplikace všech uvedených metod ve vrtech

**Měřičské práce** zaměřují výškově a polohově průzkumná díla. Metody a přesnost zaměřování je vybíráno podle druhu průzkumného úkolu.

**Laboratorní práce** zjišťují fyzikální, mechanické a chemické vlastnosti horninového prostředí.

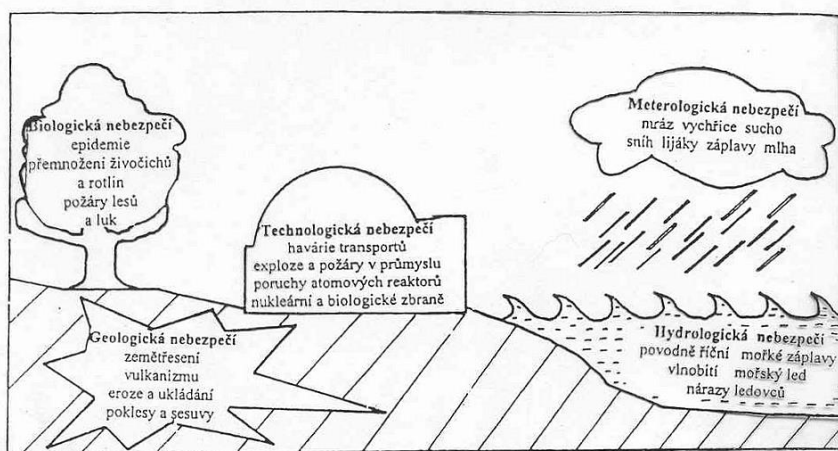
Zkoušky jsou prováděny v laboratořích mechaniky zemin, hornin a chemických analýz. Dále jsou prováděny technologické zkoušky kamene, úprava vody, petrografické a paleontologické analýzy apod.

**Závěrečné hodnocení** a definování výsledků a jejich využití jsou součástí závěrů geologického průzkumu. Ze získaných poznatků a hodnot se navrhuje způsoby využití průzkumu.

**Speciální postupy** jsou odlišné pro různé druhy průzkumů, jako jsou např. geologické mapovací práce, inženýrsko-geologické práce nebo hydrogeologický průzkum.

### 3. Geologická nebezpečí (katastrofy, rizika)

Vlivy planety na člověka jsou vzhledem k délce lidského života převážně velmi pomalé a nepřímé. Existuje však řada procesů, které jsou naopak natolik rychlé a závažné, že jsou skutečnou hrozbou lidstvu. Nazýváme je geologická nebezpečí nebo také katastrofy, rizika. Patří sem **zemětřesení, vulkanismus, sesuvy, povodně a tsunami, poklesy povrchu a geochemická nebezpečí**. Spolu s biologickými, meteorologickými a hydrogeologickými katastrofami, tvoří spektrum hrozeb přírody. Dále existují tzv. technologické katastrofy, způsobované člověkem. Hranice mezi přírodními a technologickými katastrofami někdy bývá setřena, protože i přírodní katastrofy způsobí někdy člověk, nebo je alespoň podpoří. (viz obr. 3.1).



Obr. 3.1: Geologická nebezpečí v souvislosti s ostatními přírodními katastrofami. [5]

#### Globální teorie litosférických desek

Teorie deskové tektoniky byla zveřejněna na sklonku 60. let minulého století a na vědy o zemi zapůsobila revolučním účinkem. Tato teorie nabízí jasný a logický výklad pro mnohé z různých zemských strukturních a geofyzikálních jevů, jako jsou výše zmiňovaná geologická rizika (zemětřesení, vulkanická činnost, horotvorné procesy nebo pohyb kontinentů). Litosférické desky jsou patrné z obr. 3.2 a princip globální teorie litosférických desek je zřejmý z obr. 3.3. V zóně subdukce, to znamená tam, kde dochází k podsouvání jedné litosférické desky pod druhou, probíhají výše zmiňované jevy.





Obr. 3.2: Rozhraní litosférických desek.[46]



Obr. 3.3: Subdukční zóna – místo projevu vulkanické činnosti, zemětřesení a výstupu geotermální energie. [47]

Přírodní katastrofy definujeme jako rychlý přírodní proces mimořádných rozměrů, který je způsoben pohyby **litosférických desek**, účinkem **gravitace**, **zemské rotace**, nebo **rozdílů teplot**. Nebezpečí postihují litosféru, hydrosféru i atmosféru. Vznikají působením různých sil:

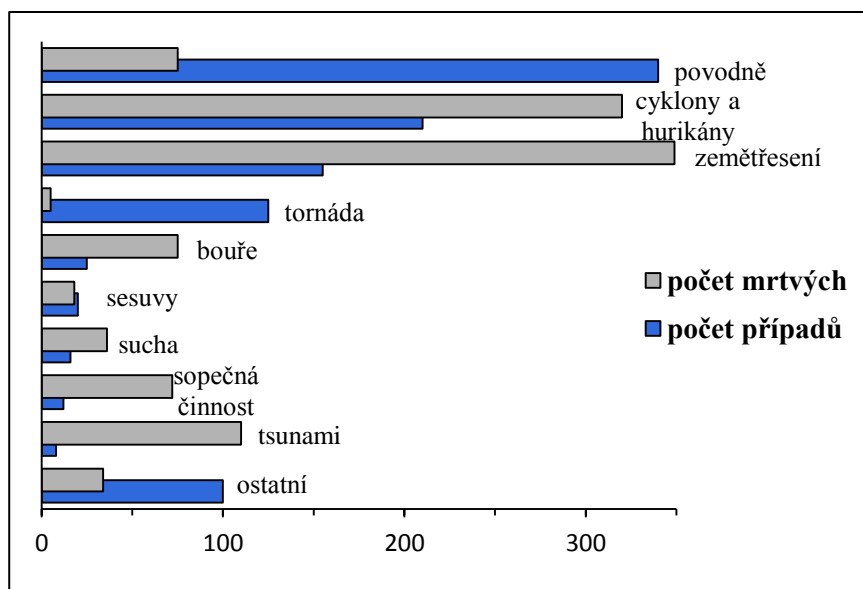
1. rychlým pohybem hmot (zemětřesení, svahové pohyby)
2. uvolněním hlubinné zemské energie a jejím převedením na povrch (sopečná činnost, zemětřesení)
3. zvýšením vodní hladiny řek, jezer a moří (povodně, mořské zátopy, tsunami)
4. mimořádně silnými větry (orkány, tropické cyklony)

Klasifikace přírodních katastrof ve vztahu k zemskému povrchu a procesy, které katastrofy způsobují, jsou patrné z tab. 3.1.

	kosmos			METEORITY
zemský povrch	atmosféra	TEPELNÉ A TLAKOVÉ ROZDÍLY	VODNÍ SRÁŽKY	TROP. CYKLONY TORNÁDA PRACHOVÉ BOUŘE
	hydrosféra	VYROVNÁNÍ PROUDĚNÍ		BOUŘLIVÉ PŘÍLIVY POVODNĚ TSUNAMI
	zemská kůra	ENERGIE PŘENESENÁ NA VODNÍ PLOCHU		
	zemský plášť	GRAVITAČNÍ		svahové POHYBY
		TEKTONIKA		ZEMĚTŘESENÍ VULKANICKÁ ČINNOST
		VYROVNÁNÍ NAPĚTÍ		

Tab. 3.1: Přehled přírodních katastrof.[5]

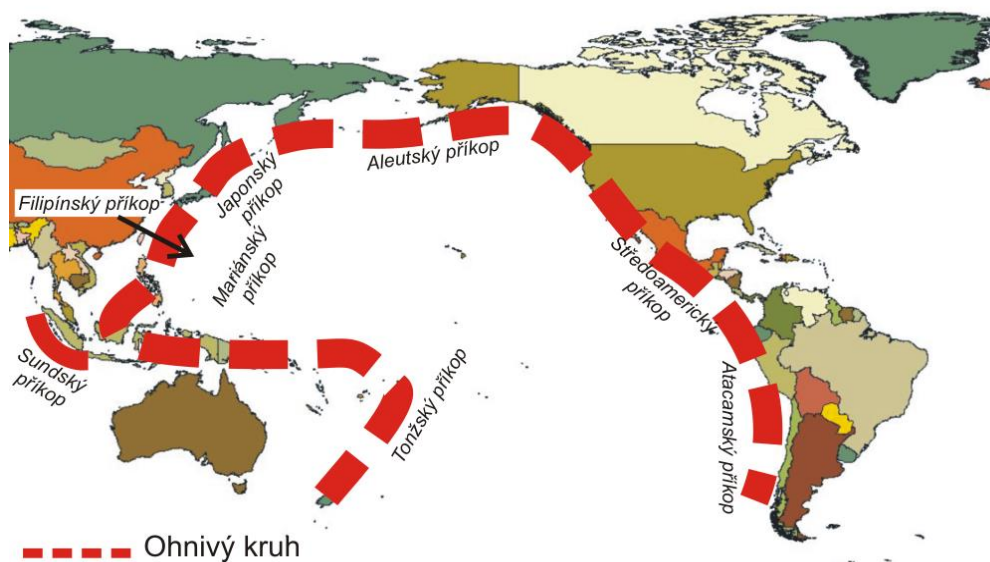
Velikost katastrof je relativní hodnota, protože v zemích silné seismické aktivity (např. Japonsko) stupeň otřesů, který u nás by byl klasifikován jako silný, se tam nebere v úvahu. Určité vodítko pro hodnocení velikosti katastrofy je počet obětí. Není to opět přesné. Počtem a intenzitou je možné porovnávat např. Severní Ameriku s Asií. V Severní Americe je však obětí méně. Je to proto, že je zde menší hustota obyvatel, lépe zajištěné stavby proti katastrofám, lepší záchranný servis apod. Z globálního hlediska jsou nejzávažnějšími katastrofami záplavy s největšími škodami, dále pak následují cyklony a hurikány, zemětřesení a tornáda.



Obr. 3.4: Přírodní katastrofy - statistický přehled. (upravil Šťastný M., FŽP, UJEP, 2014)

Podle světových statistik počet přírodních katastrof roste a tím rostou i ekonomické ztráty. Není to však proto, že by se svět blížil ke svému zániku, ale stále se zlepšuje monitorování výskytu a rozšiřování zpráv. Přibývá lidí a narůstá ekonomický potenciál. Zvláště ve státech jako je Japonsko nebo západní část Spojených států se budují rozsáhlé složité stavby, jako jsou např. dálnice s estakádami, složitým křížením, lidé se koncentrují na jednom místě, metropole států stále rostou atd.

Geologická rizika jako jsou zemětřesení, vulkanická činnost se vyskytují hlavně v oblasti tzv. ohnivého kruhu (viz. obr. 3.5), kolem Tichého oceánu.



Obr. 3.5: Oblast ohnivého kruhu.[48]

### 3.1. Zemětřesení

Zemětřesení je náhlý pohyb **zemské kůry** vyvolaný uvolněním napětí – např. z pohybů **litosférických desek** – podél **zlomů**. Větší zemětřesení se proto obvykle vyskytují v těch oblastech světa, kterými významné zlomy procházejí (západní pobřeží **Ameriky**, východní **Asie** a ostrovy mezi ní a Austrálií, **Kavkaz**, **Turecko** a **Írán**, **Středomoří** apod.)

Zemětřesení dělíme podle původu:

a) **tektonická**, vznikající ve zlomových oblastech, tektonicky aktivních, uvolněním nahromaděné energie. Jsou nejčastější a patří k nim všechna zemětřesení katastrofální.

b) **vulkanická** ve vulkanických oblastech

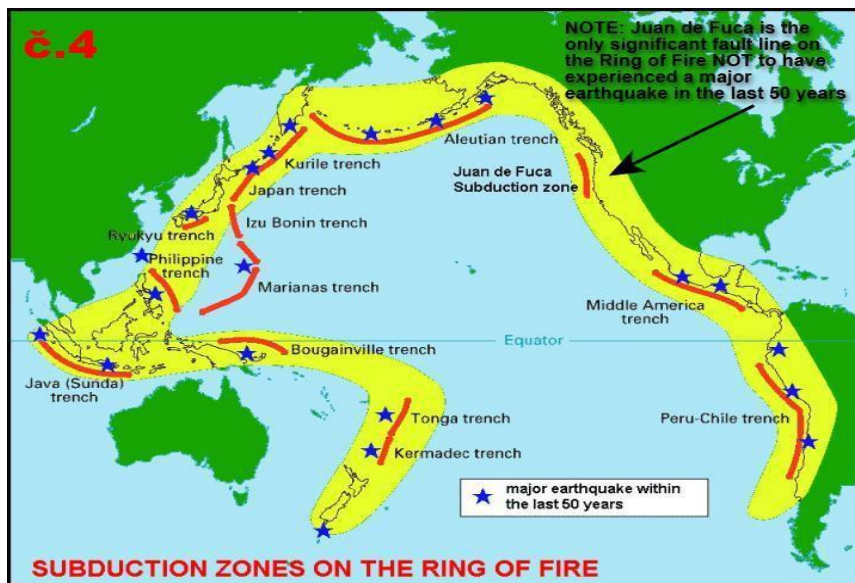
c) **řítivá**, vznikající propadnutím stropů přírodních nebo umělých dutin v zemské kůře  
Zeměpisné rozšíření je vázáno na labilní zóny zemské kůry a mezi nejhlavnější patří:

Oblast **Cirkumpacifická** (Tichomoří) a **Mediterraní** (Středomoří).

Do cirkumpacifické oblasti patří západní pobřeží Severní a Jižní Ameriky (Aleuty), Japonské ostrovy a Filipíny.

Oblast středomořská zahrnuje mladá pásemná pohoří, jako jsou Alpy, Apeniny, Karpaty-Dinaridy a Helenidy, Balkánský poloostrov.

Tyto zóny jsou souhlasné se sopečnými oblastmi a jsou uvedeny na obr. 3.6

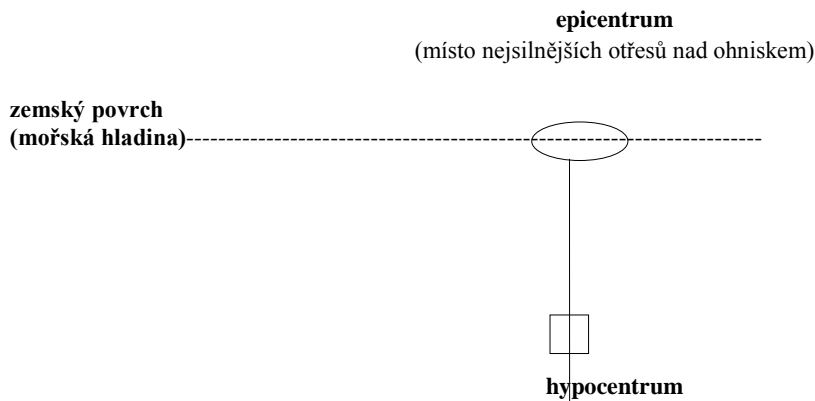


Obr. 3.6: Hlavní zemětřesení během posledních 50 let. [49]

Studiu zemětřesení se věnuje **geofyzika** konkrétně její součást **seismologie**.

Zemětřesení je soubor krátkodobých pohybů (**otřes-seismos**), které se šíří ve formě seismických vln ve větší nebo menší hloubce zemské kůry. Přístroje na měření intenzity otřesů se nazývají **seismografy**.

Zemětřesné ohnisko bývá uloženo desítky, ale i stovky kilometrů v zemské kůře, na povrchu se projevuje různou intenzitou otřesů viz. obr. 3.7.



Obr. 3.7: Schéma zemětřesení.[5]

Rozlišujeme tři typy seismických vln: **podélné, příčné a dlouhé**. Podélné vlny způsobují, že horninové částice, jimiž procházejí, se chvějí vzad a vpřed ve směru vlny. Jsou 1,7 krát rychlejší než příčné, a tak jsou seismografem zaznamenány jako první primární (**P-vlny**). Příčné vlny rozechvívají částice kolmo ke směru postupu, jsou pomalejší a nazývají se sekundární (**S-vlny**). Třetí typ vln se nazývá dlouhé (long) nebo povrchové (**L-vlny**). Právě ty způsobují ničivé otřesy.

Pohyby jsou **pomalé**, nebo **rychlé**. Kolem epicentra se projevuje vertikální pohyb (**S-vlny**) v podobě nárazů a poskoků. Dále pokračuje horizontální vlnění (**P-vlny**), směrem od centra na okraje klesá intenzita. Počet otřesů se pohybuje od jednoho do řady otřesů. Mají různou periodu opakování i intenzitu. Otřesy jsou často doprovázeny duněním.

Účinky zemětřesení mají různě silnou účinnost:

**slabé** – záchvěvy zdí, kývání obrazů, drobné předměty poskakují.

**středně silné** – vznikají trhliny ve zdivu budov, těžší předměty se posunují

**silné** – katastrofální ráz, budovy se říjí, na zemském povrchu vznikají praskliny, přetrhávají se silnice, železnice atd.

Na moři se projevuje zemětřesení (mořetřesení) otřesy lodí, vznikem obřích vln tsunami, které dosahují délek 150-300 km a výšek 15-20m (známé z oblasti cirkumpacifické).

Síla (intenzita) zemětřesení se určuje podle stupnice intenzity. Nejznámější a světově využívaná je Richterova škála. Používá hodnotu M-magnitudo, která charakterizuje energii zemětřesení a určuje se z maximálních amplitud povrchových nebo prostorových vln. (viz. tab 3.2).

Richter - Magnituda	Projevy zemětřesení	Odhadnutý počet za rok
2, 5 a menší	běžně není pocíťováno, ale zaznamenáno jen přístroji	900 000
2, 5 - 5, 4	často pocíťováno, ale malé škody	30 000
5, 5 - 6, 0	drobné poruchy na stavbách	500
6, 1 - 6, 9	je destruktivní v zalidněných oblastech	100
7, 0 - 7, 9	závažná zemětřesení vznikají velké škody	20
8, 0 a větší	velká zemětřesení, způsobující úplnou destrukci měst a vesnic v blízkosti epicentra	jedno každých 5-10 let

Tab. 3.2: Richterova škála.

Richterova škála má logaritmickou stupnici a je otevřená pro další větší stupně.

Známé jsou i stupnice jako Mercalli-Cancani-Siebergova, která má I. - XII. stupeň a je založená na měření největšího zrychlení ze známé doby (perioody) a z amplitudy.

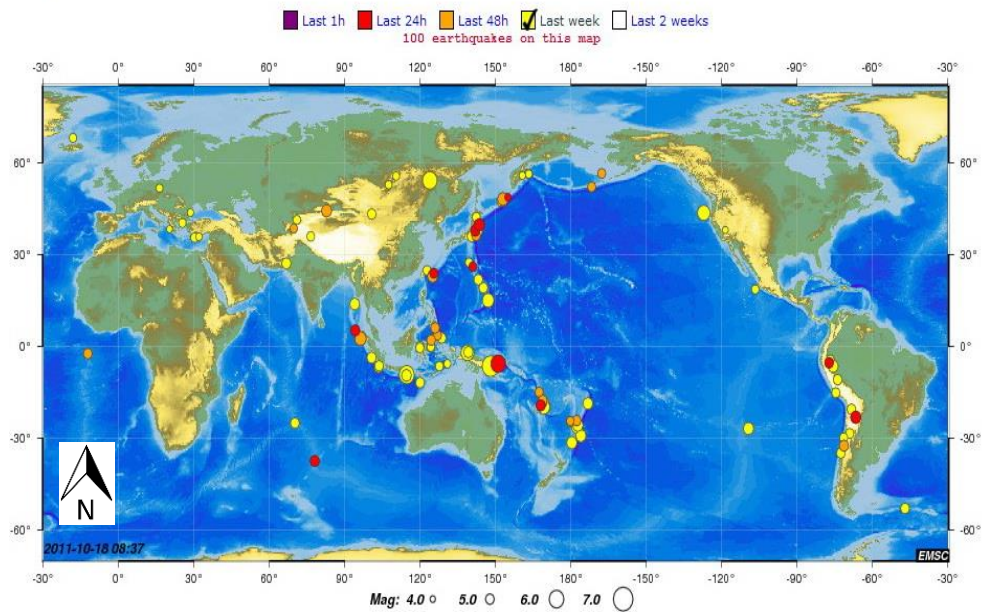
Ve střední Evropě byla používána dvanáctistupňová škála MSK (1964) autorů Medveděv, Sponheur a Kárník.

Zemětřesení je sledováno seismickými stanicemi na celé planetě a informace jsou okamžitě přístupné online na různých serverech například:

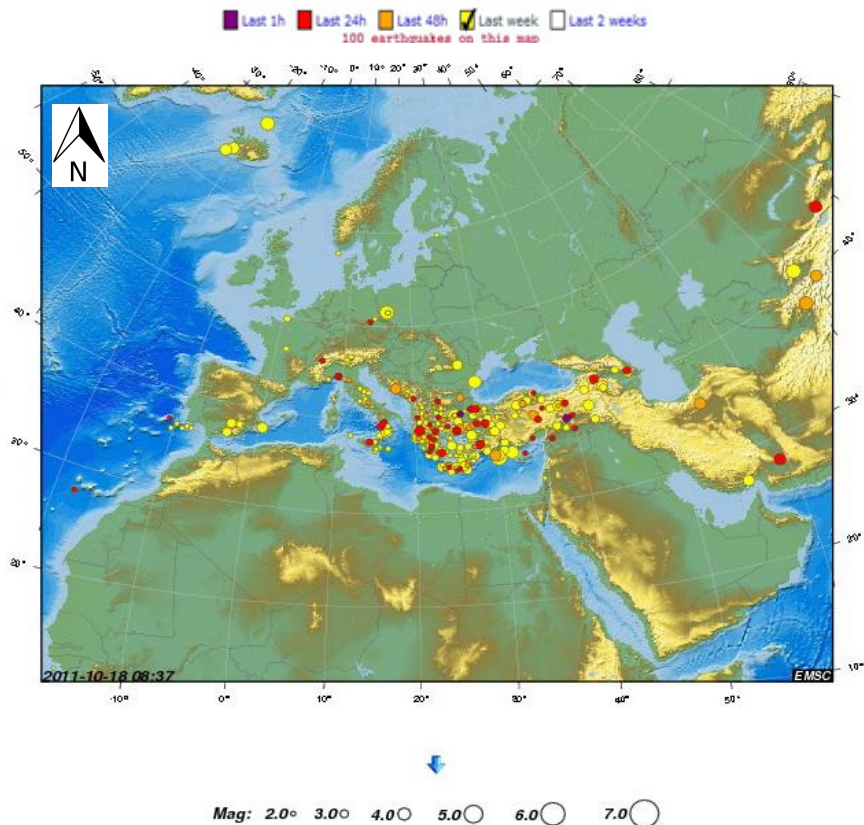
Americký server: [www.earthquake.usgs.gov](http://www.earthquake.usgs.gov), Evropský server: [www.emsc-csem.org](http://www.emsc-csem.org).

Příklady záznamů jsou patrné na obr. 3.8 a obr. 3.9.

Latest earthquakes worldwide (Mag > 4)



Obr. 3.8: Mapa světa k 18.10.2011, 1:50 000 000. [43]



Obr. 3.9: Mapa Evropy k 18.10.2011, 1:4 000 000. [43]

## **Z historie dějin planety Země je uváděno pět největších zemětřesení:**

### **La Garita (Colorado, USA)**

Rok exploze: před 27,8 miliony let

Výška sopečného oblaku: 50 km

Sopka, někdy označovaná jako matka všech vulkánů, vytvořila pravděpodobně největší kráter na světě. V důsledku erupce, při které vyvrhla více než 4 800 kubických **kilometrů** magmatu, totiž vznikl kráter o průměru přibližně 3 600 kilometrů. Od této exploze již La Garita nevykazuje žádnou sopečnou činnost a zdá se, že již usnula na věky.

### **Yellowstone (USA)**

Rok exploze: před 640 tisíci let

Výška sopečného oblaku: 40 – 50 km

V průběhu posledních dvou miliónů let vybuchovala sopka Yellowstone, která dala jméno celé oblasti dnešního národního parku, s téměř železnou pravidelností každých 600 000 let. K poslední erupci došlo naposledy před 640 000 lety, ale v současné době se v Yellowstone národním parku známky sopečné činnosti hrozivě zvyšují. Pokud by nyní vulkán skutečně explodoval, mělo by to pravděpodobně katastrofální následky nejen pro severoamerický kontinent, ale i pro celý svět.

### **Toba (Indonésie)**

Rok exploze: před 73 500 lety

Výška sopečného oblaku: 40 – 50 km

Tam, kde před více než 73 tisíci lety došlo k obrovskému sopečnému výbuchu, je nyní turistická oblast, která přitahuje zájem mnoha návštěvníků. Jen občasné, celkem nevýrazné ořesy a obláčky kouře dávají tušit, že tento vulkán ještě zcela nevyhasl a že se kdykoliv může probudit k životu. V současné době se v prostoru původního kráteru vyskytuje několik malých aktivních sopek a podle odhadů seismologů by zde k další velké erupci mělo dojít přibližně za 300 000 let.

### **Oruanui (Nový Zéland)**

Rok exploze: před 26 500 lety

Výška sopečného oblaku: více než 50 km

Oblast kolem novozélandského jezera Taupo patřila vždy mezi vulkanicky nejaktivnější. Mohutné explozi Oruanui, kdy sopka vyvrhla přibližně 800 km krychlových lávy, předcházelo mnoho do jisté míry pravidelných menších výbuchů. Největší výbuch byl ale zároveň i jejím posledním.

### **Santorini (Řecko)**

Rok exploze: 1640 př.n.l

Výška sopečného oblaku: 35 km

Mohutný výbuch vulkánu Santorini srovnal se zemí bohaté ekonomické a kulturní centrum Minojské civilizace. Ještě dnes archeologové nacházejí pod vrstvou sopečného popílku



poměrně velké množství zachovalých předmětů. Oblast je v současnosti jedním z nejoblíbenějších turistických míst. Naposledy se sopka „rozhněvala“ v roce 1950, od té doby Santorini spí a nezdá se, že by se měla v dohledné době probudit k životu. [50]

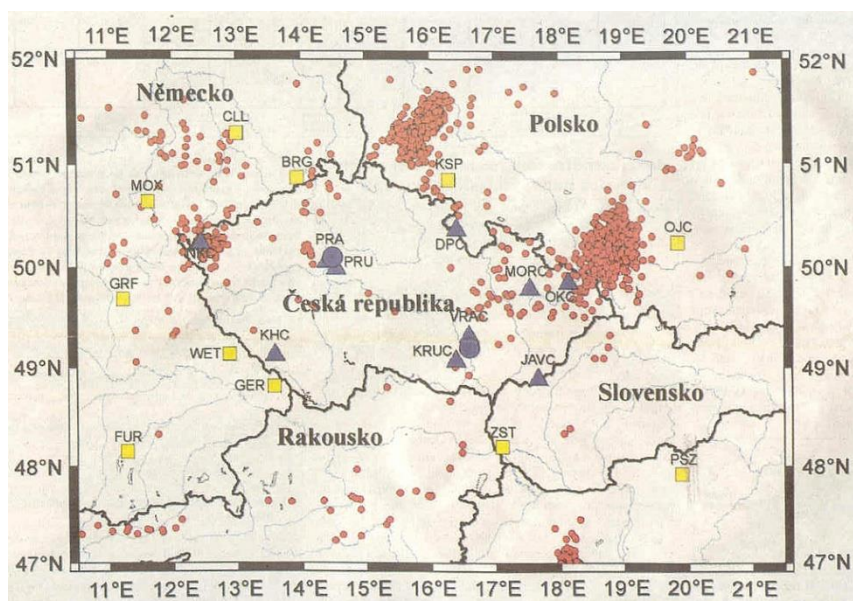
Další přehled velkých zemětřesení na světě je uveden v tab. 3.3.

Rok	Místo	Mrtvých	Magnituda	Poznámka
1290	Čína, Č-liský záliv	100 000	-	-
1556	Čína, Šan-si	830 000	-	patrně největší přírodní katastrofa
1737	Indie, Kalkata	300 000	-	-
1755	Portugalsko, Lisabon	70 000	-	škody způsobené tsunami
1896	Japonsko, Riku-Ugo	22 000	-	škody způsobené tsunami
1906	Kalifornie, San Francisco	700	8, 25	škody způsobené hlavně požárem
1908	Itálie, Messina	120 000	7, 5	-
1920	Čína, Kan-su	180 000	8, 5	-
1923	Japonsko, Tokio	150 000	8,2	škody způsobené hlavně požárem
1952	Rusko, Kamčatka-Kurily	2 336	9	
1960	jižní Chile	5 700	8,5 - 8,7	patrně nejvyšší naměřená magnituda
1964	Aljaška, Anchorage	131	8,4 - 8,6	-
1970	Peru, Huascarán	66 000	7,8	obrovský skalní sesuv
1975	Čína, Liao-ning	několik	7, 5	první předpovězené zemětřesení
1976	Čína, Ťang-šan	240 000	7, 6	nepředpovězeno
1980	Alžírsko, Al-Asnam	25000	6, 8	-
1985	Mexiko City	7 000	8,1	závažné škody ještě 400 km od epicentra

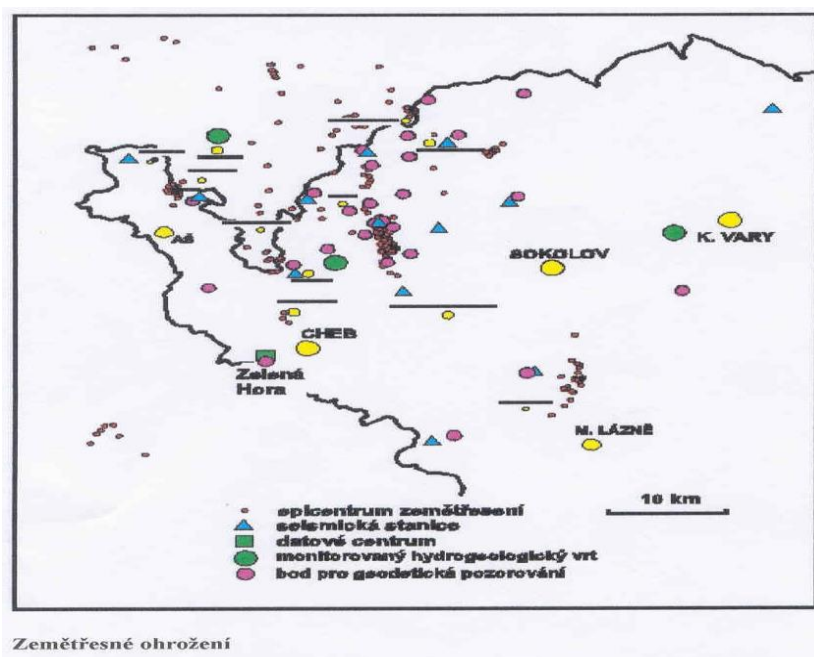
Tab. 3.3: Příklady velkých zemětřesení.[5]

### Zemětřesení v ČR

V České republice existují oblasti se zvýšenou seismicitou, jsou to severozápadní Čechy v okolí Aše a Chebu, střední Čechy a severní Morava v okolí Ostravy (viz obr. 3.10). Největší škody způsobilo zemětřesení v obcích Skalná, Dolní Žandov, Nový Kostel a Plesná (západní Čechy), (viz obr. 3.11). Nejsilnější otřesy byly zaznamenány na Chebsku a Sokolovsku 21. 12. 1985 (4,6 Richterovy škály) a v poslední otřesy 24. 5. a 31. 5. 2014 (4,1 Richterovy škály). Dále také byly zaznamenány otřesy ve středních Čechách známé jako „rány“ (př. Mělnická rána 8. 4. 1898).

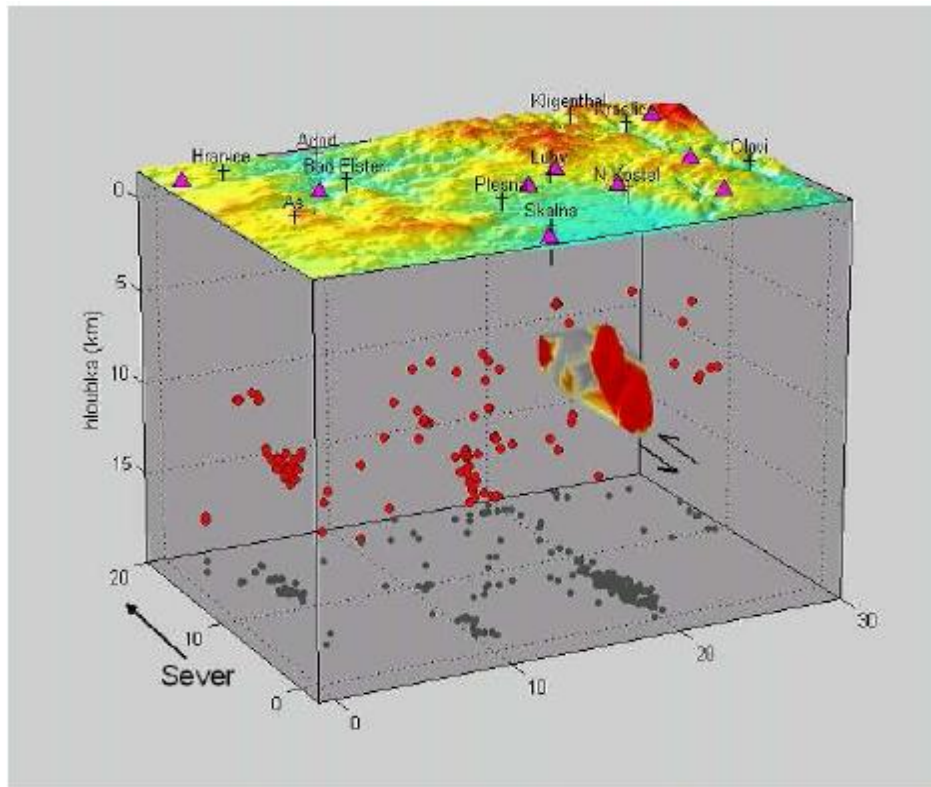


Obr. 3.10: Česká republika viz obr. ČR a okolní státy, druh seismicity[32].



Obr. 3.11: Západní Čechy oblast zemětřesení. [32]

Zdejší seismicita je způsobována tzv. hnízdy (ohnisky), (viz obr. 3.12).



Obr. 3.12: Prostorový pohled na zemský povrch a ohniska zemětřesení od roku 1991. Zakřivená plocha pod obcí Nový Kostel zobrazuje geologický zlom, kde se odehrávaly roje z let 1985 – 86, 1994, 1997 a 2000, porušená oblast zlomu je znázorněna červeně. Ohniska dalších zemětřesení jsou označena červenými body, šedé body představují jejich průměty na vodorovnou rovinu. Fialové trojúhelníky na povrchu označují seismické stanice sítě WEBNET. Dvojice šipek ukazuje smysl pohybu za zlomu [32]

Přesto že zemětřesení v České republice nejsou nebezpečná, je dobré znát hlavní zásady, jak se při zemětřesení chovat. Je to z toho důvodu že mnoho lidí vyjíždí do zahraničí včetně zemětřesných oblastí. V takových oblastech jsou v hotelech upozornění (viz obr. 3.13) podobně jako v Evropě upozornění, jak se chovat při požáru.



Obr. 3.13: Tabulka z hotelu v Aucklandu (Nový Zéland), jak se chovat při zemětřesení. [17]

Doporučení, jak se chovat při zemětřesení uvádí v češtině i práce J. Zahradníka (2006) „Zemětřesení“ [32]

### PŘED ZEMĚTŘESENÍM

- Rozmyslete si, jak se chovat v případě zemětřesení na místě, ve kterém se nacházíte (v budově, v noci, na cestě).
- Kde je vypínač plynu, vody, proudu?
- Neohrožují vás poličky, skříně a další volné předměty?
- Prostudujte si důležitá telefonní čísla, lokální návod pro případ zemětřesení nebo příchodu mořské vlny tsunami.
- Připravte si doklady, peníze svítilnu a další potřebné věci pro případ rychlého opuštění místnosti.

### BĚHEM ZEMĚTŘESENÍ

- V budově vyhledejte nejbližší bezpečné místo: rám dveří, úkryt pod pevným stolem, pultem nebo postelí. Nedostatek času nedovoluje vyhledat nejbližší kryt. Pozor na volně se pohybující se předměty. Při vybíhání z domů pozor na padající římsy a komíny.
- Ve volném prostoru vyhledejte otevřená místa dále od budov, mostů, stožárů vysokého napětí a vysokých stromů.

### PO ZEMĚTŘESENÍ

- Zachovejte klid!
- Buďte připraveni na dotřesy.
- Poskytněte první pomoc zraněným.

- Zapněte si rádio a poslouchajte instrukce.
- Nepoužívejte výtah. Může být poškozen nebo zablokován výpadkem proudu.
- Přezkoušejte plyn, vodu a elektrické vedení. Při poškození vypněte hlavní vypínač.
- V budově a okolí vyhledejte možná ohniska požáru, dle možnosti je uhasťte nebo zavolejte hasiče.
- Pozor při opuštění budovy – stále se mohou ještě řídit římsy, komíny a jiné části budov.
- Žádné soukromé telefonní hovory. Telefonní síť musí být především využita pro organizování záchranných prací, při přetížení hrozí výpadky.
- Žádné soukromé cesty autem – silnice musí zůstat volné pro rychlé přesuny policie, hasičů a záchranných vozidel.
- Sledujte příkazy policie, hasičů a záchranných týmů [32]

### 3.2. Vulkanizmus

Sopečná (vulkanická) činnost je dalším příkladem geologického rizika. Je nejvýraznějším projevem zemské energie a je zároveň i klíčem k poznání vývoje Země a povahy jejího nitra. K vulkanické činnosti dochází nejčastěji v podobných oblastech jako zemětřesení. Příkladem je obr. 3.14, kde jsou patrné vulkány na Islandu, které leží právě na rozhraní severoamerické a euroasijské desky.



Obr. 3.14: Rozhraní severoamerické a euroasijské litosférické desky nad místem zvaným horká skvrna, kde magma vystupuje na povrch a obě desky od sebe odsouvá. [51]

Vulkanizmem rozumíme všechny jevy spojené s vystupováním magmatu, při výstupu na povrch ho nazýváme lávou. Utuhnutím magmatu nebo lávy vznikají vyvřelé horniny. Ty vytvářejí tělesa **intruzivní** (vniková), nebo **extruzivní** (efusivní, výlevná). Místo na povrchu zemském, kde vystupuje ze zemského nitra magma, nazýváme vulkanické těleso nebo sopka.

Sopky dělíme podle různých kritérií např. podle tvaru na **centrální**, **areální** nebo **lineární** nebo podle materiálu, z kterého jsou vytvořeny.

Jsou to například sopky **tufové** tvořené nesouvislými sopečnými vyvrženinami (bomby, lapily, písky, popel), sopky **lávové**, ty jsou celistvé, homogenní, tvořené lávovými výlevy, Sopky **smíšené** neboli **stratovulkány**, vznikají střídáním lávových výlevů a tefry (nesouvislé sopečné vyvrženiny popel, písek, bomby), (viz obr. 3.15 a 3.16).



Obr. 3.15: Kráter stratovulkánu Goreli (Kamčatka) [17]

Další dělení sopek je podle činnosti a to na **činné** (aktivní), nebo **vyhaslé**. Podle charakteru vzniku např. **výbuchové** (explozivní), nasypané z nesouvislých sopečných vyvrženin (**maary**-výbuchová hrdla, kráter v úrovni terénu). Nebo **výlevné** (efusivní) lávové, jako jsou sopky **tabulové**, sopky **štitové**, **výtlačné kupy** (České středohoří), lávové jehly apod.



Obr. 3.16: Kráter vulkánu Mutnovská. „Horké srdce“ (horké sirné exhalace)v „ledovém kabátě“ledovcové splazy (Kamčatka). [17]

Při vulkanické činnosti dochází k uvolňování značného množství plynů, které mají různé složení ( $H_2O$ ,  $HCl$ ,  $NH_4$ ,  $CO_2$ ,  $SO_2$ , atd.).

V oblastech činného vulkanizmu, nebo tam, kde se v poslední době objevoval, se nalézají časté vývěry horkých pramenů a minerálních vod. Jako **gejzíry** označujeme takové horké prameny, které vystřikují v intervalech sloupce horké vody a páry.

Prvně byl popsán tento jev na Islandu (viz obr. 3.17). Název byl převzat do terminologie na celém světě. Světovými lokalitami jsou například „Údolí gejzírů“ v Yellowstonském NP se známým, gejzírem Old Faithful (Starý věrný), k erupcím vody dochází pravidelně každých 40 – 45 minut. Známe je i „Údolí gejzírů“ na Kamčatce (viz obr. 3.18).

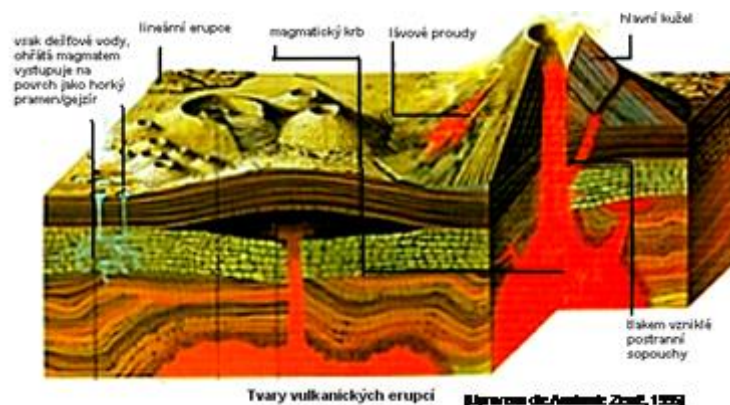


*Obr. 3.17: Island, GEYSIR odtud vznikl název. [17]*



*Obr. 3.18: Údolí gejzírů – Kamčatka. [17]*

Projevy sopečné činnosti mají různé tvary (viz obr. 3.19), jsou to **magmatické krby**, **lakolity** (čočkovitá intruze, která vnikla do nadložních vrstev). **Sopouch** (místo výstupu magmatu, tefry a plynů, kužel, lineární erupce, lávové prody apod.)

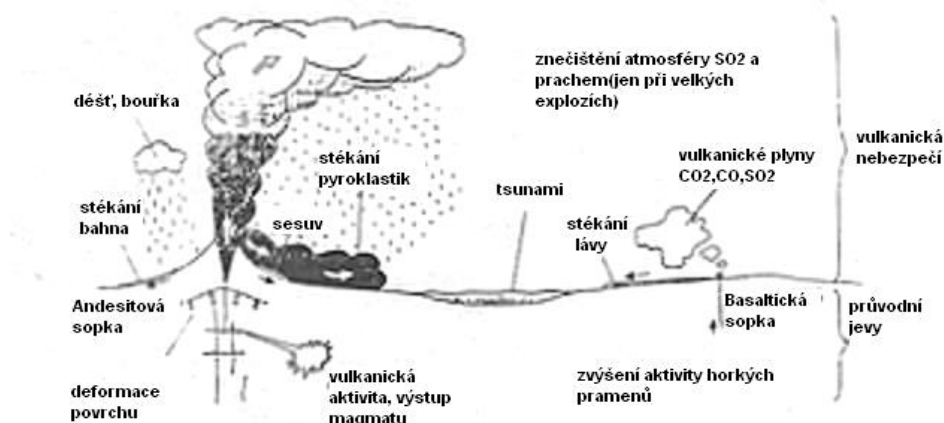


Obr. 3.19: Projevy sopečné činnosti.[9]

U vulkanických těles bývá sopečný kužel porušen velikou kotlovitou prohlubeninou, která se nazývá **kaldera**. Je to destruktivní útvar, který vzniká při výbuchu, kdy dojde buď k rozmetání vrcholku, nebo jeho propadnutí do nitra sopky. Příklad exploze na ostrově **Krakatau** (Indonésie) v roce 1883, kdy po 200 letech klidu došlo ke zničení dvou třetin ostrova a k zaklesnutí vrcholu do magmatického rezervoáru.

Vulkanická činnost budila od pradávna pozornost lidí. Nejstarší záznam se dochoval v zápisech římského konzula Plinia o mohutném výbuchu Vesuvu z roku 79 n.l., při kterém byla zničena tři města **Pompeje**, **Stabiae** a **Herculaneum**. První dvě byla zasypana spoustami sopečného popela, lapilů a kousků pemzy. Herculaneum zaplavil bahenní proud, který vznikl ze spoust sopečného popela rozmočeného silnými dešti.

Z popsaných historických příkladů jsou patrné sopečné procesy, které mohou znamenat katastrofu. Jsou to **lávové proudy**, **výbuchy se spadem sopečných klastických vyvrženin**, **sopečné bahnotoky**, **sopečné povodně** a **žhavá mračna** a **výrony plynů** (viz obr. 3.20).



Obr. 3.20: Vliv vulkanické činnosti na ŽP.[5]



K superexplozím počítáme katastrofu v roce 1815, kterou způsobil výbuch sopky **Tambora** na ostrůvku Sumbawa (Indonésie), kde zahynulo asi 100 000 lidí. Obdobně rozsáhlý výbuch nastal na Kamčatce v březnu 1956. Sopka **Bezimjanyj** nečekaně vybuchla. Mrak sopečných vyvrženin dosáhl výšky 43 km, 24 km od kráteru byly ze země vytrženy stromy a do vzdálenosti 30 km vznikaly požáry. Naštěstí území bylo téměř neobydlené. Láva utuhla v různých tvarech například tzv. provazová láva (viz obr. 3.21).



Obr. 3.21: Provazová láva – Kamčatka.[17]

Z doby poměrně nedávné byl katastrofální výbuch **Hory St. Helen** (severozápad USA), která byla v klidu od roku 1856. K nové explozi došlo po předpovědích vulkanologů v roce 1978. 18. května nastalo peklo. Detonace byly slyšet do vzdálenosti 200 km a krajina byla zničena okolo sopky do 20 km.

Výskyt sopek je vázán na obdobné oblasti, jako jsou zemětřesení (oblast tichomořská a středomořská).

Sopky v České republice ukončily svoji činnost cca před několika sty tisíci let ve čtvrtohorách. Je to **Komorní hůrka** u Františkových lázní, **Železná hůrka** a **Příšovická homolka** ve stejné oblasti. Na Moravě na rozhraní třetihor a čtvrtohor to je **Venušina sopka** a **Uhlířský vrch**.

### 3.3. Sesuvy

Sesuvy způsobují mnohostranná nebezpečí. Ničí domy i celá sídliště. Ohrožují a ničí zemědělské pozemky a ztěžují jejich obdělávání. Ohrožují provoz lomů a těžbu nerostných surovin. Přerušují komunikace, tunelové stavby, potrubí, telefonní a elektrická vedení. Podmořské skluzy přetrhávají telegrafní kabely. Sesuvy ohrožují vodohospodářské stavby, hlavně přehrady. Mohou přehradit údolí, vytvářet dočasná jezera a způsobovat povodně.

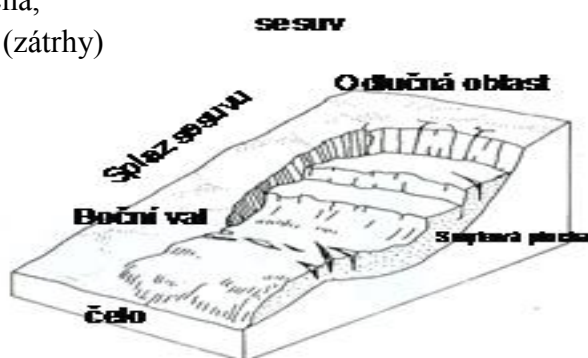
Sesuvy mohou vytvářet ničivé vlny v jezerech a zátokách a nezřídka vyvolávají ztráty lidských životech.

**Sesuvy (svahové pohyby)** vznikají všude tam, kde dojde k narušení poměru pasivních a aktivních sil, tzv. stupně bezpečnosti (stability), který je označován symbolem  $F - .$  K tomuto narušení dochází vlivem **gravitace** a dalších činitelů, jako je změna sklonu svahu, zatížení svahu násypem, otřesy, vibracemi, změnami obsahu vody, působením podzemní vody, činností mrazu, zvětváváním hornin, změnami ve vegetačním porostu svahů apod.

**Sesuvy** v užším slova smyslu jsou náhlé pohyby hornin, při kterých jsou sesouvající se hmoty odděleny od pevného podloží zřetelnou smykovou plochou.

Hlavní součásti sesuvu jsou (viz obr. 3.22):

- a) odlučná oblast,
- b) čelní oblast nebo čelo (akumulační),
- c) tělo sesuvu,
- d) smyková plocha,
- e) příčné trhliny (zátrhy)



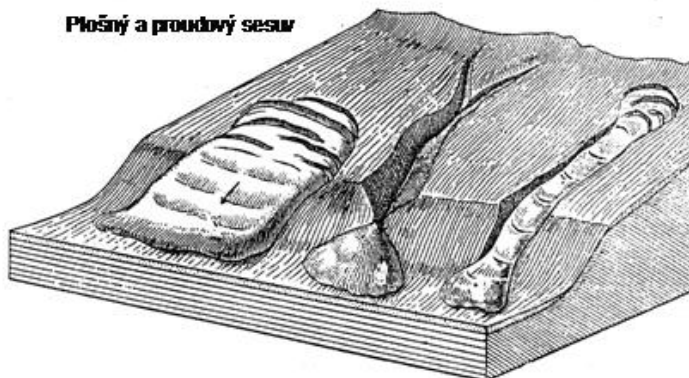
Obr. 3.22: Sesuv a jeho hlavní části. [5]

Svahové pohyby se rozlišují podle různých hledisek, nejčastěji podle charakteru postižených hornin, rychlosti pohybu, tvaru a hloubky smykové plochy atd. viz obr. 3.23 a vlastní přehled je uveden v následující tab. 3.4.

<p>SWAHOVÉ POHYBY POKRYVNÝCH ÚTVARU (svahových hlín, sutí)</p>	<p>slézání sutí (hákování vrstev) plošné povrchové sesuvy proudové sesuvy suťové proudy (mury), vyplavování písků</p>
<p>SESUVY V PELITICKÝCH HORNINÁCH (jíly, slíny, jílovce, jílovité břidlice)</p>	<p>podél rotačních, smykových ploch po predisponovaných plochách (staré smykové) vytlačováním starých hornin v podloží po předurčených plochách (plochy vrstevnatosti, břidličnatosti, pukliny, dislokace)</p>
<p>SWAHOVÉ POHYBY PEVNÝCH SKALNÍCH HORNIN</p>	<p>dlouhodobé deformace horských svahů skalní říčení</p>
<p>ZVLÁŠTNÍ PŘÍPADY SWAHOVÝCH POHYBŮ</p>	<p>soliflukce sesuvy citlivých jílu subakvatické skluzy (v mořích) rychlé jíly (quick clays) velmi nebezpečné (Kanada, Rusko, Skandinávie)</p>

Tab. 3.4. Druhy svahových pohybů. [5]

**Plošný a proudový sesuv**



*Obr. 3.23: Plošný a proudový sesuv.[5]*

Výskyt sesuvů je vázán především na **geologickou stavbu a geomorfologii** území. V České republice jsou nejznámější sesuvné oblasti v severních Čechách, hlavně ve svrchnokřídových uloženinách. V mladých pohořích vulkanického původu, jako je České středohoří a Doupovské hory a v terciálních severočeských sedimentech hnědouhelných pánvích. Častý výskyt sesuvů je i na severní Moravě.

**řícení**



Rozhodující pro vznik sesuvů je nasycení svahu vodou, buď z náhlých tání sněhu, většinou na jaře nebo z dlouhotrvajících dešťů. Jsou vyzorována období sesuvné aktivity a roky téměř bez sesuvů. Jedná se o přímou závislost na mokrých a suchých obdobích.

Mezi sesuvy řadíme i skalní řícení. Postupným zvětváním skalních masivů dochází k odlučování částí skalní stěny a pádu balvanů po svahu dolů (viz obr. 3.24). Typické oblasti skalního řícení jsou v CHKO Labské pískovce v údolí řeky Labe (např.: Hřensko).

*Obr. 3.24: Skalní řícení.[5]*

Ochrana před svahovými pohyby. Nejúčinnější je prevence. Hlavní příčinou sesuvných pohybů je voda. První kroky při sanaci jsou: **zachycení a odvedení povrchové vody, vyčerpání vody v okolních studních** (snížení hladiny spodní vody), **odvodnění svahu drenážemi**.

Pro zajištění stability svahu je dále účinné **odlehčení v odlučné oblasti, zatížení před čelem sesuvu** (nikdy neodebírat čelo!). Vlastní průzkum tj. zjištění rozsahu deformace, hloubka smykové plochy, měření pohybů a návrh sanací (horizontální odvodňovací vrty, pilotové stěny apod.). Tyto sanace musí řešit odborná firma.

### 3.4. Poklesy

Poklesy jsou vertikální změny povrchu zemského. V současné době je to přírodní nebezpečí, ovlivňující hlavně stavby všeho druhu a pozemky. Pokud dojde místně a hlavně náhle k poklesu, může dojít i ke ztrátám na lidských životech.

Následující příklady poklesů jsou způsobovány přírodními vlivy. **Tektonické** poklesy jsou nejvíce patrné na mořském pobřeží. Takové příklady u nás nemáme.

Poklesy způsobené **bobtnáním** a **smršťováním jílu**. Jsou to zeminy, které díky své mineralogické struktuře absorbují vodu, pak se jejich objem zvětšuje. Po vyschnutí dochází ke smrštění. Tyto vertikální změny působí na základové konstrukce budov a následně se projevují na jejich konstrukci ve formě prasklin, případně až na jejich destrukci. Poklesy z důvodu **vymývání určitých typů hornin** v zemské kůře (např. vápenců nebo ložisek solí), vzniku dutin a následnému propadnutí jejich stropů. U nás se jedná především o území tvořená vápenci, kde vznikají krasové oblasti. Déšť obohacený o  $\text{CO}_2$  ze vzduchu, působí jako slabá kyselina uhličitá  $\text{H}_2\text{CO}_3$  a jejím působením na vápence vznikají krasové jevy povrchové i podzemní.

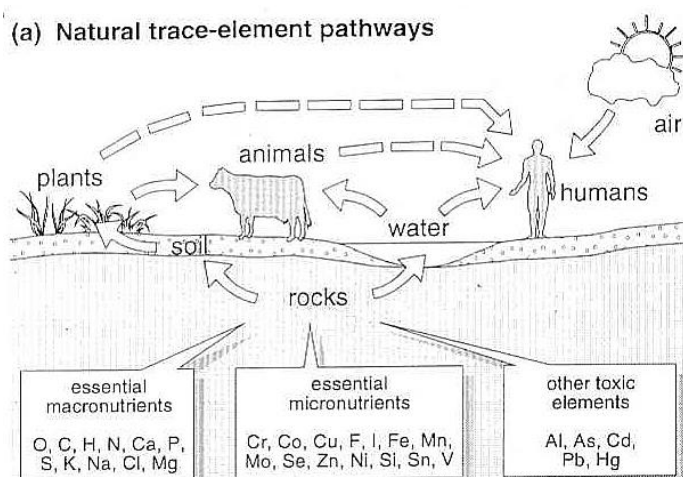
a<sub>1</sub>) primární povrchové - **závrty** (propadlé stropy jeskyň), **škrapy** (zbytky erodovaných vápencových skal), **ponory** (vodní toky mizející v zemi), **hltače** (místa zmizení toku), **propasti**, **kaňony**, **vyvěračky** (místa vývěru ponorů)

a<sub>2</sub>) primární podzemní - **ponorné toky**, **dutiny**, **komíny**, **chodby**, **jeskyně** (**speleologie** - věda, která studuje jeskyně)

b) sekundární **travertín**, **sintr-stalaktity**, **stalagmity**, **stalagnáty**, **záclony**, **brčka**, **perly**. Nejznámější krasové oblasti v České republice jsou Český kras (okolí Berouna) a Moravský kras.

### 3.5. Geomedická nebezpečí

Většina přírodních nebezpečí ohrožuje lidi i jejich majetky přímo fyzicky. Zákeřněji, skrytě, ale tím nebezpečněji, působí chemické látky vznikající v horninách. Tyto geochemické anomálie působí na člověka prostřednictvím vody, půdního vzduchu, půdy, rostlin a zvířat. viz obr. 3.25.



Obr. 3.25: Proudění prvků mezi litosférou, biosférou a atmosférou.[6]

Člověk potřebuje pro svůj život tyto **základní prvky: O, C, H, N, Ca, P, S, K, Na, Cl, Mg**. Ty jsou nutné pro lidský život poměrně ve velkém množství. Více než 100 mg/den. Další prvky jako jsou **Cr, Co, Cu, F, J, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, Ni, Si, Sn**, jsou také nutné, ale denní dávky jsou jen několik mg. Přebytek nebo nedostatek určitého prvku může způsobit onemocnění člověka.

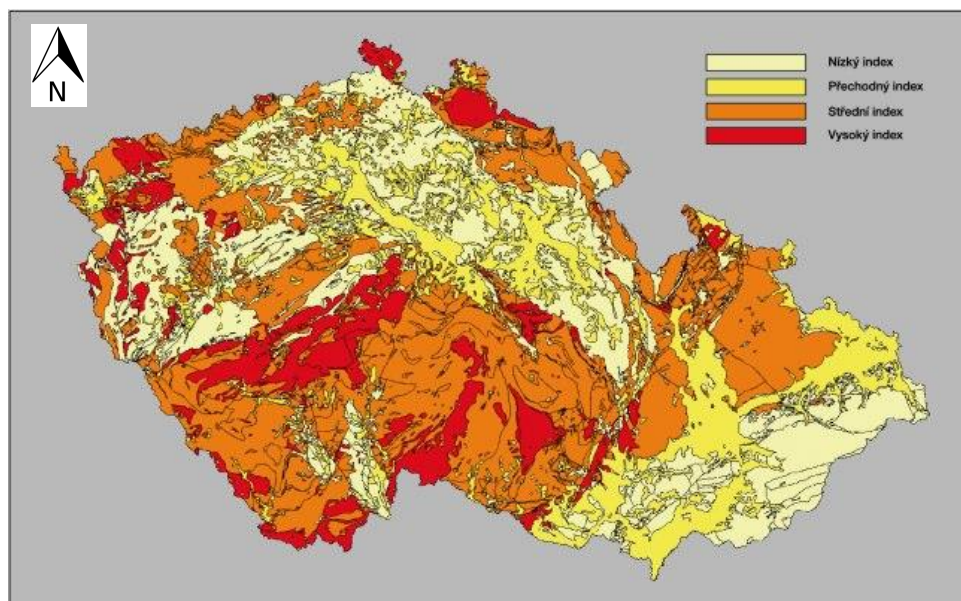
Dále pak existuje skupina **toxických prvků**, jako jsou například **As, Cd, Pb, Hg** atd.

Geochemický průzkum hornin a zemin ukazuje na některé anomální výskyty prvků v horninovém prostředí. Určení vztahu mezi jednotlivými výskyty anomálií prvků a určitými diagnózami nemocí je složitý, ale existují určitá ověřená spojení (viz tab. 3.5)

PRVKY	ÚČINEK Z NEDOSTATKU	ÚČINEK Z PŘEBYTKU
sodík		vysoký krevní tlak
chrom	cukrovka	demence, rakovina
měď	anémie, odvápnění kostí, vysoký cholesterol	nemoci krve
fluor	zubní kazy, řídnutí kostí	nadbytečný nárůst kostí, zvápnění ligamentu (vazu)
jod	struma, nemoc štítné žlázy	struma, nemoc štítné žlázy
železo	anémie	
selen	nemoci srdce	zubní kazy, vrozené vady, neurologická onemocnění
zinek	snížená imunita, nemoci kůže	anémie

Tab. 3.5. Škodlivé vlivy některých prvků.[5]

Jiným nebezpečím pro lidské zdraví je **radon**, který objevil roku 1900 F. E. Dom. Je to přírodní radioaktivní plyn, který vzniká radioaktivní přeměnou izotopu radia. Radium je výsledkem postupné radioaktivní přeměny uranu (U238), který je v různé míře obsažen v zemské kůře. Radon se rozpadá na další radioaktivní prvky, které se souhrnně označují jako dceřinné produkty radonu. Ty se ve vzduchu zachycují na drobných prachových částicích, jsou s nimi vdechovány, usazují se v průduškách a v plicích a ozařují místní tkáň. Radon, pokud působí dlouhodobě, vyvolává rakovinu plic. Většina radonu uniká póry a puklinami do atmosféry a zde se nachází v bezpečné koncentraci. Stává se nebezpečným, když se koncentruje v dolech, sklepích a nevětraných domech.



Obr. 3.26: Mapa radonového rizika ČR, 1: 50 000. [52]

V České republice existuje mapa výskytu radonu (obr. 3.26). Anomálie výskytu se nacházejí v oblastech, kde je horninové podloží tvořeno granitickými horninami, nebo i vápencovými horninami. Významným zdrojem radonu může být i stavební materiál, jako jsou některé škvárobetonové tvárnice vyráběné z popílku nebo škváry s vyšším obsahem radia.

V postižených objektech je požadovaná důkladná ventilace, někdy i stavební úpravy, které spočívají v izolování obytných prostor od podloží.

V České republice byly podle doporučení Mezinárodní komise pro radiologickou ochranu přijaty tyto mezní hodnoty průměrné ekvivalentní objemové aktivity radonu v bytech:

<b>pro novou výstavbu</b>	<b>100 Bq/m<sup>3</sup></b>
<b>pro stávající objekty</b>	<b>200 Bq/m<sup>3</sup></b>

V nové i staré zástavbě je třeba zajistit nejnižší možné hodnoty.

Radon bývá obsažen i v podzemní vodě. Při větším používání takové vody například při mytí, praní, nebo sprchování, může být uvolněný radon příčinou zvýšené koncentrace radonu ve vzduchu, zejména v málo větrané místnosti. Riziko z pití vody obsahující radon, je proti riziku z vdechování uvolněného radonu zanedbatelné.

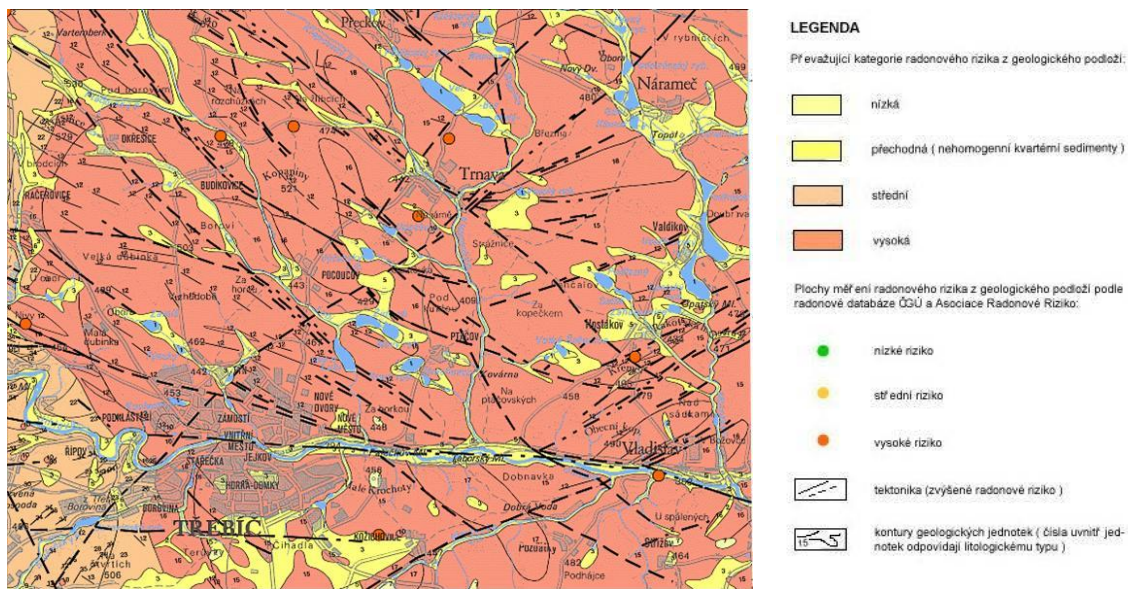
Významný negativní dopad radonu je prokázán na délku života horníků v uranových dolech. Naopak léčivé účinky mají radonové vody například v lázních Jáchymov.

Různá protiradonová opatření se provádí podle množství radonu:

U staveb s nízkým radonovým indexem- standardní hydroizolace.

U staveb se středním radonovým indexem- protiradonová izolace položená v celé ploše.

U staveb s vysokým radonovým indexem- protiradonová izolace doplněna větracím systémem podloží. Příkladem výskytu Třebíče a okolí viz obr. 3.27.



Obr. 3.27: Výskyt radonu v okolí Třebíče. [53]

Mezi geomedická nebezpečí můžeme řadit i tzv. **geopatogenní zóny**. V roce 1930 je popsal G. Lakhovsky. Jeho teorie definuje, že ze Země vychází vibrace o frekvenci 8 Hz. Při změnách frekvencí a charakteru vibrace je ovlivňován imunitní systém a hrozí riziko zdravotních poruch. Jsou to pásy probíhající na zemském povrchu se zhoubnými účinky na zdraví. První zmínka se objevuje již před 4000 lety v Číně. Geopatogenní zóny se nacházejí v nejsvrchnější části zemské kůry. Jsou způsobeny buď tektonickým porušením hornin, nebo stykem hornin s rozdílnými fyzikálními vlastnostmi. Geopatogenních zón mají vliv na zvířata. Pes odnepaměti je indikátorem geopatogenních zón. Slyší nižší frekvence i podprahové dráždění a odchází z těchto míst. Kočka je naopak vyhledává. Jsou to tzv. infrazvukové patogenní zóny (IPZ). [54]

## 4. Geomorfologie

Geomorfologie je podle M. A. Summerfielda (1991) [10] vědou, která se zabývá tvary zemského povrchu a procesy, které jej formují. Někdy je složité vysvětlit druh a intenzitu geomorfologických procesů současných a proto je nutné je porovnat s procesy dávno minulými. Geomorfologie proto patří mezi vědy studující historický vývoj povrchu planety. Geomorfologické tvary a síly, které je vytvořily, byly studovány i v minulosti (Aristoteles, Herodotus, Seneca, Leonardo da Vinci a další. In Sommerfield 1991) [10], ale věda ještě nebyla nazývána geomorfologií. Revoluční změny v chápání vztahů tvarů povrchu litosféry a sil, které je vytváří, nastává definováním „globální teorie litosferických desek“ (viz kapitola 3.).

*Objektem geomorfologie je reliéf povrchu naší planety, dělí se na pevninský a podmořský.*

*Předmětem geomorfologie je studium vztahu mezi georeliéfem (litosférou, geosférou) a hydrosférou, atmosférou, biosférou a antroposférou.*

***V geomorfologii existují čtyři základní koncepce (paradigmata).***

- První paradigma je *uniformita*, která jednoduše znamená, že zákony Newtonovy fyziky a zákony chemie kontrolovaly v minulosti průběh geomorfologických pochodů stejně jako to činí v současné době.
- Druhé paradigma říká, že georeliéf je výsledkem vzájemného působení vnějších (exogenních) a vnitřních (endogenních) sil a že v rámci určitého tvaru reliéfu je vymezitelný sled vývoje v průběhu času.
- Třetí paradigma říká, že interakce mezi vnějšími a vnitřními geomorfologickými pochody je složitá a v historii vývoje georeliéfu se mohou vyskytnout velmi různé kombinace.
- Podle čtvrtého paradigmatu jsou geomorfologické systémy značně ovlivňovány prahy. Znamená to, že ve vývoji georeliéfu může dojít k náhlým změnám, jestliže jsou překročeny prahové hodnoty stresu (např. při zemětřesení, sesouvání, povodni, apod.) [18].

Úrovně poznání geomorfologie jsou:

- ***Teoretická geomorfologie*** – formuluje obecná pravidla a zákonitosti, modeluje.
- ***Obecná geomorfologie*** – propojuje teoretické znalosti s konkrétními poznatky.
- ***Regionální geomorfologie*** – zkoumá jednotlivé složky georeliéfu v určitém území

Geomorfologie prošla poměrně dlouhým vývojem, kdy přikládala důraz např. otázkám vlivu klimatu na vývoj reliéfu, vztahu tektoniky a georeliéfu, aplikovaným tématům (svahové pohyby, geomorfologické důsledky povodní), aj. Koncem 20. století byly vymezeny následující okruhy témat, které představovaly perspektivy dalšího vývoje oboru:

### **Dílčí vědy obecné geomorfologie**

Obecná geomorfologie se zabývá obecnými zákonitostmi vzhledu, geneze a stáří georeliéfu.

Dalším oborem je:



**Strukturní geomorfologie**, která se zabývá řešením vztahu mezi stavbou a povrchovými tvary.

**Globální strukturní geomorfologie** vysvětluje hlavní rysy reliéfu planety. Studuje rozložení pevnin a oceánů, průběh horských pásem a velkých sníženin reliéfu, původní rozložení pevnin: superkontinent PANGEA, LAURASIE A GONDWANA.

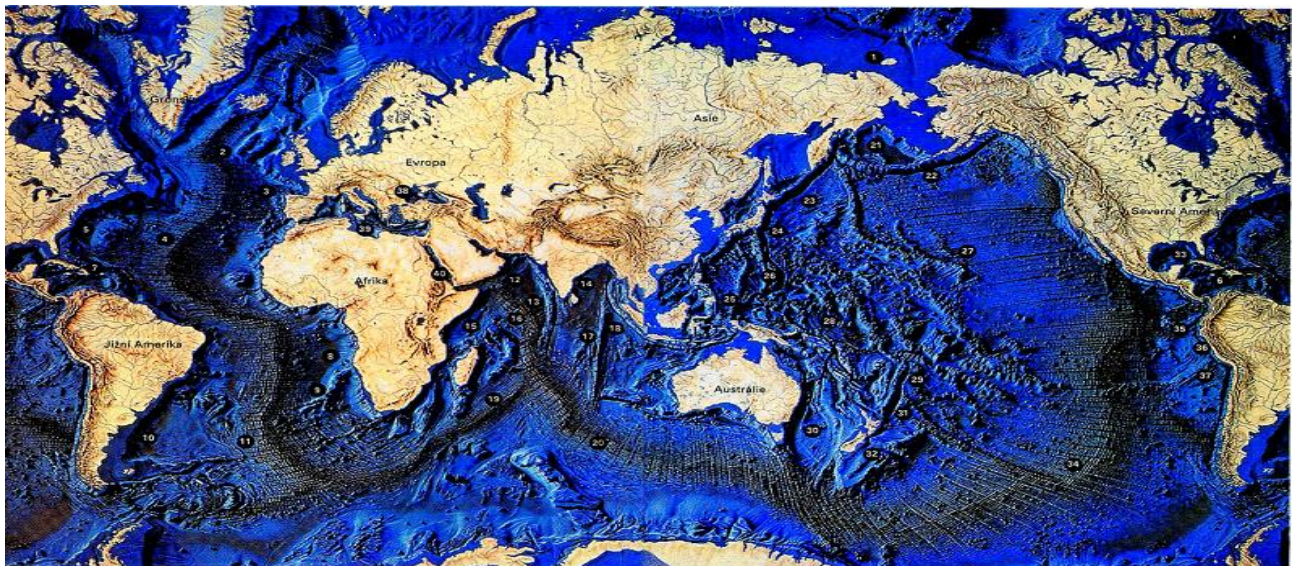
Antipodní rozložení pevnin a oceánů:

ANTARKTIDA.....Severní ledový oceán  
 AUSTRÁLIE.....severní část Atlantského oceánu  
 SEVERNÍ AMERIKA.....Indický oceán  
 VÝCHODNÍ ASIE..... jižní část Atlantského oceánu  
 EVROPA a AFRIKA.....Tichý oceán

**Klimatická geomorfologie** studuje rozdíly vývoje georeliéfu v různých klimatických oblastech.

**Dynamická geomorfologie** studuje jednotlivé geomorfologické pochody a tvary jimi vytvořené. Intenzita geomorfologických pochodů závisí zejména na:

- čase
- morfostrukturách
- klimatu



- |                          |                                 |   |                                |
|--------------------------|---------------------------------|---|--------------------------------|
| 1. Severní ledový oceán  | 11. Jihoatlantský hřbet         | 21. Aleutská hlubokooceánská rovina     | 31. Kermadecký příkop          |
| 2. Rejkjaneský hřbet     | 12. Hlubokooceánský kužel Indu  | 22. Aleutský příkop                     | 32. Novozélandská plošina      |
| 3. Španělská pánev       | 13. Maledivy                    | 23. Kurilsko-kamčatský příkop           | 33. Mexický záliv              |
| 4. Severoatlantský hřbet | 14. Hlubokooceánský kužel Gangy | 24. Japonský příkop                     | 34. Východní tichomořský hřbet |
| 5. Severoamerická pánev  | 15. Somálská pánev              | 25. Filipínský příkop                   | 35. Galapágy                   |
| 6. Karibské moře         | 16. Carlsberský hřbet           | 26. Mariánský příkop                    | 36. Peruánsko-chilský příkop   |
| 7. Portorický příkop     | 17. Východoindický hřbet        | 27. Havajské ostrovy                    | 37. hřbet Nazca                |
| 8. Angolská pánev        | 18. Sundský příkop              | 28. Salomounská hlubokooceánská plošina | 38. Černé moře                 |
| 9. Velrybí hřbet         | 19. Západní indický hřbet       | 29. Tonžský příkop                      | 39. Středozemní moře           |
| 0. Argentinská pánev     | 20. Střední indický hřbet       | 30. Tasmanova pánev                     | 40. Rudé moře                  |

Obr. 4.1: Tvary zemského povrchu.[9]

**Paleogeomorfologie** studuje georeliéf a jeho vývoj v minulých geologických obdobích a to z hlediska vzhledu, geneze, stáří a zákonitostí vývoje.

**Antropogenní geomorfologie** se zabývá antropogenními pochody vytvořenými člověkem, který se objevil na planetě cca před 3 mil. let

## 4.1 Georeliéf

Základním předmětem studia geomorfologie je **georeliéf**. Ten je definován jako nehmotná svrchní pevninská i mořská plocha zemské kůry

**Georeliéf** – je výsledek interakce horninového prostředí, procesů v něm probíhajících a vnějších vlivů (endogenních a exogenních), procesů přírodních i antropogenních.

### **Každý terénní tvar má svou příčinu!**

**Horninové prostředí** je nositel georeliéfu, který závisí především na vlastnostech hornin a jejich uložení a na výsledku „střetu“ endogenních a exogenních sil Země, člověka a změnách klimatu.

Historicky se postupně rozvíjely různé názory na vznik georeliéfu.

Původní názory (18. století) stavěly na hypotézách **katastrofismu a jeho dílčích myšlenkách plutonismu a neptunismu a hypotéze aktualismu**.

Zastánci **katastrofismu** propagovali názor, že georeliéf planety vznikl řadou katastrof, kdy pronikly oceány na pevninu. Nová kůra zemská pak podle „**platonistů**“ vznikala vulkanickou činností. Podle „**neptunistů**“, pak nové vrstvy vznikaly pouze sedimentací.

Teorie **aktualismu** byla podporována myšlenkou postupného vzniku působením stejných sil, které probíhaly v minulosti, probíhají v současnosti a budou probíhat i v budoucnosti.

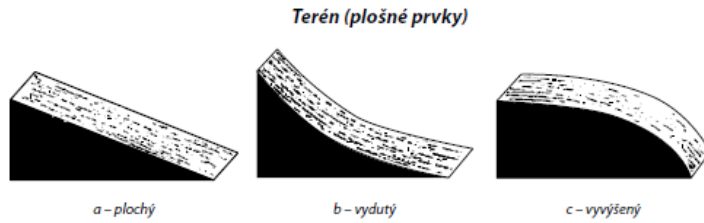
Zásadní význam pro formulování názorů na georeliéf planety měla „Globální teorie litosférických desek“ (viz kapitola 3.)

## **Základy klasifikace reliéfu**

Složité tvary reliéfu je možné rozložit na:

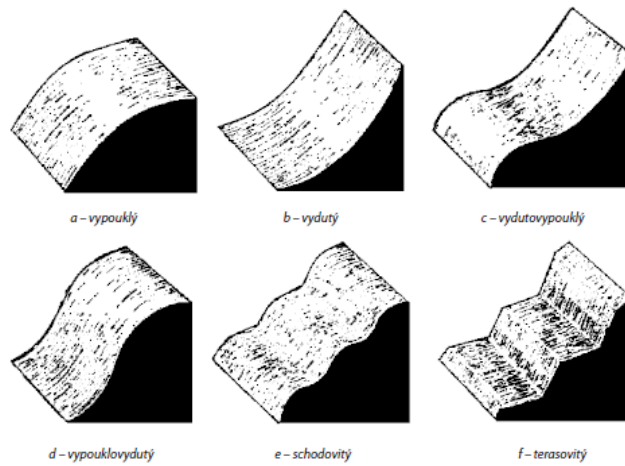
- a) geometricky jednoduché plochy
- b) geneticky stejnorodé plochy

Vzhled ploch závisí na horninách, jejich vlastnostech a uložení, procesech, které na ně působí. Stáří ploch se definuje podle geologické stupnice. Základní tvary reliéfu jsou ploché, vyduť, vyvýšený viz obr. 4.2

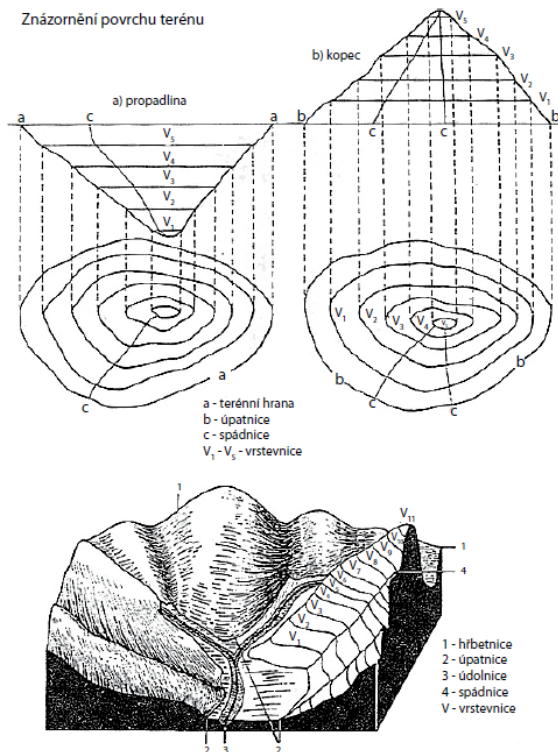


Obr. 4.2: Terén (plošné prvky). [10]

Tvary terénu na základě reliéfu dělíme na propadliny, kopce, terénní hrany (zlomy), svahy (viz obr. 4.3) úpatnice, spádnice, vrstevnice, hřbetnice, údolnice viz obr. 4.4



Obr. 4.3: Typy svahů. [10]



Obr. 4.4: Povrch terénu. [10]

Podle na tvaru spádnic jsou tvary přímkové, konkávní, konvexní. Spádnice je čára největšího spádu kolmá na vrstevnice (viz obr. 4.4)

**Stáří georeliéfu** je doba, kdy reliéf dosáhl vrcholu svého vývoje, určuje se tzv. relativní, absolutní.

Pro výsledný tvar georeliéfu je zásadní tzv. **geomorfologická hodnota hornin**

Geomorfologická hodnota záleží na faktorech, jako je: odolnost hornin vůči zvětrávání (monominerální horniny, drobnozrnné horniny, masivní struktura) nebo tepelná odolnost a jímavost (menší rozdíl mezi povrchem a jádrem – rychlejší rozpad). Podle propustnosti hornin se voda vsákne a nenarušuje povrch nebo nevsákne, stéká a povrch naruší). Specifické tvary jsou u rozpustných hornin jako je (sůl kamenná, sádrovec, vápenec nebo dolomit a výsledné jsou např. krasové jevy).

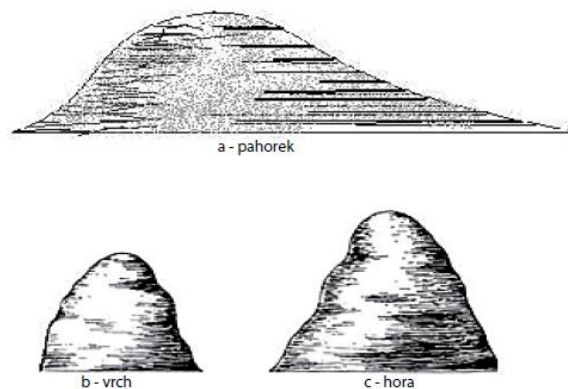
Výsledkem rozdílnosti hornin je jejich umístění a rozdílné tvary v georeliéfu. Odolnější horniny tvoří vyvýšeniny konvexní tvary georeliéfu, méně odolné tvoří sníženiny-konkávní georeliéfu.

## 4.2 Tvary georeliéfu

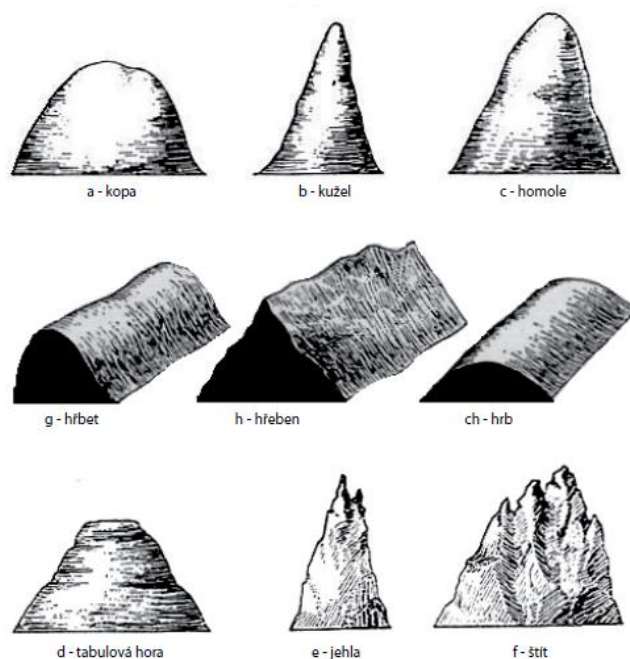
Jsou to: a) vypuklé, b) vhloubené, c) ploché

**a) mezi vypuklé (konvexní) – vyvýšeniny:**

- pahorek (malý do výšky 150 m) – viz obr. 4.5 a
- kopa (zaoblená, eliptický půdorys) – viz obr. 4.6 a
- kužel (tvar kužele s ostrým vrcholem) – viz obr. 4.6 b
- hora (výrazná vyvýšenina výška 300–600 m) – viz obr. 4.5 c
- vrch (vypuklý tvar 150–300 m) – viz obr. 4.5 b
- velehora (mohutná vyvýšenina se širokou základnou)
- štít (vrchol velehory se skalnatými stěnami) – viz obr. 4.6 f
- hřbet (protáhlá vyvýšenina, jejíž délka přesahuje šířku a má zaoblený vrchol) – viz obr. 4.6 g
- hřeben (jako hřbet, se skalnatou vrcholovou partií) – viz obr. 4.6 h



Obr. 4.5: Terénní tvary. [10]



Obr. 4.6: Terénní tvary podle vrcholových částí. [10]

**b) Vhloubené (konkávní) – sníženiny (vklesliny) představují:**

- kotlina (vhloubená sníženina, ploché dno)
- brázda (úzká sníženina, ploché dno)
- brána (protáhlá sníženina spojující sousední sníženiny)
- úval (protáhlý útvar na obou koncích otevřený, na dně členitý)

**c) Ploché tvary jsou vytvořeny dlouhodobým zarovnáváním povrchu a patří sem:**

- plošina – plochý nebo mírně zvlněný povrch
- planina – plošina ve větší nadmořské výšce
- altipláno – plošina ve výškách 3 500 až 4 500 m n.m.
- stolová hora – osamocená vyvýšenina, která vystupuje strmými svahy nad okolní krajinu, vrcholovou část hory tvoří ploché temeno (viz obr. 4.7)



Obr. 4.7: Kapské město – Stolová hora (J.A.R) [17]

Georeliéf se rozděluje podle tvarů na nížiny, vysočiny, plošiny, elevace, deprese, svahy. Tvary mají různé velikosti (viz tab. 4.1).

**Nížina** jsou území vyskytující se ve výšce 0 – 200m.

**Vysočiny** jsou území v nadmořské výšce nad 200 m (300 m), dělí se na: **hornatiny a (velehornatiny) vrchoviny, pahorkatiny.**

**Hornatiny** (velehornatiny)

Mají velkou výškovou členitost, strmé svahy, četná údolí – nadmořské výšky 900 a více m např. Krušné hory, Krkonoše, Jizerské hory (velehornatiny nad 2000m př. Vysoké Tatry, Himaláje)

**Vrchoviny**

Jsou území s výškovou členitostí 150 – 200m o nadmořských výškách 600-900m např. Českomoravská vrchovina, Slavkovský les, Tepelská vrchovina.

**Pahorkatiny**

Mají zvlněný reliéf s převládající výškovou členitostí 30 – 150m a v nadmořské výšce 200 – 600m reliéf je tvořen zčásti denudačními procesy, většinou však akumulací.

**Nížiny**

Jsou to rozsáhlé akumulární plošiny v údolí velkých řek (př. Polabí, moravské úvaly). Povrch je kryt kvartérními sedimenty, jako jsou váte písky, spraše, terasové šterky a písky.

název	šířka	výška
nanofomy	Do 5 m	do 5 m
mikroformy	Do 500 m	do 50 m
mezoformy	Do 10 000 m	-
makroformy	přes 10 000 m	-

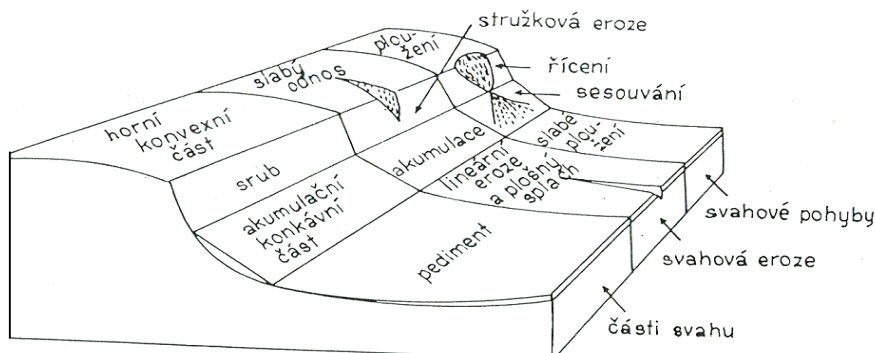
Tab. 4.1: Příklad klasifikace povrchových tvarů podle velikost.

**Plošiny** jsou tvary rovinatého charakteru např. paroviny, nebo pedimenty. Převažovala zde činnost exogenních sil.

**Elevace**, do této skupiny patří: **Horské hřbety**, **horské hřebeny** štítového nebo kupovitého tvary, skalní horniny většinou vystupují na povrch. **Kuesty**, jejich asymetrický hřbet má povlovnou stranu blížíci se strukturní plošině a druhou část s příkrým spádem. **Svědecká hora** je izolovaná vyvýšenina.

**Deprese**-tento georeliéf má různé tvary např.: údolí ve tvaru V, nebo U, soutěsky, kaňony, apod.

**Svahy** jsou nejčastější formou reliéfu, dělí se podle převládajícího způsobu modelace např.: svahy erozní, soliflukční, zlomové, sesuvné apod. Jednotlivé části svahu jsou popsány na obrázku 4.8.



Obr. 4.8: Základní části svahu.[18]

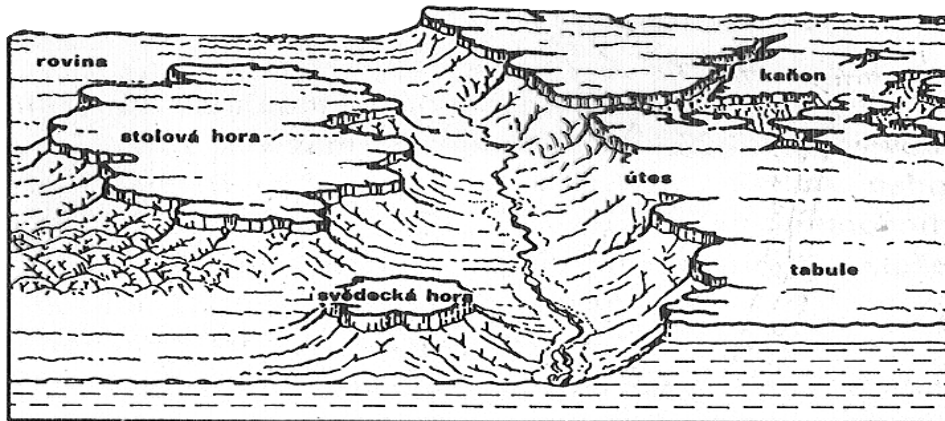
### 4.3 Strukturní geomorfologie pevnin a mořského dna

Georeliéf je funkcí: **struktury, procesu a času**

#### Typy georeliéfů podle uložení hornin

**Georeliéf** na horizontálně a subhorizontálně uložených horninách, georeliéf na ukloněných, zvrásněných nebo rozlámaných horninách.

Georeliéf na horizontálně nebo subhorizontálně uložených nezpevněných sedimentech (jílech, píscích, štěrčích apod.) je málo členitý a mívá zaoblené tvary. Bývá to georeliéf zpravidla nížinný nebo reliéf nížinných pahorkatin (viz obr. 4.9)



Obr. 4.9: Model sedimentární tabule se strukturními terasami a svědeckou horou. [18]

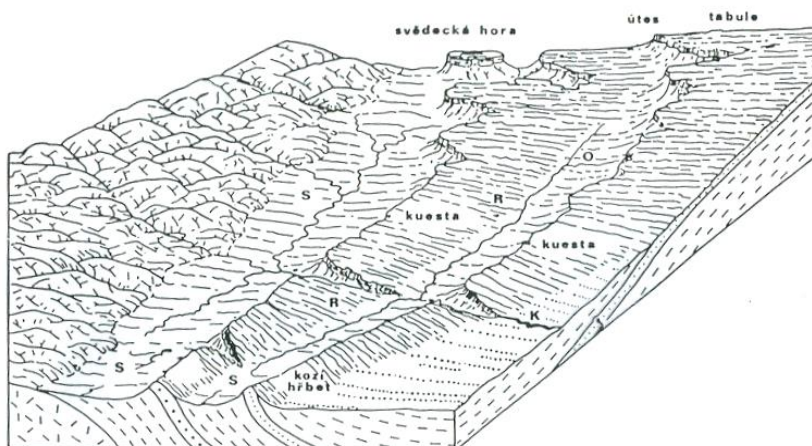
### Georeliéf na ukloněných horninách

a) *mírně ukloněné strukturní tvary:*

Georeliéf o sklonu 6 - 7° z hornin stejně odolných. (viz obr. 4.10)

b) *nesouměrné hřbety a kuesty:*

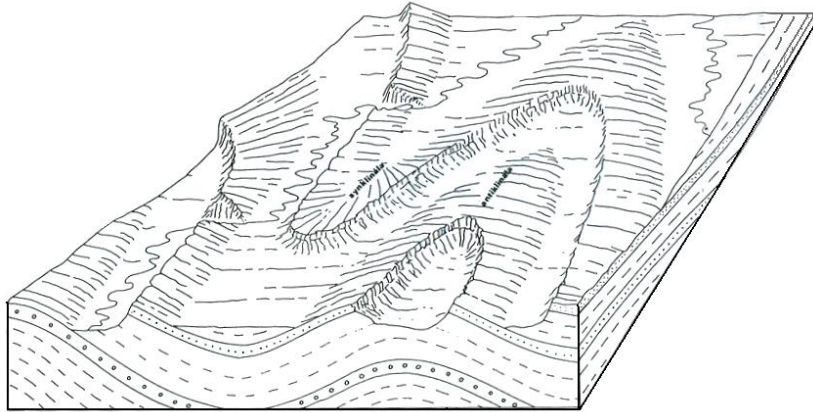
Georeliéf z hornin s různou odolností.



Obr. 4.10: Kozí hřbety a kuesty na čelech odolnějších pískovcových vrstev. [18]

Georeliéf na zvrásněných horninách, mezi které patří **pánve, klenby a vrásy** (viz obr. 4.11).





Obr. 4.11: Model složitého vrásového pohorí v části Apalačského pohorí (USA). [18]

**Georeliéf** na rozlámaných horninách je predisponován **puklinami, zlomy a krami**. Tvary vzniklé pohyby ker jsou například (viz obr. 4.12):

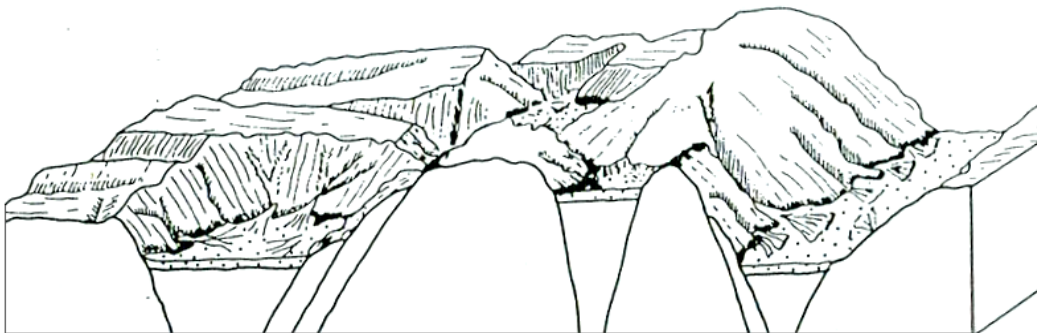
**Příkopová propadlina** – protáhlá sníženina vzniklá poklesem ker, omezená na bocích vyšším terénem

**Prolom** – úzká protáhlá sníženina vzniklá poklesem ker, zlomové svahy, délka km až desítky km, šířka m až 1-2 km

**Hlubinné zlomy** – se vyskytují na styku velkých ker zemské kůry (pohřbené povrchy, hloubka 700-800km) a jsou patrné z družicových snímků), délka sta až tisíce km, šířka několik desítek km; *linaement* - významný hlubinný zlom

**Rift** – protáhlá sníženina vázaná na hlubinné zlomy (např. Oherský rift)

**Hrást'** – protáhlá vyvýšenina vzniklá pohybem ker; střední kra je nejvýše položená.



Obr. 4.12: Tvary vzniklé pohyby ker zemské kůry. [18]

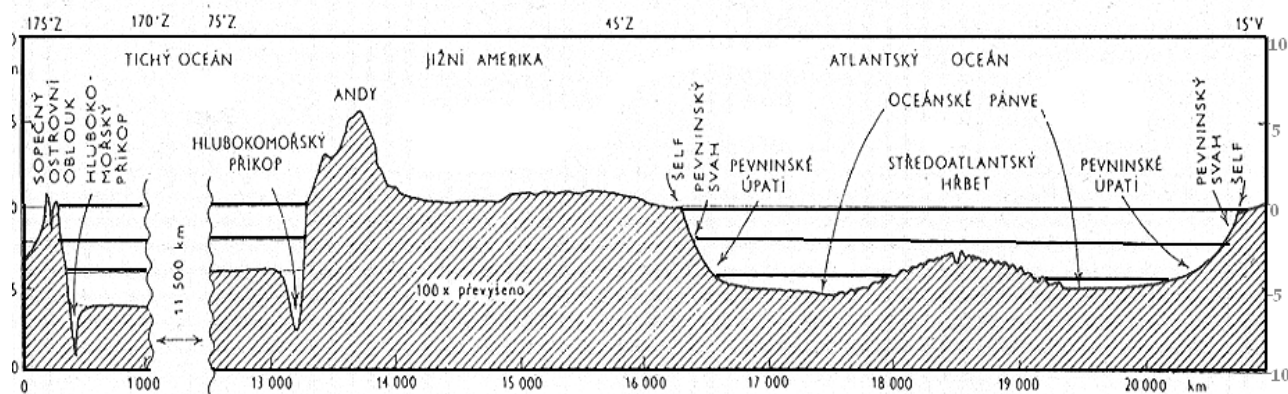
#### 4.4 Strukturní geomorfologie mořského dna

**Světové oceány pokrývají 71 %** povrchu planety. Jejich průměrná hloubka je 3 729 m, max. hloubka je 11 022 m (Mariánský příkop). Největší výškové rozdíly na planetě jsou Mariánské ostrovy a Mauna Kea – 4 414 m.n.m.

Na planetě existují 4 oceány: **Tichý, Atlantský, Indický a Severní ledový oceán.**

Základní tvary mořského dna jsou: **oceánské pánve**, **středoocéánské hřbety** a **valy**, **přechodné oblasti** (podmořské okraje pevnin a šelf), **podmořské hory**, **ostrovy** a **hluboko-mořské příkopy** (viz obr. 4.13).

### Morfostruktura dna oceánu



Obr. 4.13: Profil probíhající mezi 20 a 25° j. š. znázorňující základní morfostruktury dna oceánů. [18]

## 4.5 Fluviální pochody a tvary jimi vzniklé

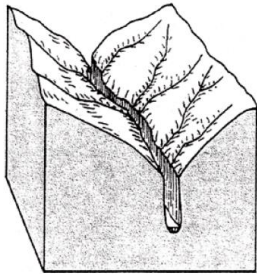
Fluviální pochody jsou pochody způsobené tekoucí vodou říční a potoční. Vznikají erozivní tvary a fluviální sedimenty, které jsou charakteristické zvrstvením (i křížovým), vytřídováním a orientací částic materiálu po proudu toku.

**Údolí** jsou základní fluviální erozní tvar. Jsou definována jako protáhlé sníženiny zemského povrchu, vzniklá činností říčního toku a skloněná ve směru spádu toku. Tvar je výsledkem vztahu mezi lineární erozí vodního toku a vývojem svahu. [10]

**Tvar** údolí je výslednicí vztahu  $I/D$ , kde  $I$  je lineární eroze vodního toku a  $D$  vyjadřuje vývoj svahů. Jsou to např.:

**Soutěska** (viz obr. 4.14)

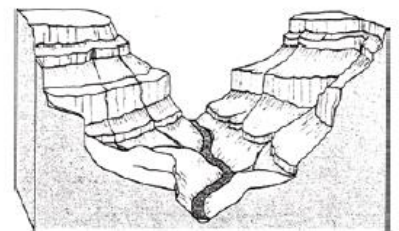
$I > D$  – šířka soutěsky je nahoře i dole stejná (hluboká soutěska = **kaňon** – viz obr. 4.15)



Obr. 4.14: Soutěska. [19]

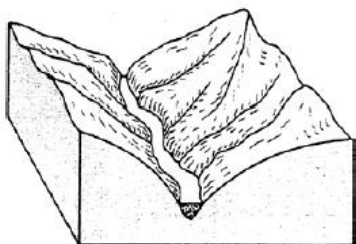


Obr. 4.15: Kaňon. [19]



### Údolí ve tvaru V

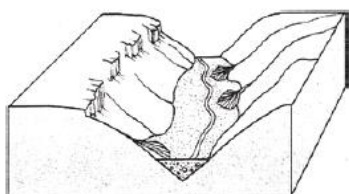
$I=D$  – dno tvoří koryto vodního toku a svahy se rozevírají (viz obr. 4.16)



Obr. 4.16: Údolí ve tvaru V.[19]

### Neckovité údolí

$D>I$  – boční eroze převládá, tok meandruje (viz obr. 4.17)



Obr. 4.17: Neckovité údolí. [19]

### Úvalovité údolí

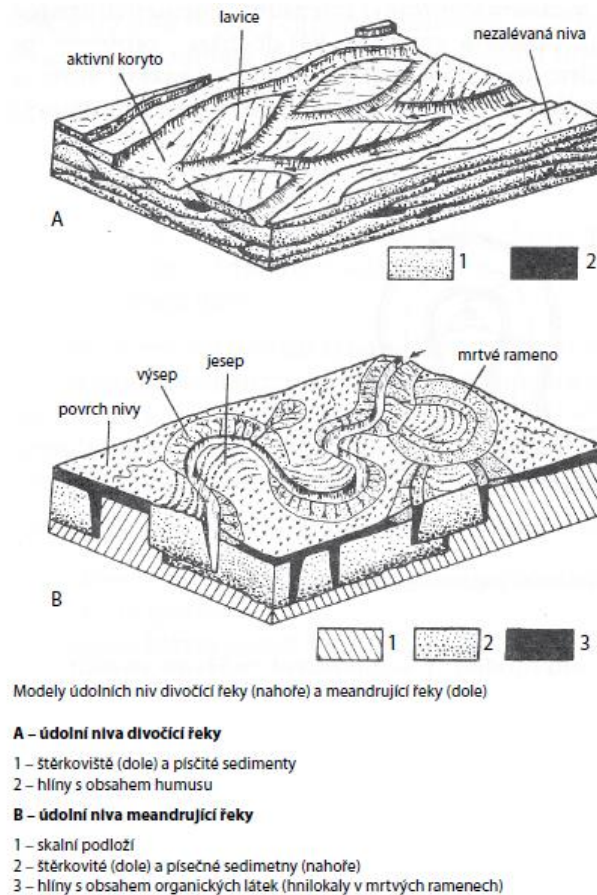
široké dno, mírné svahy, hodně zvětralin (viz obr. 4.18)



Obr. 4.18: Úvalovité údolí.[19]

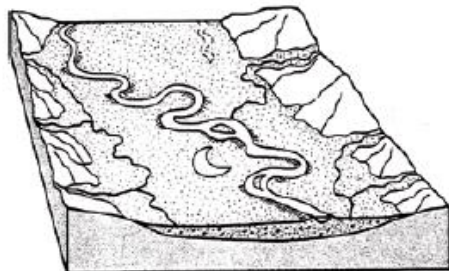
**Říční údolí** jsou důležité biokoridory, jimiž se mohou živé organismy pohybovat. Pronikají z údolí do pohoří. Biokoridor je lineární úsek krajiny, který umožňuje migraci organismů mezi jednotlivými biocentry. S nimi dohromady tvoří územní systém ekologické stability.

**Údolní niva** je akumulční rovina podél vodního toku, která je tvořena nekonsolidovanými sedimenty, transportovanými a usazenými tímto vodním tokem. Při povodních bývá většinou zaplavována. (viz obr. 4.19)



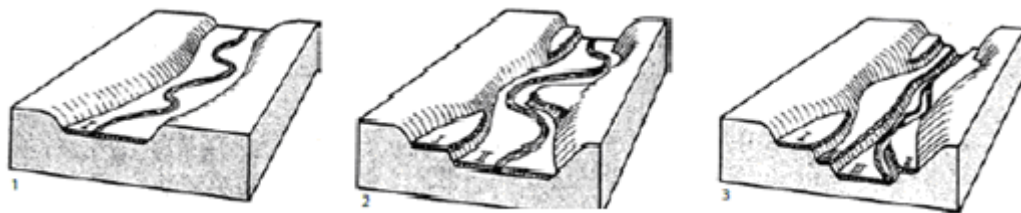
Obr. 4.19: A - Údolní niva divoké řeky, B – údolní niva meandrující řeky.[10]

**Říční meandry:** z obr. 4.20 je patrný příklad říčních meandrů v sedimentech, kde dochází k tzv. laterální akreci, zřetelné jsou překlady koryta.



Obr. 4.20: Říční meandry. [10]

**Říční terasy** jsou více či méně výrazné stupně na svazích říčních údolí, vytvořené erozí a akumulací vodního toku [10] (viz obr. 4.21).



Obr. 4.21: Říční terasy.[10]

## 4.6 Krasové jevy a tvary jimi vzniklé

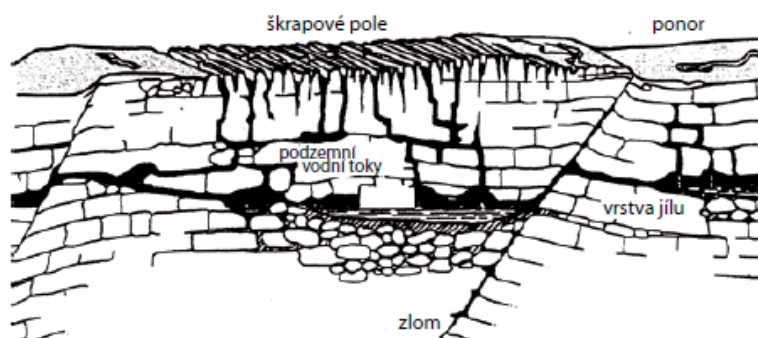
Krasové jevy jsou souborem povrchových a podpovrchových geomorfologických procesů probíhajících v oblasti budované horninami rozpustnými ve vodě (vápenci, dolomity, apod.). Podpovrchová voda cirkuluje v podzemí, způsobují korozi a abrazi.

**Krasová krajina** je speciálním typem georeliéfu se svéráznými povrchovými i podpovrchovými tvary. **Hlavní krasové pochody** jsou **rozpouštění** krasových hornin srážkovou a tavnou vodou, **opětné vylučování** rozpuštěných látek (např. krápníky), **sesedání povrchu** vlivem rozpouštění krasových hornin, **krasové říčení** tj. náhlé pohyby v dutinách. Krasové horniny jsou rozpustné ve vodě (vápence, dolomity, soli, sádrovce apod.).

**Krasový georeliéf** je tvořen **škrapy** (viz obr. 4.22), **závrty** (viz obr. 4.23), **uvalami**, **polji** (viz obr. 4.24) **nebo tzv. krasovým lesem** (viz obr. 4.25).

Tvary drobné:

**Škrapy** – rýhy, zářezy, vyhloubeniny na povrchu vápenců.

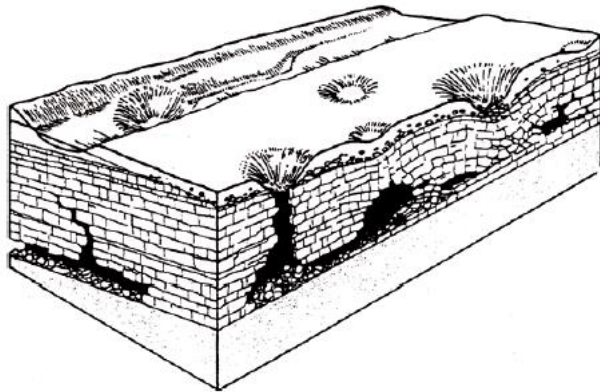


Obr. 4.22: Škrapy.[10]

Větší tvary:

**Závrt** – uzavřené deprese, různých tvarů (mísovitě, trychtýřovitě, oválné – průměr 2 až 200

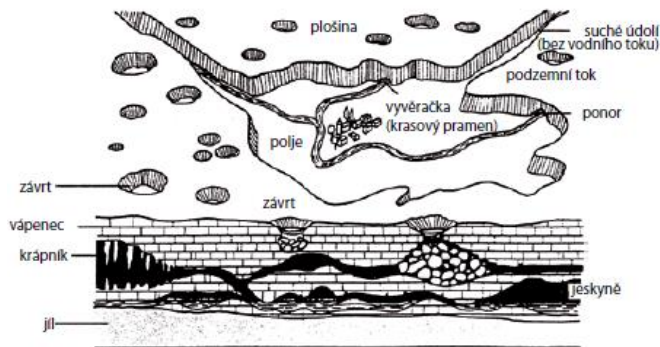
m, výjimečně až 1,5 km, hloubka 2 až 300 m)



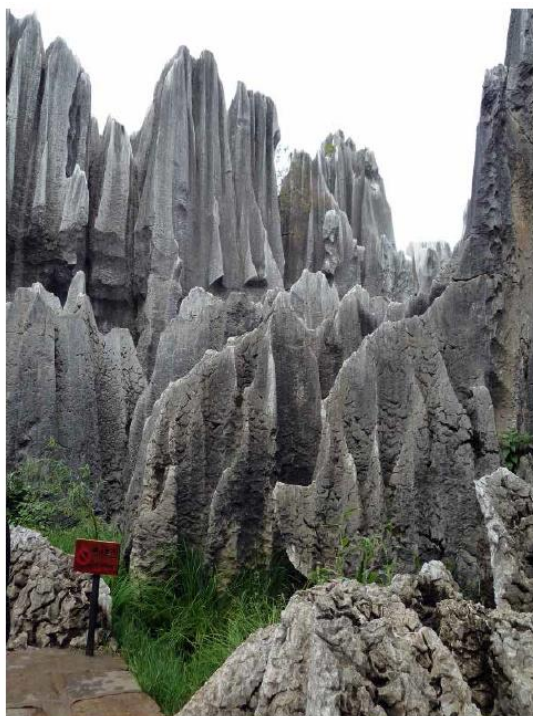
Obr. 4.23: Závrtý.[10]

**Uvala** – podobně jako závrt, ale větší (vzniká spojením několika závrťů)

**Polje** – velké uzavřené sníženiny na krasovém povrchu, malé až velké o rozloze stovek km<sup>2</sup>. Hydrograficky známe polje suché, někdy vyplněné celoročně jezerem.

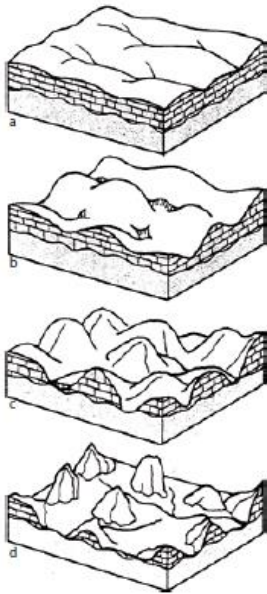


Obr. 4.24: Polje.[10]



Obr. 4.25: Kamenný les – NP u města Kunming (Čína) [17]

V krasových oblastech je specifický hydrologický a hydrogeologický režim. Vyskytují se zde například **vyvěračka** (krasový pramen vody na úpatí svahu, často mizí dále v ponoru), **ponor** (místo, kde voda mizí do podzemí), **poloslepá a slepá údolí** (tvořena tokem, který mizí v ponoru), **krasová údolí** (soutěsky nebo kaňony), **kupovitý, kuželový, věžovitý kras** (Thajsko, Vietnam, Čína - viz obr. 4.26 a 4.27).



Obr. 4.26: Vznik kuželovitého krasu.[10] Obr. 4.27: Kuželový kras-mogoty (jižní Čína)[19]

**Jiné tvary vznikají v podzemí (podzemní kras),** (viz obr. 4.28)

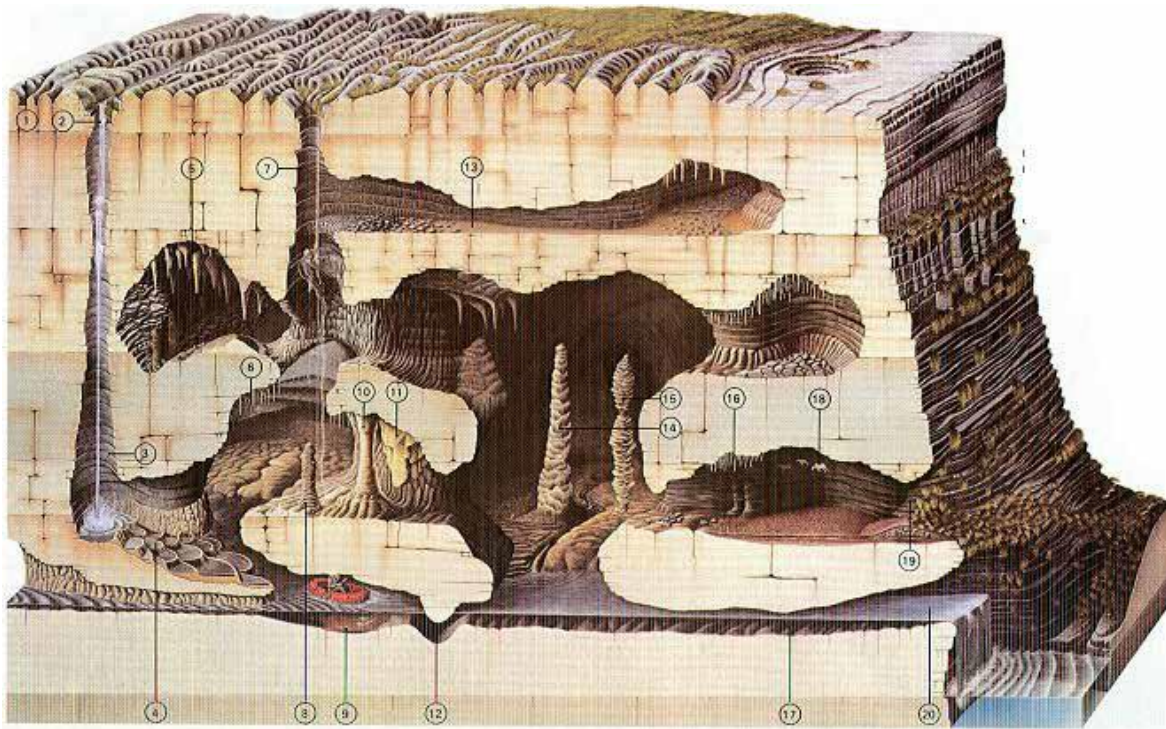
Vzniká z podpovrchových dutin a chodeb rozšiřováním jejich puklin korozi.

**Sifony** tvoří zúžená místa jeskynní chodby, ve které se strop jeskyně sklání tak hluboko, že se ponoří do pevného nebo kapalného obsahu jeskyně. Sifony, lze podle druhu výplně rozlišovat na nánosové, ledové, sintrové a vodní. [10]

**Výplně jeskynní tvoří krápníky: stalaktity** – rostou od stropu, **stalagmity** – rostou od podlahy, **stalagnáty** – propojené stalaktity a stalagmity.

**Propast** – je svislá či šikmá prohlubeň se skalními stěnami, která vzniká v rozpustných horninách, jejíž vertikální rozměr daleko převyšuje rozměr horizontální. Propast může končit slepě, ale obvykle ústí do horizontálních, často zvodnělých jeskynních prostor.





Obr. 4.28: Podzemní kras – krasová jeskyně.

1 – vápencové vody jsou často erodovány do škrápů, 2 – povrchové vody tečou do závrtu, 3 – které vedou do hlubokého komínu, 4 – sintrové misky jsou hřebítky vynořené při srážení karbonátu z vířící vody, 5 – stalaktity, 6 – brčka, 7 – stropní dutiny, 8 – stalagmity, 9 – jezírka, 10 – stalagnáty, 11 – záclony, 12 – sifon (tam, kde je tok pod vodní hladinou), 13 – opuštěné chodby, 14 – stalagmity, 15 – stalagmity tvaru jedlové šišky, 16 – excentrické stalaktity, 17 – vody v nejnižších chodbách, 18 – stopy života dávného člověka, 19 – opuštěné vyvěračky, 20 – toky ve vyvěračkách. [9]

#### 4.7 Větrné (eolické) pochody a marinní pochody a tvary jimi vzniklé

Eolické pochody jsou vyvolány větrem. Činnost probíhá ve třech fázích, povrch eroduje, přenáší součásti a akumuluje.

**Procesy způsobené eolickou činností:**

**a) deflace** – odnos volných částic hornin (cca do 1 mm)

**b) koraze a abraze** – obrušování povrchu, vznik hranců – viz obr. 4.29, obr. 4.30



Obr. 4.29, obr. 4.30: Eolické tvary.[17]

**c) transport** – podmíněný turbulencí vzduchu (černá bouře, písečná bouře – viz obr. 4.31, skoky transportovaných zrn – saltace)



Obr. 4.31: Písečná bouře.[19]

**d) eolické sedimentace** – spraše a váté písky

**Spraš** je nevrstevnatý sediment ( $\text{CaCO}_3$ ). Je produktem kryosféry, skládá se z částic o velikosti 0,05 až 0,01 mm. Je významným materiálem jako podorniční vrstva při rekultivacích.

**Sprašové tvary:**

- sprašové návěje na návětrných svazích
- sprašové závěje na závětrných svazích

Pro sprašové tvary je typická sloupcovitá odlučnost – vznik strží a kaňonů. Dosahují na území ČR mocnosti i několika desítek metrů, v Číně až 600 metrů.

**Váté písky** jsou větrem vytřídněné písky z klastických sedimentů nebo zvětralin. Během transportu dochází k zaoblení zrn (matná d'olíčkovaná zrna). Vznikají v aridních oblastech.

**Tvary vátých písků:**

- pokryvy vátých písků – vrstvy zakrývající povrch s mikroreliefem čeřin nebo drobných stružek
- pískové přesypy (duny) – nízké pahorky nebo hřbety (barchany příčné nebo podélné apod.), někdy až pískové hory

Marinní neboli mořské pochody probíhají v oblasti březního pásma. Projevují se zde tzv. faktory, jako je mořská abraze, planace, vznik plošin (teras).

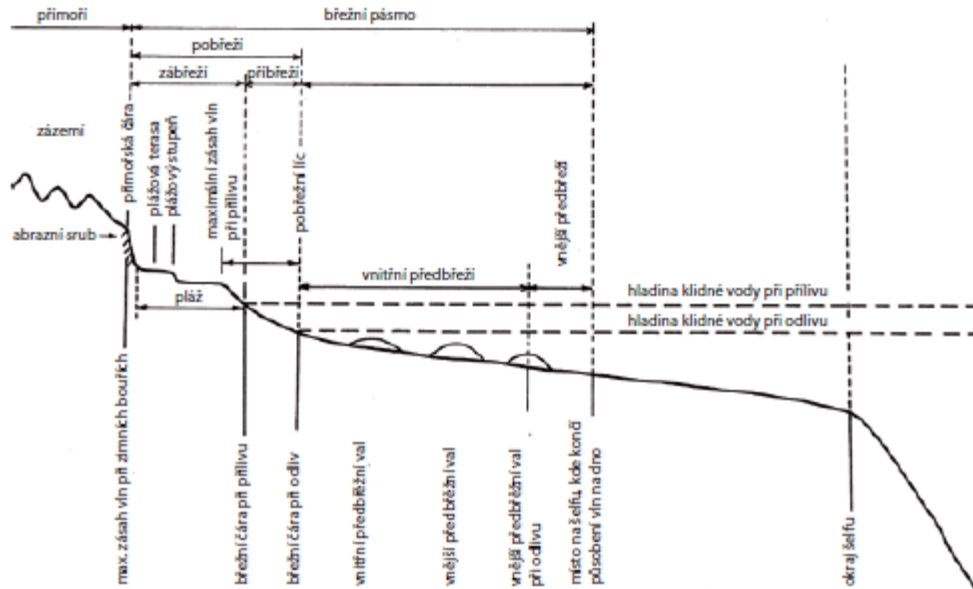
Březní pásmo je území na styku pevniny a oceánu – místo, kde vlny modelují pobřeží a dno.

Hranice březního pásma leží na okraji šelfu.

Dolní část březního pásma se nachází tam, kde končí vliv vln na dno (viz obr. 4.32).

Přímořská čára je čára maximálního zásahu vln při příboji do pevniny.

Přímoří je pruh pevniny nad přímořskou čarou.



Obr. 4.32: Březní pásmo.[18]

V oblasti březního pásma se vyskytují geomorfologické tvary, jako jsou různé **mosty**, **sloupy**, **brány** (viz obr. 4.33)



Obr. 4.33: Marinní tvary, Austrálie, 12 apoštolů. [17]

## 4.8 Kryogenní pochody a tvary jimi vzniklé

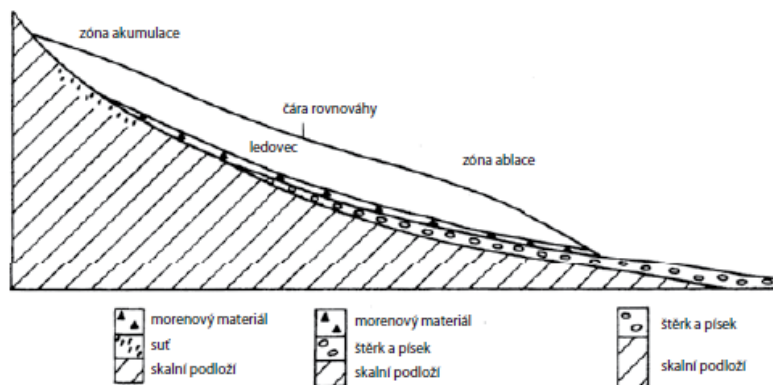
Kryosféra je ta část litosféry ale i hydrosféry a atmosféry, kde převažují záporné hodnoty teplot.

V **kryosféře** se voda vyskytuje v pevné fázi – tedy ve formě sněhu, povrchového a podzemního ledu (nachází se na území, kde jsou průměrné trvalé teploty pod bodem mrazu více než 2 roky) Typickými tvary kryosféry jsou **ledovce**. Ledovce vznikají z firnu nebo z vody mrznoucí přímo na povrchu. Pohyb ledovce je způsoben gravitací a hydrostatickým tlakem. Stříhové napětí záleží na hmotnosti nadložního ledu a sklonu podloží. **Ledovcový kríp (creep)** je přemísťování ledu v ledovci a jeho deformace.

**Bilance ledovce:** Ledovec je otevřený geosystém se vstupem a výstupem hmoty i energie (viz obr. 4.34): Přírůstek ledovce vzniká v horních partiích ze sněhu, firnu a ledu (akumulace).

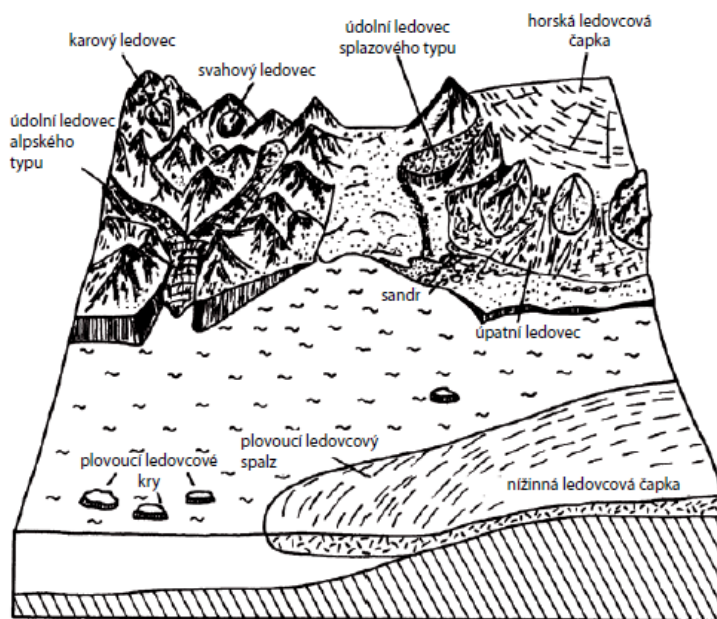
Ve spodní části ledovce dochází k jeho odtávání (ablaci).

Čára rovnováhy se nachází mezi zónou akumulace a ablaci.



Obr. 4.34: Schema vzniku ledovce.[18]

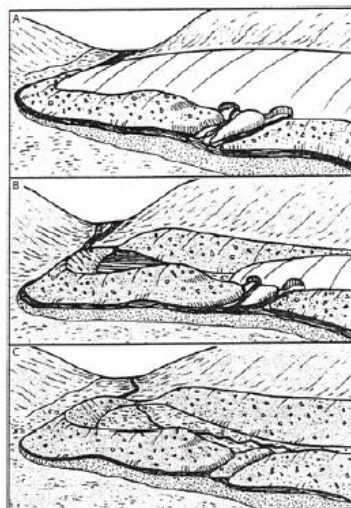
V kryosféře se vyskytuje celá řada typů ledovců (viz obr. 4.35).



Obr. 4.35: Typy ledovců. [18]

- **svahové ledovce** – v depresích na příkrých svazích, vznik ze sněžníků
- **karové ledovce** – vznik v karech (kotlech)
- **údolní ledovce alpského typu** – ledovcový splaz z karového
- **horské ledovcové čapky** – na vrcholech a náhorních plošinách
- **kruhové** – na vrchole
- **úpatní** – na úpatí (ledovcový piedmont)
- **plovoucí ledovcové splazy** – dosah do moře
- **nížinné ledovcové čapky** – nížiny arktických oblastí
- **ledovcové štíty** – Grónsko, Arktida

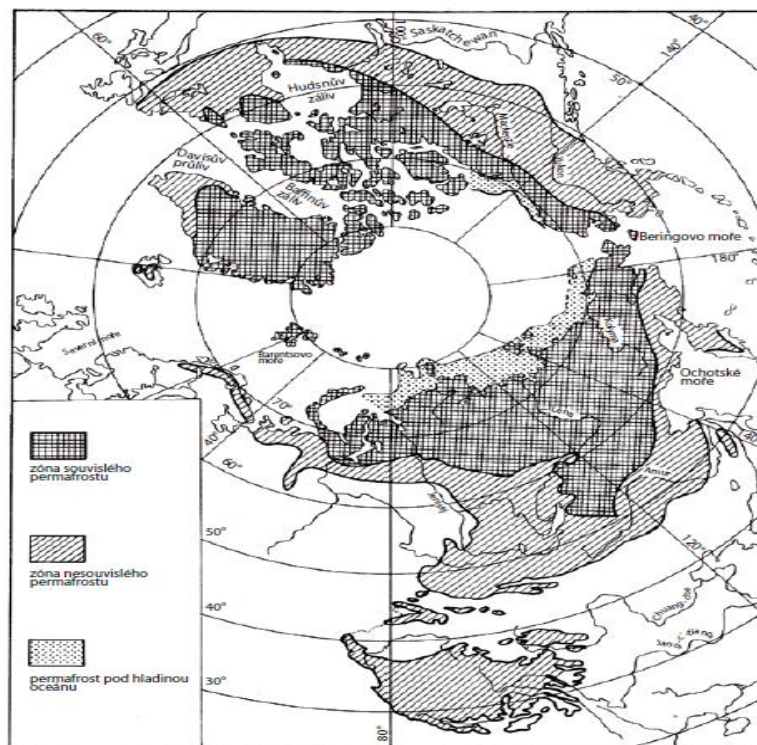
**Ledovcovou akumulaci** vytváří transportované úlomky hornin, které se hromadí jako morénový materiál – tzv. till (viz obr. 4.36)



Obr. 4.36: Morénový val.[9]

**Ledovce** se vyskytují na 10 % plochy Země. Největší ledovcové příkrovy označujeme jako kontinentální ledovce, které existují dva, v Antarktidě a Grónsku. Grónský kontinentální ledovec zaujímá 1 740 tisíc km<sup>2</sup> (80 % území ostrova a má objem 2 800 tisíc km<sup>3</sup>). Průměrná tloušťka ledovce je 1,6 km, uprostřed až 3 km. Území antarktického kontinentálního ledovce zaujímá 13 milionů km<sup>2</sup> a obsahuje 25 milionů km<sup>3</sup> ledu. Led je silný až 4 km. [9]

**Permafrost** je dlouhodobě zmrzlá půda (více než dva roky). Mocnost zmrzlé vrstvy záleží na průměrné roční teplotě.



Obr. 4.37: Mapa geografického rozšíření permafrostu. [9]

### **Geografické rozšíření permafrostu:**

Permafrost se rozkládá na 24 % pevniny. Na severní polokouli – v severní Aljašce dosahuje mocnosti až 650 metrů, na Sibiři až 1 500 metrů. Ve velehorských oblastech, tedy ve Skalistých horách a v Alpách jde o 2% (viz obr. 4.37).

## **4.9 Antropogenní pochody a tvary jimi vzniklé**

**Člověk modeluje georeliéf a vytváří tzv. antropogenní tvary dělí se na nadúrovňové (konvexní), podúrovňové (konkávni), podle kvality to jsou:**

- negativní - narušují přírodní prostředí, např. skládky odpadů, poddolovaná území, odvaly z těžebních činností apod.
- pozitivní – záměrně vybudované pro technické využití (komunikace, parkovací plochy, přehradní hráze apod.)

Další dělení podle druhu využití:

- urbánní – vzniklé při výstavbě sídel (skládky odpadů, sídelní terasy a plošiny)
- komunikační – vytvořené při výstavbě komunikací (zářezy a násypy komunikací, kanály, skládky přebytečného materiálu, runwaye apod.)
- industriální- vzniklé průmyslovou činností (skládky, odvaly průmyslového odpadu, sedimentační nádrže aj.)
- montánní – vytvořené hornickou činností (haldy, deponie, výsypky, poklesové tvary, deprese způsobené poddolováním, pískovny, hlinišť, lomy, povrchové doly apod.)
- agrární – vytvořené zemědělskou činností – terasy, meze, valy, zavodňovací a odvodňovací kanály aj.)
- militární – vytvořené pro vojenské účely (valy, příkopy, opevnění, hradby aj.)
- pobřežní – vytvořené pro ochranu břehů řek, jezer, moří (pobřežní hráze, úpravy vodních toků, umělé ostrovy aj.)

Reliéf Země byl po mnoho stovek milionů let modelován pouze **přírodními exogenními geomorfologickými pochody**. Dynamická rovnováha tohoto reliéfu je tzv. geologická (normální) eroze.

**Člověk** se objevuje cca před 3 mil. léty. A stává se novým činitelem ovlivňujícím georeliéf. Do období neolitu se člověk projevuje minimálně, vliv má prakticky jako ostatní živočichové. Antropogenní vliv se výrazně zvyšuje v počátcích zemědělství.

K největšímu rozmachu dochází v období vědecko-technické revoluce v 18. století. Člověk se stává významným, často rozhodujícím geomorfologickým činitelem. Zásadní antropogenní impakt je těžba nerostných surovin, zvláště povrchová těžba (uhlí a stavebních surovin), (viz obr. 4.38).



*Obr. 4.38: Lom Bílina. [12]*



## 5. Geofyzika obecně, přehled geofyzikálních metod a jejich využití v ŽP

### 5.1 Geofyzika obecně

**Geofyzika** je věda, která se zabývá studiem fyzikálních dějů probíhajících v zemském tělese, tj. ve všech jeho vrstvách, od jádra až po jeho povrch.

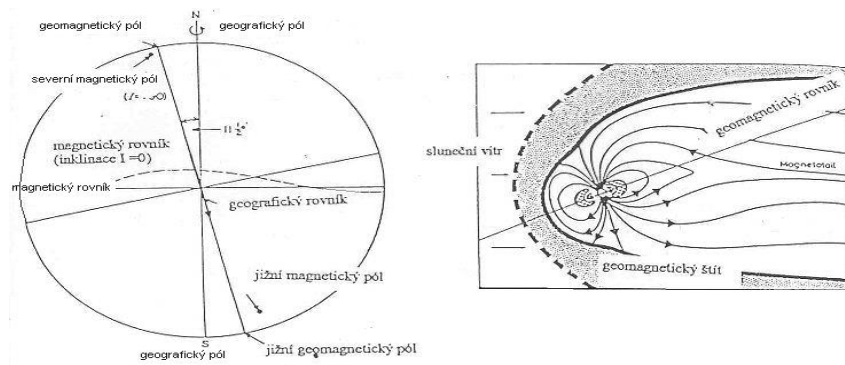
Je metodou fyzikální a vzájemně se doplňuje s dalšími vědami přírodními, zvláště geologickými.

Geofyzikální metody jsou založeny na zkoumání fyzikálních vlastností hornin, a to především těch, jejichž změny se mohou projevit jako anomálie v přirozených nebo geofyzikálních polích, jako jsou tíhové nebo magnetické pole Země.

**Tíhové pole země** – je výslednicí působení přitažlivé síly Země a odstředivé síly vyvolané rotací Země. Odstředivá síla je přímo úměrná poloměru, který je největší na rovníku. Proto je intenzita TÍHOVÉHO POLE nejmenší na rovníku (978 galu) a největší na pólech (983 galu).

**Magnetické pole země** – má charakter magnetického pole na povrchu homogenně magnetizované koule. Osa magnetizace je odchýlena od zemské osy o 11,5 stupně.

Intenzita magnetického pole se mění od 0,4 oerstedu na rovníku do 0,7 oerstedu na magnetických pólech



Obr. 5.1: Magnetické pole Země. [2]

Magnetické pole Země se mění s časem.

- denní a roční periodické variace, způsobené účinky slunečního záření
- sekulární variace patrné jen ve velmi dlouhých časových obdobích
- magnetické poruchy a bouře, výskyt nepravidelně, trvání několik hodin až dní.

Intenzita může dosáhnout značných hodnot.

Geofyzikální metody používají fyzikální vlastnosti hornin, jako jsou **hustota**, **magnetické**, **elektrické jaderné**, **elastické** vlastnosti hornin. [1]

**Hustota** hornin závisí na mineralogickém složení hornin, na její pórovitosti a na látce, která póry vyplňuje (např.: voda, ropa, plyn) (2,55 – 3,20 g.m<sup>3</sup>).

U **vyvřelých hornin** je důležité mineralogické složení, ale i místo vzniku, zda jde o horniny hlubinné, žilné nebo výlevné.

U **sedimentárních hornin** záleží především na pórovitosti. Rozdíly jsou 30-40% a dále na velikosti pórů a stupni i povaze jejich zaplnění.

U **metamorfovaných hornin** závisí hustota na původní (primární) hornině.

**Magnetické** vlastnosti hornin jsou určeny magnetickými vlastnostmi minerálů z nichž se skládají. Horniny feromagnetické mají magnetickou susceptibilitu kladnou, jsou to např. železné rudy. Paramagnetické minerály mají magnetickou susceptibilitu kladnou, ale nižší, jsou to např. pyrit, amfibol, siderit. Susceptibilita záporná je u tzv. diamagnetických hornin, mezi které patří grafit, křemen nebo živec.

**Elektrické** vlastnosti hornin jsou určeny měrným elektrickým odporem (ohm), permitivitou což je dielektrická konstanta a polarizovatelností tj. elektrochemická aktivita. Měrný elektrický odpor závisí na mineralogickém složení, pórovitosti, nasycení vodou, koncentrací roztoků zaplňujících póry, struktuře a textuře. Existují tzv. „vodivé minerály“ jako je galenit, hematit, magnetit nebo pyrit. Mezi „přírodní izolanty“ patří křemen, živec nebo muskovit. Vyvřelé horniny mají měrný odpor většinou vysoký. Naopak u sedimentů je měrný odpor většinou nízký. Elektrické vlastnosti metamorfovaných hornin záleží na primární hornině.

**Jaderné** vlastnosti hornin jsou určovány jejich přirozenou radioaktivitou a chováním k externímu jadernému záření. Přirozená radioaktivita je podmíněna přítomnými radionuklidy, emitujícími záření alfa, beta, gama a neutrony, v přírodě je známo víc než 230 radionuklidů. Radioaktivita se nejčastěji měří na aktivitě GAMA záření, kterou ovlivňují především URAN a THORIUM se svými produkty rozpadu a DRASLÍK. Největší radioaktivitu mají horniny kyselé např. žula, granodiority, syenity, jíly, jílovce, ortoruly a migmatity. Nejmenší radioaktivitu mají horniny bazické a ultrabazické např. čediče, gabra, peridotity, vápence, dolomity, křemence, amfibolity a serpentinity. Interakce záření externího zdroje s horninami závisí na povaze zdroje a na složení hornin.

**Elastické** vlastnosti hornin a jejich hustota mají vliv na rychlosti šíření seismických vln. Více jsou využívány vlny podélné (Vp), jejichž rychlost závisí na mineralogickém složení, pórovitosti, hloubce jejich uložení, stáří a stupni přeměny. [1]

### **Přehled geofyzikálních metod**

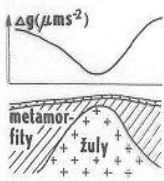
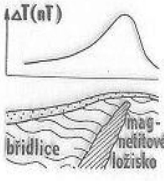
Hlavní geofyzikální metody jsou **gravimetrie**, **magnetometrie** (viz obr. 5.2), **geoelektrické metody** (viz obr. 5.3), **užitá seismika**, **radiometrie** a **metody jaderné geofyziky**, **geotermický průzkum**, **karotáž** což je geofyzikální měření ve vrtech. [2]

**Gravimetrie** – je geofyzikální metoda, která je založena na měření změn tíhového pole Země a objemové hmotnosti hornin (hustoty horninového prostředí). Její použití v životním prostředí je např. vyhledávání tektoniky, porušených zón a dutin, mapování reliéfu skalního podloží hlavně zjišťování rozhraní hustotně odlišných horninových prostředí.

**Magnetometrie** je geofyzikální metoda, které je založena na měření totálního vektoru magnetického pole Země, jeho horizontálních (H) a vertikálních (Z) složek a jejich gradientů, deklinace, inklinace magnetické susceptibility (schopnost stát se v magnetickém poli

magnetickým) a remanentní magnetizace (trvání magnetizace feromagnetického materiálu, po klesnutí intenzity magnetického pole)-zbytková.

Použití v životním prostředí je např. vymezení magnetických geologických těles, rozlišení magnetických a nemagnetických geologických těles (výplně pánví), tektonické poruchy atd.

M E T O D A zobrazení	měřené veličina sledovaný parametr pracnost metody	hlavní zdroj anomálií hloubkový dosah	P O U Ž Í T Í	
			nepřímé	přímé
GRAVIMETRICKÁ pozemní, vrtní, mořská, družicová 	tíhové zrychlení $g$ , $10 \mu\text{ms}^{-2} = 1 \text{ mgl}$ měrná hmotnost $\delta$ (hustota) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ , $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ středně pracná metoda	hustotní diferenciace vyvěřelých a metamorfovaných hornin, pórovitost sedimentů a tektonicky oslabených hornin  stovky metrů	vymezení rozsahu sediment. pánví, reliéfu žul při vyhledávání Sn-W mineralizace, upřesnění struktury rudních polí	maxima nad velkými tělesy železných a polymetalických rud, minima nad solnými při
MAGNETOMETRICKÁ pozemní, vrtní, letecká, mořská, družicová 	magnetická indukce $B$ $1 \text{ nT} = 1 \mu\text{G} = 10^{-5} \text{ Oe}$ magnetická susceptibilita $\approx 10^{-5}$ (SI) rychlá levná metoda	feromagnetické minerály v horninách  stovky metrů	reliéf krystalinika v podloží sediment. pánví, bazaltické horniny nadějně na Ni-Cu rudy, vulkanicko-sedimentární komplexy nadějně na polymetalické rudy	ložiska železných a polymetalických rud, kimberlitové diamantonosné sopouchy

Obr. č. 5.2: Příklady gravimetrických a magnetometrických metod. [20]

**Geoelektrické metody** zkoumají v horninovém prostředí elektromagnetická pole umělého i přirozeného původu. Průběh a charakter závisí na elektromagnetických vlastnostech (EM). Elektromagnetické vlastnosti jsou: Měrný elektrický odpor (ohm), permitivita (dielektrická vlastnost), a polarizovatelnost (elektrochemická aktivita).

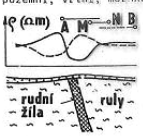
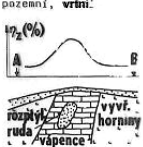
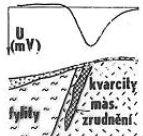
Dílčí geoelektrické metody jsou např. následující:

**Odporové**, kde se měří napětí mezi dvěma elektrodami.

Metody **elektromagnetické**, které využívají jevu indukce, zavedení střídavého proudu do cívky na povrchu země.

Metody **elektrochemické** využívají přirozený elektrický potenciál horninového prostředí např. metoda spontánní polarizace.

V životním prostředí je využíván filtrační potenciál vznikající při pohybu podzemní vody porézním prostředím např. kontaminované vody, podzemní vody a jílovité částice.

<p>ODPOROVÁ profilování a sondování, pozemní, vrtní, mořská</p> 	<p>napětí (<math>\rho</math>) a proud (<math>I</math>) měrný odpor <math>\rho</math> (<math>\Omega \cdot m</math>) měrná vodivost (<math>S m^{-1}</math>) pracnost roste s hloubkovým dosahem</p>	<p>kompaktní, vyvělelé a metamorfované horniny (vysoké odpory), porézní sedimenty a tektonicky porušené horniny (nízké odpory), vysoce vodivé minerály (velmi nízké odpory)</p> <p>stovky metrů</p>	<p>mocnost výplně sedimentárních pánví, struktura rudních polí, vulkanickosedimentární komplexy, nadějně na polymetalické rudy, zóny uranové mineralizace</p>	<p>masivní sulfidy, žily křemene, jily, solné pně, kompaktní kámen</p>
<p>VYZVANÉ POLARIZACE pozemní, vrtní:</p> 	<p>napětí při zapnutém a vypnutém proudovém (mV), proud (mA) polarizovatelnost (%) pracnost roste s hloubkovým dosahem</p>	<p>vodivé minerály, masivní i vtroušené</p> <p>stovky metrů</p>	<p>všechny typy mineralizací, provázené sulfidy (Zn, Sn, Au, Ag)</p>	<p>porfyrové mědi rudy, polymetalické rudy, grafit</p>
<p>SPONTÁNNÍ POLARIZACE pozemní, vrtní</p> 	<p>potenciál spontánního pole (mV) elektrochemická aktivita, vodivost rychlá levná metoda</p>	<p>sulfidy s vodivé propojenou strukturou, ftrice a difuze vodných roztoků</p> <p>50 až 70 m</p>	<p>pyritizovaná a grafitizovaná souvrství, na něž je vázaná mineralizace (polymetaly, Au), sulfidy doprovázející Sn, Co, Au, Ag</p>	<p>masivní mineralizace polymetalů pyritu, grafitu</p>

Obr. 5.3: Geoelektrické metody. [2]

**Užitá seismika** využívá uměle vyvolané vlny, jako jsou odpaly náloží nebo údery vibrátorů. Měří se vlny P (podélné). Ty se při průchodu horninovým prostředím na odlišných geologických rozhraních různě **odráží a lámou**.

Registrace seismických vln při jejich návratu na zemský povrch umožňuje pozdější určení polohy jednotlivých rozhraní a vlastností hornin, kterými vlny procházely.

Seismické aparatury, **geofony** registrují elektrické kmity, a ty které jsou digitálně zpracovávány.

Rychlost seismických vln ( $v$ ), vyjadřuje stupeň kompaktnosti.

Metody mohou být reflexní tj. odražených vln, nebo refrakční tj. lomených vln.

V životním prostředí se seismické metody využívají k vyhledávání ropy a zemního plynu nebo mocnosti pokryvných útvarů, jejich zvodnění, skalní podklad (důležité při zakládání staveb), ekologická bezpečnost skládek odpadů na povrchu i pod ním, svahové pohyby atd.

### **Radiometrie a metody jaderné geofyziky (radionuklidové metody)**

Radionuklidové metody využívají **přeměny jader atomu, jaderného záření a jeho působení na hmotu**.

**Radiometrie** – se zabývá přirozenou radioaktivitou hornin. Umožňuje kvalitativní a kvantitativní stanovení přirozených radioaktivních prvků v horninách, ve vodách i ve vzduchu.

**Jaderná geofyzika** – se zabývá vybuzenými poli jaderného záření. Její metody využívají působení umělých zdrojů jaderného záření na zkoumané geologické objekty, umožňuje stanovení obsahů chemických prvků v horninách a fyzikální vlastnosti hornin.

V životním prostředí se využívá radioaktivita přírodního prostředí, stanovení radioaktivity stavebních hmot při stanovení radonového rizika z geologického podloží obytných budov a uvnitř budov.

### **Geotermický průzkum**

Geotermické metody zkoumají **teplotní** a **tepelné pole** země a způsoby přenosu tepla v zemském tělese. **Teplotní pole** je dáno rozložením teplot a **tepelné pole** je dáno tokem tepelné energie.

**Geotermický gradient** je přírůstek teploty směrem do hloubky v průměru 30 °C na km<sup>-1</sup>.

Předpoklad teploty v zemském jádře nepřesahuje 5-6 tis. stupňů C. (poloměr planety - 6 378 km).

Nejvíce používaná je fotografická metoda, což je **multispektrální tepelné snímkování země**. Geotermický průzkum se v životním prostředí využívá při zjišťování **chemického** a **biologického** znečištění vodních toků a ploch, půdní vlhkosti, oblasti porostů napadených škůdci, oblasti trvale zmrzlé půdy, mořských proudů, úniků tepla ze sídlišť, nebo průmyslových aglomerací.

### **Karotáž – geofyzikální měření ve vrtech**

Karotážní metody aplikují dříve uvedené metody na měření ve vrtech. Upřesňují geologický profil vrtu, zjišťují fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin, poruchová pásma, tepelný režim ve vrtech a filtrační vlastnosti hornin. Určují místa přítoku a odtoků vody do vrtu. Výhoda karotáže je téměř bezprostřední styk měřicího elementu s proměřovaným prostředím.

## **5.2 Aplikovaná geofyzika – geofyzikální metody a jejich využití v ŽP**

Úloha geofyzikálních metod v problematice ochrany životního prostředí stále roste. Slovo geofyzika poprvé použil Švýcar Julius Fröbel v roce 1834. Pojem jako takový zavedl až v roce 1850 německý geolog Carl Friedrich Naumann, když geofyziku definoval jako jednu ze tří částí "geologie zemského tělesa". **Geofyzika**, jako samostatný obor, byla oddělena od geologických věd v 30 letech 20 století.[1]

Geofyzikální metody jsou využívány ve třech základních okruzích týkajících se životního prostředí. Je to:

- I. Hydrosféra, litosféra, nerostné zdroje, skládky.**
- II. Inženýrsko – geologická problematika.**
- III. Vliv a dopad geofyzikálních polí na živé organizmy a ŽP.**

### **I. Hydrosféra, litosféra nerostné zdroje, skládky. [1]**

Ve složce životního prostředí v hydrosféře se jedná o

- I. a) ochranu podzemních vod
- I. b) ochranu povrchových vod a nádrží.

#### **a.) Ochrana podzemních vod.**

Ochranná pásma zdrojů podzemních vod, zabezpečení rizikových objektů, nutné zjištění jejich geologické stavby a hydrogeologických poměrů (rozsah zvodněných vrstev-kolektorů, geoelektrické metody a strukturně – tektonické poměry, seismické, příp.

gravimetrické metody). Měrný elektrický odpor (nasycenost vody, jílovité a písčité složky). Průzkum lokalit, kde došlo ke znečištění (bodové, lokální zdroje kontaminace). Předpokladem pro využití geofyzikální metod (GM) je výrazný kontrast ve fyzikálních vlastnostech kontaminované zóny a okolního prostředí. Změny v chemickém složení se projevují zřetelně v elektrických parametrech, měrné vodivosti a permitivitě. Kontaminanty organické a anorganické. Anorganické (kyseliny, louhy, rozpustné soli) jsou elektrolyty. Organické jsou velmi slabé.

Pro výběr geofyzikálních metod platí obecná kritéria:

- Typ hydrogeologické struktury (průlomová, puklinová, krasová), na typu znečištění (průmyslové, ropné, tepelné, chemické, radioaktivní apod.) a na hloubkovém dosahu, rozlišovací schopnosti a ceně.
- Minimální náklady na maximální účinnosti (ekonomické hledisko) – nejčastěji používané metody geoelektrické – odporová metoda v různých modifikacích, elektromagnetické profilové metody a spontánní a vyzvané polarizace.

Karotážní metody – ve spolupráci s geologií a vrtnými pracemi zjišťují:

- četnost, mocnost a hloubkové pozice vodonosných poloh (akvifer)
- pórovitost, jílovitost, koeficient filtrace akvifer
- teplotu, průzračnost, měrnou vodivost, stupeň znečištění podzemní vody
- pohyb vody, místa přítoků a ztrát
- místa výskytu polutantů v souvrství

#### **b.) Ochrana povrchových vod a nádrží.**

- GM již jako prevence, zabezpečení rizikových objektů. Zjišťují hladinu spodní vody, mocnost a charakter krycích vrstev, propustnost, pomáhají stanovit ochranná pásma atd.
- Při kontaminaci jsou hlavně zjišťování geologických poměrů (mocnost kvartéru, stupeň porušení skalního podkladu – geoelektrické metody.
- V pevné (kamenné složce) životního prostředí v litosféře geofyzikální metody studují a chrání půdu, území postižená svahovými deformacemi, vliv poruchových zón na ŽP, ochranu a racionální těžbu neobnovitelných přírodních surovinových zdrojů.

#### **c.) Ochrana půd.**

- GM mapují půdní horizont podle textury a obsahu vody. Na vrstevních rozhraních dochází ke změně v elektrických parametrech (elektrická vodivost a permitivita) – georadar.
- Obsah vody v půdě význam pro meliorační závlahy nebo odvodňování nebo hydrologie např. bilance odtoku, odpařování a infiltrace dešťových srážek. Elektrické metody, TDR – time – domain reflectometry. Dvě elektrody.
- Textura a salinita půd.  
Parametry, podle kterých zjišťujeme propustnost půdy, druhý faktor ovlivňuje chemicko-biologické procesy v půdě.  
Elektrické odporové metody jsou používány v případě zemin jílovitějších, písčitéjších a s vyšší koncentrací solí.

- Kontaminace půd hlavně velkého rozsahu ropnými látkami, geofyzikální metody jsou ve stadiu výzkumu.

#### **d.) Území postižená svahovými deformacemi.**

- GM – identifikace sesuvu, případně dělení tělesa sesuvu na dílčí sesuvy je založená na rozdílu fyzikálních vlastností málo porušeného až neporušeného podloží a vlastního tělesa sesuvu, který je většinou tvořen zvětřalými a rozvolněnými horninami.
- Monitorování sesuvu, kde je trvale aktivní, jako prevenci a včasné avízo, jako ochranu staveb.
- GM nevyžaduje mechanický zásah do studovaného prostředí, práce probíhají rychle a jsou levné. Provádí se i preventivně nad výchozem smykové plochy v jeho odlučné oblasti.
- Používané GM: karotáž, geoelektrické metody, elektromagnetická – georadar.

#### **e.) Vliv poruchových zón na ŽP.**

- Poruchové zóny globální, které jsou na rozhraní litosférických desek, jsou s nimi spojeny katastrofické jevy – zemětřesení, vulkanismus, tsunami.  
Použité metody seismologie, gravimetrie, magnetometrie, geotermika.
- Poruchové zóny nižších řádů, jako jsou zlomy, pukliny, praskliny, patrné z tíhových map, anomálie tíhového pole. Zde se uplatňují geoelektrické metody, půdní manometrie, měření radioaktivních emanací, které se v poruchových zónách více uvolňují.
- Atmogeochemické metody – merkurometrie, analýza půdního vzduchu, později přípoверхového vzduchu nad poruchovými zónami, (např. oherský zlom).

#### **f.) Ochrana a racionální těžba neobnovitelných přírodních surovinových zdrojů.**

- GM jsou důležité již při průzkumu. Dále při ekonomické a bezpečné těžbě, sledování nadložních zemín, nebo lokalizace sloje v předpolí těžby.
- Sledování stability výsypek. Průzkum ložisek nafty a zemního plynu (seismologie).
- Stavební suroviny - odlišení méně kvalitních částí ložiska. Poruchové partie u dekoračních kamenů. Štěrkopísky a písky – hladina spodní vody.
- Skládky odpadů tvoří samostatný obor při využívání geofyzikálních metod.

#### **Skládky komunálního a průmyslového odpadu**

GM geologický průzkum pro skládky nové a sanace skládek starých. Hlavně ochrana před kontaminací spodní vody.

- důležité prověřit geologickou stavbu vlastního podloží a jejího okolí
- charakter propustnosti hornin.

Průzkum nové lokality, průzkum širšího území, později detail.

Průzkum stávajících skládek je zaměřen na průnik vodních výluhů do podloží a pohyb podzemních vod (směr, rychlost). Předpoklad pro úspěšnou sanaci.

Úspěch GM závisí na rozdílných fyzikálních vlastnostech prostředí. Existují vybrané fyzikální veličiny běžných materiálů TKO. Měrný odpor, rychlost seis. podél. vln, objemová hustota, horizontální gradient magnetického pole.

GM pro řešení standardních problémů se používají geoelektrické, magnetometrické a mělká refrakční seismika.

Pohřbené skládky je možné identifikovat pomocí GM, gravimetrie, seismiky, případně radiometrie je možné stanovit:

- Mocnost a tvar skládky, zhodnotit materiálové složení a strukturu tělesa
- Studovat pohyb kontaminantů ve skládce a jejím okolí.
- Určit charakter podloží skládky
- Speciální problémy – teplotní nehomogenity (hnojící předměty), kovové předměty (barely, kontejnery s toxickými látkami), radioaktivní odpad (radionuklidové metody) atd. [1]

## **II. Inženýrsko – geologická problematika. [1]**

### **a) Kvalita základových půd a stupeň porušení horninového masivu.**

Používané GM: geoelektrické (odporové) a mělká refrakční seismika.

Z obecného hlediska se dá vztah některých geologických vlastností půdního nebo horninového materiálu k jeho fyzikálním projevům vyjádřit následovně:[1]

- 1.) se vzrůstající kompaktností materiálu vzrůstá obvykle i jeho měrný odpor, objemová hustota a rychlost šíření seismických vln, při jeho zvýšeném porušení (zvětráním, tektonicky) se hodnoty uvedených parametrů snižují.
- 2.) vzrůst pórovitosti v suchém materiálu vede ke zvýšení měrného odporu a poklesu jak seismických vln, tak i objemové hustoty
- 3.) vzrůst pórovitosti zvodnělého materiálu vede rovněž k poklesu rychlosti šíření seismických vln, hodnoty objemové hustoty, ale i měrného odporu (na rozdíl od předchozího)
- 4.) zvětšení jílovitosti půd se projevuje spolehlivě pouze snížením měrného odporu.



<b>Řešení úkoly</b>	<b>Vhodné geofyzikální metody</b>
---------------------	-----------------------------------

### ZJIŠŤOVÁNÍ GEOLOGICKÉ CHARAKTERISTIKY ÚZEMÍ

rozčlenění horninových typů	odporové profilování, VES radiolokační metoda
zjišťování hloubky zvětrání	VES, refrakční seismika, radiolokační metoda
vymezení zón porušení	odporové profilování metoda VDV

### ZJIŠŤOVÁNÍ FYZIKÁLNÉ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ ZÁKLADOVÉ PŮDY

studium anizotropie masivu	VES a odporové profilování při paprscitých profilech, MRS
určování pevnostních a přetvárných charakteristik	MRS a akustická karotáž
rozpojitelnost hornin	MRS v kombinaci s VES, akust. Karotáž s odporovou karotáží

### ZJIŠŤOVÁNÍ HYDROGEOLOGICKÝCH POMĚRŮ ÚZEMÍ

zjišťování hladiny podzemní vody	MRS, VES, metoda VP
zjištění směru a rychlosti jejího proudění	metoda nabitého tělesa, metody nálevu a ředění označené kapaliny
zjištění agresivity půdy	odporové profilování, metoda SP

### SPECIÁLNÍ PRÁCE

vyhledávání kaveren a podzemních dutin	hlavně gravimetrie a metoda radiolokační
vyhledávání produktovodů, kabelů a kovových předmětů	magnetometre, geoelektrické metody
prognóza důsledků důlní činnosti	opakovaná seismická a odporová měření, geoakustická měření

*Tab. 5.1: Geofyzikální metody pro průzkum základových půd. „VES“ = geoelektrická metoda využívá velké proměnlivosti v odporu v oblasti svahových deformací, „MRS“ = geoelektrická metoda zjišťuje vnitřní rozhraní v tělese sesuvu, „VP“ = vyzvaná polarizace, „SP“ = spontánní polarizace.[4]*

#### **b) Vyhledávání a lokalizace podzemních dutin.**

Dutiny přírodní – v krasových oblastech – jeskyně, chodby, propasti

Dutiny umělé – šachty, štoly, vytěžené prostory, kolektory, kryty, bunkry, tunely, dále podzemní chodby, sklepy, staré hroby a krypty.

Používané GM: gravimetrie, geoelektrika (radar, odporové met.)

### c) Vyhledávání inženýrských sítí a kovových předmětů

Prasklá potrubí, nádrže, stará munice, sudy s toxickým materiálem, kontaminace podzemní vody, ohrožení lidských životů atd.

GM: geoelektrické (georadar), magnetometrické, vysoká elektrická vodivost, feromagnetické vlastnosti.

### d) Stanovení zemětřeseného rizika velké stavby:

Jde např. o jaderné elektrárny, uložště jaderného odpadu, skládky toxických odpadů atd. v oblastech i s malou seismicitou.

V oblasti s velkou seismicitou o všechny stavby.

Průzkumy se provádí jak pro vyhledávání vhodných lokalit pro umístění stavby, tak monitoring během provozu např. jaderných elektráren jako součást jejich bezpečnostně počítačové ochrany.

### e) Radioaktivita hornin a stavebních materiálů, radonové riziko.

Radiometrická mapa ČR měř. 1:500 000 vytvořená na základě měření radioaktivity hornin (mapa viz kapitola č. 3. Geologická nebezpečí, str. 42: Mapa radonového rizika).

- Radioaktivita stavebních surovin je zjišťována terénní a laboratorní gama spektrometrií. Jde o škváry, strusky, popílky, vzniklé spálením uhlí.

- Radonové riziko ze základových půd se zjišťuje měřením půdního vzduchu a propustnosti hornin pro plyny pomocí přenosných detektorů radonu (záření alfa radonu).

Radonový index pozemku (RIP)	Objemová aktivita <sup>222</sup> Rn v půdním vzduchu III.kvartil [kBq/m <sup>3</sup> ]		
NÍZKÝ	< 30	< 20	< 10
STŘEDNÍ	30 - 100	20 - 70	10 - 30
VYSOKÝ	> 100	> 70	> 30
Plynopropustnost zemin	NÍZKÁ	STŘEDNÍ	VYSOKÁ

Obr. 5.4: Radonový index. [55]

- Radon v bytě – pro novou výstavbu 100 Bq.m<sup>3</sup>, pro starou 200 Bq.m<sup>3</sup>

Měření detektory (střední expozice 7 – 10 dnů nebo stopové detektory 1 rok)

- Jaderný spad – radionuklidy při jaderných výbuších a haváriích jad. reaktorů

GM – gama spektrometrie, jednotky plošné Bq . m<sup>-2</sup>,

Radionuklid s dlouhým poločasem přeměny <sup>137</sup>Cs (T = 30 roků)

v roce 1986 v ČR více než 100 Bq . m<sup>-2</sup>

v roce 1995 v ČR do 30 Bq . m<sup>-2</sup>

### f) Agresivita a korozivita půd a zemin s ohledem na stavbu produktovodů, úniky z produktovodů.

Stanovení půdní agresivity pro nové i stávající stavby (korozivní ohrožení)

Agresivita se stanovuje, korozním průzkumem určují se parametry:

- geofyzikální (měrný odpor prostředí a podzemních vod, intenzita bludných proudů)
- fyzikálně – chemické (pH faktor, redox – potenciál)
- chemická (obsah chemických prvků ve vodě a v horninách)
- geologické (tektonika podél trasy, litologické složení prostředí, mineralizace a hloubka spodní vody)

GM – vertikální elektrické sondování, odporové profilování, dipolové elektromagnetické profilování, metoda velmi dlouhých vln a spontánní polarizace.

**g) Vyhledávání podpovrchových archeologických objektů s ohledem na jejich včasnou záchranu.**

GM, zkoumající podpovrchové nehomogenity. Racionalizuje práci archeologů. Mohou se zaměřit rovnou na zjištěné anomálie.

GM – magnetometre, elektrické odporové profilování.

Objekt průzkumu	Elektrické			El - magnetické	GPR	DTK	MRS	GRA	TM
	MAG	OP	VES	EMP					
<u>OTEVŘENÁ SÍDLIŠTĚ</u>									
zemnice, polozemnice	x	+		+		+			+
jámy, hliníky	x	+		+		+			+
ohniště, pece	x					+			+
zdivo cihelné	x	x	+	x	x	+	x		+
zdivo kamenné	+	x	+	x	x		x	+	+
cesty dlážděné	+	x	+	x	+		+		
<u>OPEVNĚNÍ</u>									
příkopy	x	x	x	x	+		+	+	
zemní náspy, valy	+	x	x	x			+		
dřevohliné valy	x	+	+	+			+		+
hradby kamenné	+	x	+	x	x		x	x	+
<u>POHŘEBIŠTĚ</u>									
plochá,									
hroby kostrové, žárové	x	+		+		+			
mohylníky konstr. žárové	+	x	+	x	+				
hrobky kamenné, cihlové	+	x	+	x	x	+	+	x	x
<u>EXPLOATAČNÍ CENTRA</u>									
šachtice, šachty	+	x	x	x	+		x	x	x
štoly, chodby		x	x	x	+		+	x	x
rýžoviště	+	x	x	x			+		
<u>VÝROBNÍ OBJEKTY</u>									
železářské pece	x						+		+
hrnčířské pece	x						+		+
pece, ohniště nespecifik.	x						+		+
<u>JINÉ OBJEKTY</u>									
depoty, skládky	x					+			
sklepení, jeskyně		x	+	x	x		+	x	x
<u>KOVOVÉ PŘEDMĚTY</u>									
ze železa	x						x		
z bronzu, Cu, Sn, Ag, Au							x		

Tab. 5.2: Průzkumné metody pro vyhledávání archeologických objektů (volně dle Haška, 1990); x hlavní, velmi často efektivní metoda, + metoda efektivní občas, za specifických podmínek, „OP“=odporové profilování, „EMP“ = elektromagnetické profilování, „GPR“= georadarová metoda, „MRS“=mělká refrakční seismika, „MAG“=magnetometrie, „TM“=termická metoda, „GRA“=georadarová metoda. [4]

### III. Vliv a dopad geofyzikálních polí na živé organismy a životní prostředí.

Fyzikální, popřípadě fyzikálně chemická pole jsou přirozená (generovaná v samotné Zemi i v mimozemském prostředí) a umělá.

Vliv těchto polí může být – příznivý, nepříznivý a neutrální. Negativní dopad na člověka je nebezpečný protože nepocítuje bezprostředně jejich účinky s výjimkou viditelného spektra elektromagnetického pole, nebo seismické pole.

**a) Elektromagnetická pole přirozená (zdroj mimozemský i zemský)** organizmy si již zvykly.

Např. mimozemské rentgenové, gama, ultrafialové, infračervené.

Např. vysokofrekvenční pole zemského původu, spojené s povětrnostními frontami může mít významný vliv na: úmrtnost, porodnost, dopravní nehody, průmyslové havárie.

- Elektromagnetická pole umělá (zdroj pozemský – antropogenní) např. vysoké napětí, rozhlasové a televizní vysílače (ochranné zóny podle normy).

Názory na úmrtnost např.: vznik zhoubných nádorů je ve vztahu k těmto polím rozdílná. Neexistují relevantní odborné výzkumy a statistická hodnocení.

**b) Elektrická pole přirozená – vázána na geologické struktury, nebo atmosférická elektrina.**

El. pole umělá – elektrostatické pole a pole v blízkosti nízkofrekvenčních vedení.

Životní procesy potřebují určitou intenzitu (ne málo, ale ani ne moc).

Nejednotnost v názoru na vznik nádorových onemocnění.

**c) Magnetická pole – dopad na živé organizmy** může být neutrální, pozitivní (využívaný v magnetoterapii – kožní a nervová onemocnění) nebo negativní (na centrální nervovou soustavu, žlázy, sekreci, dýchání, imunitní a kostní systém).

Přirozená magnetická pole – heliogeofyzikální faktory (magnetické bouře, sluneční aktivita – epidemie chřipek a vzrůst srdečně-cévních onemocnění, dopravní nehodovost),

Vlastní magnetické pole Země, základ pro navigační schopnosti žraloků, rejnoků a stěhovavých ptáků, narušeno změnami pole.

Umělá mag. pole (např. elektromagnetů v průmyslu) někdy překročena intenzita přirozených polí. Je hlídáno normami.

**d) Pole jaderného záření.** Zdroje radioaktivity, kterým je člověk vystaven jsou: přírodní a umělé.

Přírodní záření zahrnují kosmické záření a přírodní radionuklidy v horninách, hydrosféře a atmosféře.

Umělé zdroje jaderného záření jsou radon z důlní činnosti, akumulace a disperze radioaktivních prvků s popelovinami, z provozu elektráren na fosilní paliva, radon a zevní ozáření z jaderných elektráren, zkoušky jaderných zbraní, jaderný spad (Cs, Ru, I, Rh, Nb, Ta aj.)

Radiační zátěž – roční zátěž záření na lidský organizmus.

Kontaminace zemského povrchu – následek zevního ozáření populace a vzestup radionuklidů do potravinového řetězce.

**e) Seismická pole přirozená mají pozemský původ a projev je zemětřesení (aktivní zóny)**

Umělá seismická pole – jaderné exploze, důlní činnost, odstřely v povrchových těžebních.

**f) Vliv fyzikálních polí na dopravní nehodovost.**

Experimentálně zkoumána závislost porušení geomagnetického pole (pulzace) na nehodovost (střídání hornin s různými magnetickými vlastnostmi, negativně ovlivňuje psychofyziologické stavy řidičů).

**g) Dopad geofyzikálních faktorů na zdravotní stav člověka.**

Úmrtnost lidská (novotvary průdušek a plic) v souvislosti s tektonicky porušenými zónami.

Příčiny, fyzikálně – chemické, prvky transportované z hlubších geologických struktur na zemský povrch poruchovými zónami.

**h) Fundamentální záření hmot, je forma hmoty, stejně jako pohyb, čas, prostor.**

Hmotné těleso má obecné vlastnosti: eliminovat vlastní záření, absorbovat záření z okolí, propouštět záření a odrážet záření.

Záření má vlnovou podstatu a vlnění je proto jen jiný projev existence hmoty.

Záření je hmotné povahy a vlastní – fundamentální záření je součástí hmoty.

Hmota a její fundamentální záření tvoří vždy celek.

Mentiony, jako nejmenší částičky hmoty, Aura-záře, kolem živých organizmů, korona kolem hmot neživých.

Autografie a elektrografie hmot na filmu (expozice 24 hod., prokresleno).

Změny struktury a vlastnosti lidské aury, která je dílem řídicího psychoenergetického systému, lze zjišťovat patologické stavy a využívat je ke včasnému stanovení diagnózy.

## 6. Geochemie

### 6.1 Geochemie obecně

Geochemie je věda, která vznikla spojením geologie a chemie. Studuje historii chemických prvků v zemské kůře a jejich chování v rozličných termodynamických a fyzikálně chemických přírodních podmínkách. Je chemií Země a pojednává o rozmístění a migraci chemických prvků v Zemi. Je také vědou integrační v mnoha aspektech mezi ostatními přírodními a matematicko-fyzikálními vědami. Toto postavení hraje důležitou roli při řešení komplexních a společensky významných úkolů.

Přírodní síly a lidská činnost působí neustálý koloběh hmoty. Každý přírodní proces, každá činnost živých organismů i každá lidská aktivita, je vždy spojena s přenosem látek a energie. Život je závislý na příjmu kyslíku a potravy a na odstraňování odpadních látek. Každá technologie, každá výroba, zemědělství, doprava, vede nevyhnutelně k výměně látek a energie. Všechny takové jevy můžeme spojit jednotným hlediskem výzkumu metabolických procesů, zkoumání koloběhu v přírodě. Toto studium je součástí dnešní geochemie, jež se zabývá přírodními energomateriálovými toky, ale též toky ovlivněnými nebo vyvolanými lidmi. [29]

#### Historický vývoj a cíle geochemie

Geochemický přístup ke geologii se projevuje u geologů a horníků již v 18. a 19. století.

Geochemie se stává samostatným oborem až po roce 1945. Vyvíjí se z oboru geologie rud a studuje hydrotermální procesy. V 50. letech se zaměřuje na stopové prvky (In, Se, V, Be, Nb, Ta) v uhlí (Ge, Be a Ti). Významnou roli hraje půdní prospekce a následné vyhledávání ložisek. Dalším úkolem geochemie je speciálně zaměřený hydrogeologický a geologický průzkum pro specifikaci ochranných pásem lázní. Určováním stáří hornin je geochronologie (např. radiouhlíkové datování), nebo geochemie izotopů. Geochemie staví na fyzikálněchemických základech, na podstatě geochemických procesů v litosféře, hydrosféře, biosféře a atmosféře. Studuje i geochemický vývoj v rámci naší Galaxie. Podstata všech geochemických jevů jsou **fyzikálně chemické a biochemické procesy**, které určují **chování hmoty v přírodě** a mění fyzikální a chemický stav **Země**. Změny teploty, tlaku a chemického složení Země způsobují přeměnu látek. Zánik jednoho typu sloučeniny a vzniku nové např. změna magmatické horniny v jílové minerály. Tyto změny způsobují také pohyb hmoty (chem. složek) z jedné části horninového prostředí do jiné, např. difuze chemických složek tokem z míst s vyšším energetickým potenciálem do místa s nižším energetickým potenciálem. Geochemie studuje vlastnosti prvků a látek v přírodě, energetické a chemické rozdíly v horninovém prostředí a rychlost geochemických změn. Geochemie se zabývá koloběhem hmoty v přírodě a přírodními energomateriálovými toky a výzkumem životního prostředí obecně.

## 6.2 Geochemický charakter zemských sfér

Pro studium geochemie je nutné znát rozmístění chemických prvků na planetě Zemi, zvláště pak v zemské kůře. Planeta je složena z jedné třetiny ze Fe, z jedné třetiny z Si a z jedné třetiny z ostatních prvků. [29]

Jádro obsahuje železo a nikl, které spolu s pláští zaujímají 99,6 % hmoty Země. Zemská kůra sahá do hloubky 10 – 50 km, což je v průměru 30 km. V zemské kůře se nachází 92 prvků, převažuje 9 hlavních prvků, které zaujímají 83 % z celkového objemu a zbytek tvoří ostatní prvky.

Geochemické pochody základní látkové diferenciaci se vytvořily v raných fázích vývoje planety zemské sféry. S výjimkou niklu a chromu, které jsou koncentrovány v jádře a v pláští, titanu, hojného v kůře, bromu v mořské vodě a vzácných plynů v atmosféře, jsou všechny zemské sféry, biomasa i lidská zařízení vybudována převážně ze stejných 14 prvků. Jsou to **H, C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Fe**.

Jsou to nejhojnější a nejdůležitější elementy, hlavní anorganické živiny, důležité prvky litogenní, hydrogenní, atmogenní i biogenní. Výjimečné postavení má uhlík, který je základem nesčetných sloučenin organických, některých z nich (několik nejjednodušších) se relativně samostatně účastní planetárního metabolismu, do kterého byly začleněny díky činnosti biogenní, a v poslední době stále častěji i díky činnosti lidské. [29]

Pro srovnání a pro přehled jsou v následující tabulce č. 6.1 uvedeny hlavní prvky Slunce a zemských sfér.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Slunce	H	He	O	C	N	Ne	Si	Mg	Fe	S
Země	Fe	O	Si	Mg	Ni	S	Ca	Al	Na	Cr
zemská kůra	O	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	Ti	H
sedimenty	O	Si	Al	Fe	Ca	K	C	Mg	Na	H
hydrosféra	O	H	Cl	Na	Mg	S	Ca	K	Br	C
atmosféra	N	O	Ar	H	C	Ne	He	Kr	Xe	S
biomasa	O	C	H	N	Ca	K	Cl	P	S	Si
antroposféra	O	C	Si	Ca	H	Fe	Cl	Na	N	S

Tab. 6.1. Hlavní prvky Slunce a zemských sfér. [29]

Hlavních biogenních prvků je 7, o nich je nejvíce údajů i o jejich biogeochemickém koloběhu. Jde o **H, C, N, O, P, S, Ca**.

Hlavními prvky litosféry jsou mimo kyslík též křemík, hliník a železo.

**Křemík** je po kyslíku nejhojnějším prvkem zemské kůry, jeho úlohu v horninách můžeme přirovnat k roli uhlíku v biomase. Silikáty jsou rozhodně nejvýznamnější skupinou minerálů zemské kůry. Vzhledem ke své malé rozpustnosti ve vodě hrají malou úlohu v hydrosféře i v biomase. Člověk těží a zpracovává velká kvanta křemíku ve formě stavebních surovin (např. písek, kámen).



**Hliník** je třetím nejhojnějším prvkem zemské kůry. Je obsažen v alumosilikátech. Tvoří sloučeniny málo rozpustné ve vodě. Rozpustnost jeho sloučenin je velmi závislá na hodnotě pH, jak v kyselé, tak v alkalické oblasti prudce stoupá. Ve vodách i v biomase je jeho koncentrace velmi nízká. Ačkoliv je hliník technicky významným kovem, neovlivňuje člověk významně jeho globální oběh.

**Železo** je nejhojnějším prvkem Země jako celku a čtvrtým prvkem zemské kůry a sedimentů. Souvisí to zřejmě s výjimečnou stabilitou jeho atomového jádra. V horninách je obsaženo v silikátech. V povrchových vodách je železo zpravidla v nízkých koncentracích, v podzemních je ho více. V biomase je pravidelně přítomno v oxiredukčních systémech. Železo je nejvíce užívaný kov, což představuje největší tok v globálním cyklu železa, nejde se však o významné ovlivnění geochemického charakteru.

Další prvky jsou uvedeny v přehledu z hlediska jejich zastoupení v zemské kůře, v ostatních sférách, rozpustnosti ve vodě, ve vztahu ke globálnímu cyklu a geochemickému cyklu a těžbě nerostných surovin. (viz tab. 6.2)

Prvek	v zemské kůře	v ostatních sférách	rozpustnost ve vodě	globální cyklus	geochemický cyklus	těžba
hořčík	méně než Ca	v biomase méně než Ca	hojnější v mořské vodě	-	člověk ovlivňuje málo	-
sodík	hodně, hlavně silikáty	v biomase hodně	v mořské vodě hodně	-		
draslík	9. nejhojnější	v biomase 6. nejhojnější	v mořské vodě málo		málo, lokálně hnojením	
fluor	málo	v biomase	dobrá			
chlor	málo	v biomase	velmi dobrá		málo známý	
vodík	málo	v atmosféře hydrosféře a biomase	její součást			
uhlík	málo, fosilní paliva, karboáty	v biomase hydrosféře a atmosféře		spalování fosilních paliv		fosilní paliva
dusík	nepatrně	v atmosféře v biomase	plynné sloučeniny		složitý	
kyslík	hodně	v atmosféře hydrosféře, v biomase	její součást		všech chemických prvků	
fosfor	11. místo	v biomase důležitý	málo		člověk velmi zasahuje	fosfátové horniny
síra	15. místo	v hydrosféře, atmosféře	dobrá	spalování fosilních paliv		
vápník	5. místo, v silikátech	v biomase, hydrosféře, atmosféře	dobrá		člověk velmi zasahuje	stavební suroviny, cement

Tab. 6.2. Zastoupení prvků v zemské kůře. [39]

Stejně jako chemie má geochemie svůj specifický systém prvků.

### **Základní skupiny prvků**

- 1) Drahé kovy – ryzí Au, Ag, Pt
- 2) Radioaktivní prvky – 8, nejdůležitější U, Th
- 3) Vzácné plyny 5, He, Ar
- 4) Vzácné zeminy 15, La, Ce vždy pohromadě
- 5) Prvky rozptýlené – Li, Sc, Ga, Br, Y, In, I, Cs
- 6) Prvky cyklické (zbývající) C, H, N, O, F, S, K, Ca ve stálém koloběhu
- 7) Barevné kovy – Ni, Cu, Zn, Pb, Sb, Bi, Co, Mo, W, Sn, Ag, Hg, aj.

Geochemie – studuje zákonitosti těchto skupin

### **Vznik a výskyt nerostů**

Kombinací různých prvků vznikají nerosty. Společnost nerostů vzniklých z jednoho chemického pochodu (vedle sebe nebo za sebou) se nazývá nerostná parageneze. Podle průběhu a podmínek vzniku známe různé typy paragenezí:

- a) Parageneze magmatických nerostů je známá jako typický vývoj rudních ložisek, vznikají tak hnízda rud chromových, magnetitových (Fe, Ni) a to ve spodní části magmatických těles.
- b) Parageneze pegmatitové, zde se jedná o zbytkovou část magmatu, kde krystalují především živce, křemen, turmalín, beryl, topaz, slídy atd.
- g.) V paragenezi minerálních žil a rudních žil se vyskytují minerály, jako jsou baryt, fluorit, vápenec, dolomit, nebo kasiterit, wolframit, smolinec, sulfidy a barevné kovy.
- h.) Parageneze sedimentárních hornin je specifická pro některé sedimentární horniny, jako je sůl, sedimentární Fe-rudy, fosfority, vápence, křemelina apod. [39]

**Geochemie** – využití geochemických poznatků při ochraně všech složek ŽP, včetně potravinových řetězců.

**ŽIVOT = KYSLÍK + POTRAVA = ODSTRAŇOVÁNÍ ODPADNÍCH LÁTEK**

Každý přírodní proces, činnost organismů (i lidí) je spojena s **přenosem látek a energie**.

Geochemické přírodní látky jsou látky vzniklé geochemickými procesy. Jsou to minerály, mineraloidy, roztoky a plyny. Jsou to látky organického a anorganického původu. Mají následující vlastnosti: strukturu, skupenství, chemické složení a izotopické složení.

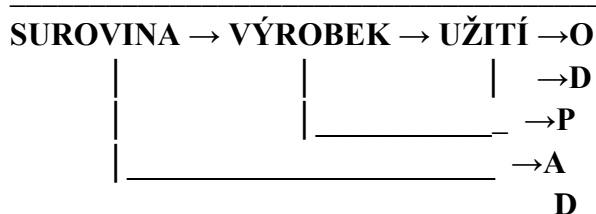
## **6.3 Koloběh hmoty v přírodě**

Přírodní síly a lidská činnost způsobuje neustálý koloběh hmoty. Každý přírodní proces, každá činnost živých organismů i každá lidská aktivita je vždy spojena s přenosem látek a energie. Život je závislý na příjmu kyslíku a potravy a na odstraňování odpadních látek, každá technologie, každá výroba, zemědělství, doprava vede nevyhnutelně k výměně látek a energie. Všechny takové jevy můžeme spojit jednotným hlediskem výzkumu metabolických procesů,

zkoumání koloběhu hmoty v přírodě. Toto studium je součástí dnešní geochemie, která se zabývá přírodními energomateriálními toky, ale také toky ovlivněnými nebo vyvolanými lidmi. [29]

Cílevědomou modifikaci přírodních podmínek, zejména obděláváním zemědělské půdy, vytvořil člověk – zemědělec zcela nový prvek v dějinách biosféry, tzv. agroekosystém. Je vyvážený a poměrně stabilní, je druhově bohatý a má malé látkové výstupy. V agroekosystému stejně jako v původním přírodním ekosystému neexistují kvantitativně významné odpady, přebytky nebo akumulace. Jak u přírodních ekosystémů, tak u agroekosystémů můžeme mluvit o kruhovém typu výměny látek, o cyklickém metabolismu. Pojem nedostatek surovin neexistuje. Termíny jako surovina nebo odpad nemají smysl. Všechny odpady se využijí! „Surovina“ je pouze malé množství nerostů, využitá na kamenné nástroje.

Na rozdíl od metabolismu cyklického se po průmyslové revoluci, Anglie okolo roku 1750, poprvé setkáváme s metabolismem jednosměrného proudu. Z hlediska pohybu látek je průmyslový typ metabolismu charakterizován tímto schématem.



Metabolismus jednosměrného proudu je charakterizován potřebou surovin a energie, které jsou zpravidla jen z části využity a přeměněny ve složitější finální výrobky. Po ztrátě užité funkce se mění výrobky na odpad. Odpady přitom vznikají v každé fázi celého postupu ve formě nepotřebných látek, odpadních vod a exhalací. [29]

## 6.4 Izotopová geologie a geochronologie

**Izotopová geologie** se dělí podle izotopů a metod výzkumu. Zabývá se studiem izotopového složení chemických prvků v horninách, minerálech, zbytcích organismů, ale i v hydrosféře a atmosféře.

**Neradiogenní (stabilní) izotopy** jsou obvykle lehké prvky (S, C, N, O, H atd.).

Využívají se ke sledování frakcionace prvků v exogenní zóně, měření teploty hydrotermálních a metamorfních procesů, distribuce těchto prvků v minerálech a horninách.

**Radiogenní izotopy** jsou produkty radioaktivního rozpadu, obvykle středně těžkých a těžkých prvků (Sr, Nd, Hf, Os, Pb atd.).

Využívají se v relativním zastoupení těchto izotopů v minerálech a horninách, jsou obvykle dobrým indikátorem jejich původu.

**Geochronologie** se využívá pro datování hornin a minerálů a je součástí geologie radiogenních izotopů. Ve své podstatě se využívá radioaktivního rozpadu prvků pro kalibraci chronostratigrafické stupnice. Geochronologie umožňuje přiřazení konkrétních časových údajů (např. v milionech let – Ma) jednotlivým geologickým událostem. Datování založené na radioaktivním rozpadu je rozlišovací schopnost daná rychlostí rozpadu (rozpadovou konstantou).

Geochronologické metody využívají např. řady K – Ar. Zde se zjišťuje množství draslíku s využitím plamenné fotometrie. Využívá se množství Ar<sup>40</sup>, protože má dlouhý poločas rozpadu. Tato metoda je vhodná pro datování mladých vulkanitů.

Metoda využívající rozpad Rb – Sr se používá k datování hornin starších než 10 milionů let.

Pro určování stáří hornin mafických a ultramafických se využívá řada rozpadu Sm – Nd (samarium, neodym). K určení stáří magmatických a metamorfovaných hornin se využívá řada U-Th-Pb. Pomocí těchto exaktních metod bylo zjištěno **stáří planety Země 4,5681 ± 0,5 miliard let.** [40]

**Geochemické archivy** jsou cenným nástrojem k rekonstrukcím atmosférického znečištění.

Mezi typické geochemické archivy patří rašeliniště, korálové útesy, ledovcová jádra, sedimenty, půdy a letokruhy stromů. Geochemické archivy umožňují sledovat historické změny atmosférického znečištění, sledovat jeho rozšíření, vypočítat rychlost depozice jednotlivých polutantů, případně určit zdroj znečištění pomocí izotopů.

V geochemických archivech, kterými jsou např.:

a) Ledovce (Arktida a Antarktida, horské ledovce) jsou vzdálené od zdrojů znečištění a tak mají malé koncentrace polutantů. Jsou studovány v ultračistých laboratořích, je zde rychlá akumulární přesnost.

b) U rašelinišť je menší přesnost data, ale informace získáváme až 10 000 let zpět. Jde o organogenní sedimenty a nachází se zde 1/3 veškerého uhlíku v půdách. Rašelinné jádro se nachází v hloubce až 3 m. Při fotosyntéze („dýchání“ CO<sub>2</sub> + rozklad (CH<sub>4</sub>CO<sub>2</sub>)), více uhlíku přijímá, než „vydechuje“, dochází ke koncentraci a hromadí se ve vrstvičkách.

Typy rašeliniště:

1. Vrchoviště (!) - (ombotropní nad hladinou vody)
2. Přechnodné - (oligotrofní přechnodné oblasti – nad i pod hladinou vody)
3. Slatiniště – (minerotropní pod hladinou vody)

V těchto rašeliništích zjišťujeme těžké kovy. Analýza se provádí na vysušeném vzorku. Nutná je oprava o tzv. EF (enrichment factor – faktor nabohacení). [40]

## 6.5. Geochemie a životní prostředí

Z geochemického hlediska je životní prostředí a jeho složky, atmosféra, hydrosféra a biosféra i litosféra, komplexem různých forem chemických látek, jež jsou v jejich rámci i mezi nimi transportovány a chemicky se mění.

Chemické složení biosféry (oživená část planety Země), je výsledek dlouhého vývoje chemických interakcí mezi jejími živými a neživými součástmi. Mezi živé součásti patří i člověk, jehož aktivita v rostoucí míře ovlivňuje všechny procesy v biosféře, včetně procesů geochemických.

Významným předmětem pozornosti geochemie jsou právě změny vyvolané činností člověka, který znečišťuje životní prostředí toxickými a i jinak nebezpečnými látkami. [41]

### 6.5.1 Rozšíření látek

Vzhledem k rozdílným geochemickým vlastnostem matečných hornin a k přirozeným rozdílům fyzického a chemického klimatu se místně liší složení vod (z části využívaných jako pitné), půd, vegetace a živočichů. Studium lokálních rozdílů v distribuci prvků makrobiogenních, mikrobiogenních, potenciálně toxických a organických látek se provádí především s cílem zjistit statisticky významné korelace mezi tímto složením a biologickými parametry, zejména zdravým vývojem rostlin i živočichů, včetně člověka. V některých případech mají tyto statistické závislosti příčinný charakter.

Například je známá souvislost mezi chorobami štítné žlázy a obsahem jodu ve vodě, zubní kaz souvisí s nevhodnými koncentracemi fluoru, výskyt azbestu vyvolává plicní onemocnění. Intenzivně se zkoumá závislost rozšíření rakoviny, srdečních chorob a vrozených vad na různých fyzikálně chemických vlastnostech prostředí. Stejně se věnuje pozornost územím s výraznou dlouhověkostí. Až dosud však málo těchto studií vede k prokazatelně pozitivním výsledkům. Poruchy zdraví živočichů, v souvislosti s nedostatkem některých prvků v půdách, jsou uvedeny v tab. 6.3.

Pozornost se věnuje především látkám s fyziologickými účinky. V půdě, vodě, ovzduší a v organizmech se zejména sledují koncentrace, které jsou podezřelé, že způsobují kardiovaskulární onemocnění. Dále se stanovují koncentrace SO<sub>2</sub>, NO, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, aerosolů, halometanů v ovzduší, pesticidů a dalších látek ve vodách apod.

mangan	drůbež	perosis a chodrostrofie
	prase domácí	kulhavost a zvětšení kloubů
jod	člověk, prase domácí, ovce	zduření štítné žlázy
	hovězí dobytek, kůň, ptáci	redukce srsti, peří
železo	člověk, prase domácí	anémie
měď	člověk	anémie (novorozeňata)
	prase domácí, ovce	anémie
	hovězí dobytek	anémie, dočasná sterilita
kobalt	hovězí dobytek, ovce	anémie, chronická podvýživa
zinek	prase domácí, hovězí dobytek	parakeratóza

Tab. 6.3. Prvky v půdě ovlivňující zdraví živočichů.

### 6.5.2 Výzkum transportu látek

Látky jsou transportovány jak uvnitř jednotlivých zemských sfér, tak rozhraními mezi sférami.

Nejvíce pozornosti je věnováno látkové výměně mezi hydrosférou a litosférou. Tento proces je významný, jak při vzniku chemického složení vod, tak pro tvorbu půd. Rozsáhle je rovněž studována výměna látek mezi atmosférou a oceánem. Podrobně se zkoumá zejména výměna plynů, protože oceán působí jednak jako zdroj některých plynů, např.  $\text{H}_2\text{S}$ , jednak jako významný propad např.  $\text{CO}_2$ .

Propadové mechanismy nejsou dosud - mimo absorpci  $\text{CO}_2$  - přesně známy, uvažuje se o oceánském propadu  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  a dalších plynů. Oceán je zdrojem aerosolů, které nemusí mít zcela totožné složení jako mořská voda z důvodů frakcionace při průchodu povrchovou vrstvou vody, bohatou na organickou hmotu, dále oxidace a parciální evaporace např. halogenů.

V poslední době je intenzivně zkoumáno rozhraní mezi vegetací a půdou na jedné straně a atmosférou na straně druhé. Zde dochází jednak k přestupu z atmosféry ve formě vodních srážek, absorpce plynů a spadu pevných částic, jednak k uvolňování látek do ovzduší v důsledku biologické aktivity, evaporace i mechanické eroze.

### 6.5.3 Časové změny

Periodické změny geochemických parametrů jsou nejčastěji vázány na denní a sezónní změny slunečního svitu a biochemické aktivity (fotosyntéza, respirace, minerální fixace). Ostatní změny jsou způsobeny antropogenní činností a dalšími příčinami, někdy katastrofálního charakteru, jako jsou povodně, velké bouře, vulkanické erupce, požáry, neobvykle suchá období, prachové bouře.

Příkladem dlouhodobé změny chemického složení atmosféry podmíněné lidskou činností a geochemickou interakcí mezi ovzduším a oceánem je růst obsahu  $\text{CO}_2$  ve vzduchu.

Významné je dále studium recentních sedimentů a ledovců, co do změn jejich chemizmu, který ukázal přesvědčivě antropogenní vliv. Říční, jezerní i mořské sedimenty při ústích velkých řek v industrializovaných oblastech vykazují rostoucí obsahy těžkých kovů (Temže, Rýn, Labe, Severní moře). Kontinentální ledovce vykazují zvýšené koncentrace kovů v recentní vrchní vrstvě oproti ledu v hloubce.

## 6.6 Výzkum složek životního prostředí

### 6.6.1 Výzkum atmosféry

Složení atmosféry je pronikavě ovlivňováno lidskou činností, a proto je jeho detailnímu studiu věnována velká pozornost. Z hlavních složek se sleduje zejména **kyslík**. Podle novějších údajů je zřejmé, že jeho úbytek v důsledku lidské činnosti nehrozí. Stopové příměsi se sledují systematicky. V centru pozornosti jsou zejména plynné sloučeniny C, S, N a halogenů. Nejvíce prací je věnováno **atmosférické síře**, především ve formě  $\text{SO}_2$ , která je z větší části antropogenního původu a působí řadu potíží (lokální znečištění ovzduší, dálkový transport a acidifikace srážkových vod a vod některých jezer). Dobře je rovněž prozkoumáno **olovo**, vázané na atmosférický aerosol, které je typickým antropogenním prvkem, vnášeným do atmosféry z výfukových plynů automobilů.

Látky v atmosféře procházejí řadou chemických reakcí, které mají nejčastěji fotochemický charakter. V oblasti nízké troposféry, která je z hlediska životního prostředí rozhodující, mají největší význam oxidační reakce sloučenin S (oxidace  $H_2S$  a  $SO_2$  na  $H_2SO_4$  a  $SO_4^{2-}$ ) a N (oxidace  $NH_3$ ,  $NO_x$ ).

Vertikálním transportem, který je relativně pomalým procesem, jsou odváděny látky do stratosféry. V této souvislosti se zkoumá například přenos  $NO_2$  a halometanů v souvislosti s úvahami o redukci ozonové vrstvy.

Mezi významné procesy samočisticího charakteru patří vodní srážky. Aerosolové částice a stopové plynné příměsi uvnitř oblaků jsou odstraňovány velmi účinným procesem - **vypršením**. Pod oblaky dochází k méně účinnému vymývání aerosolů a plynů zejména z lokálních zdrojů.

Znečištění ovzduší má řadu lokálních a globálních aspektů od přímého ohrožení zdraví a životů lidí přes ovlivňování vegetace (například ničení koniferových porostů  $SO_2$ ) a hydrosféry (acidifikace některých jezer dešti o nízkém pH) až po globální vlivy (vzrůst obsahu  $CO_2$ , vliv zvýšených obsahů  $SO_2$  na růst kyselosti srážek, možnost způsobení klimatických změn). [41]

### 6. 6.2 Výzkum hydrosféry

Důležitým procesem, který probíhá ve vodních nádržích především v důsledku antropogenní činnosti, je **eutrofizace** vodních nádrží, tj. obohacování vody v nádrži živinami. Nadměrná eutrofizace vod způsobuje bujení řas a jejich následný rozklad, který nádrž znehodnocuje především tím, že nadměrně odčerpává kyslík potřebný pro veškeré vyšší formy života. Hlavní příčinou nadměrné eutrofizace jsou **dusík** a **fosfor**, ale spolupůsobí i další prvky, jako je draslík, železo, mangan, zinek, měď, kobalt, molybden a bór. Pokud je některého z těchto prvků nedostatek, k eutrofizaci nedochází, protože organismy se bez těchto látek nemohou vyvíjet. V praxi se k prevenci před eutrofizací užívá omezování koncentrace dusíku a fosforu.

Nejlépe prozkoumaným samočisticím procesem ve vodách je rozklad organické hmoty mikroorganismy. To se děje působením enzymů, které mění organickou hmotu na  $CO_2$  a  $H_2O$  za současného uvolnění energie. Zároveň tímto rozkladným procesem dochází k **asimilaci** tj. tvorbě živých těl. [41]

Produkty mikrobiologického rozkladu jsou kromě  $CO_2$  a  $H_2O$  ještě další jednoduché anorganické sloučeniny, které se hromadí ve vodě a někdy mohou způsobit zhoršení její jakosti.

Anorganické složky ve vodách se účastní další geochemické procesy a jsou z vody odstraňovány adsorpcí na jílové částice a hydroxidy železa a manganu nebo srážením ve formě různých karbonátů, sulfátů, hydroxidů, fosforečnanů a alumosilikátů. Suspendované částice pak za vhodných hydrodynamických podmínek sedimentují a tato sedimentace je určována vlastnostmi přírodních koloidních a semikoloidních systémů.

### 6. 6.3 Výzkum litosféry a pedosféry

Litosféra má z geochemického hlediska význam v souvislosti se zkoumáním životního prostředí především jako zdroj nerostných surovin, jejichž chemické složení má mnohostranný vliv na další části prostředí. Nejznámějším příkladem je těžba uhlí, při jehož zpracování se dostává ročně do atmosféry  $10^{17}$  g CO<sub>2</sub>,  $10^{14}$  g SO<sub>2</sub> a velké množství stopových prvků, včetně toxických radioaktivních.

Stejně významná je těžba, úprava a zpracování rud všech kovů a jejich následné použití, včetně takových způsobů, jako jsou přídavky sloučenin olova do benzínu či moření osiva rtuť.

Geochemický výzkum se neomezuje jen na zjišťování složení surovin co do prvků a jejich chemických forem, ale věnuje se například i izotopickému studiu, které může odhalit původ některých škodlivin podle korelace zastoupení izotopů v emisích a v možných zdrojích. Takto bylo zkoumáno olovo a síra.

Ukládání tekutých a pevných odpadů je z geochemického hlediska rychlou akumulací cizorodé hmoty v litosféře, která pomalu reaguje s přírodním okolím.

Součástí tvorby a vývoje půdy, často i negativního, jsou biochemické procesy, ovlivněné lidskou činností. Tvorba jílových minerálů a obsah sorbovaných živin v půdách závisí na rychlosti proudění vody, na jejich fyzikálně chemických vlastnostech, na klimatických podmínkách a na způsobu obdělávání.

Geochemický výzkum vzniku a degradace půd nespočívá pouze v detailním studiu mineralogie a chemického složení různých frakcí půdy, ale hlavně v objasnění vlivu klimatu, složení a hydrodynamiky vod a vlivu zemědělské činnosti na rychlost současných a budoucích geochemických procesů v půdách. [41]

## 6. 7. Geochemický výzkum biomasy a biogenních oběhů

Složení živé i odumřelé hmoty organismů zkoumá geochemie v souvislosti s interakcemi biomasy a okolního prostředí.

Cílem studia je jednak zjištění „normálního“ složení vybraného organismu (rostlinných druhů, živočichů včetně člověka) a jeho součástí, jednak změn v závislosti na změnách prostředí. Ukazuje se, že složení organismů je zejména co do stopových prvků relativně velmi proměnlivé, přičemž nižší rostliny a živočichové vykazují nižší selektivitu v příjmu prvků z prostředí. [41]

Chemické složení vybraných orgánů rostlin či živočichů slouží jako bioindikátory znečištění a kvality životního prostředí. Příkladem slouží řada výzkumů divoce rostoucích i kulturních plodin, sledování olova či DDT v dlouhé řadě živočichů, rozborů stromové kůry a mnoho dalších.

### Výzkum biogenních oběhů

Tento výzkum je syntézou dílčích výzkumů všech ostatních směrů, jako je studium chemických látek, jejich transportu a časových změn, výzkumu atmosféry, hydrosféry, litosféry, pedosféry i biomasy.

Kvantitativní určování látkových cyklů, hmotových bilancí, toků látek jednotlivými částmi prostředí (horniny, půda, kontinentální vody, oceán, atmosféra, biomasa) je nečastěji



konečným cílem geochemických výzkumů, ať už v měřítku globálním, regionálním či lokálním.

Regionální a lokální hmotová bilance prostředí se geochemicky studuje v modelových povodích, ve kterých lze přesně měřit vodní výměnu, složení vody a veškeré vstupy a výstupy hmoty. Vstupy představují: vodní srážky, suchý atmosferický spad a absorpce plynů, zvětrávání a antropogenní i obecně biogenní příspěvek. Výstupy jsou dány odtokem podzemním a povrchovým, evapotranspirací, plynnými exhalacemi a biogenním (antropogenním) odnímáním.

## 7. Geomateriály

Po celou prehistorii a historii měl kámen pro člověka neobyčejný význam. A v době kamenné, která tvoří devadesát devět procent lidské existence, byl dokonce nejdůležitějším nástrojem, obydlím i zbraní.

Kámen byl první přírodninou, kterou začal člověk vědomě vyhledávat a opracovávat.[7]

Kámen se tak stal člověku na dlouhá léta nejučinnějším pomocníkem.

Po mnoho generací člověk zdokonaloval svou techniku obrábění kamene a dosáhl v tom mistrovství a obdivuhodných výsledků. Kamenem lovil zvěř, řezal maso, krájel kůže, sekal a drtil obilí, napínal tkalcovské osnovy a z kamene stavěl obydlí a budoval sídla, kámen směňoval, dobýval a vyjadřoval jím své společenské postavení.

Kámen tak pomáhal člověku žít a přežít mnohdy kruté životní podmínky a poskytoval mu možnost k získání zručnosti, znalostí a dovedností.

Postupně začal člověk kámen používat i k vyjádření svých estetických pocitů a etického cítění, k uctívání bohů, hrdinů.

Dodnes hodnotíme dovednost a umění našich předků, kteří dokázali zručně vyštípat pazourkové pěstní klíny, mistrně vybrousit sekery a sekeromlaty ze zelených břidlic, účelně tvarované kadluby z jemnozrných pískovců na odlévání kovů, ladné tvary starověkých nefritových, opálových nebo achátových ozdob. Krásou žlutobílé vápencové pyramidy, obrovité žulové nebo mramorové sochy.

Kámen je jedním z nejvzácnějších darů, které Země člověku poskytuje. [7]

### 7.1 Kámen jako přírodnina

**Kámen** je využíván v různých souvislostech například jako chráněné geologické objekty, energetické suroviny, chemické suroviny nebo stavební suroviny.

Přídavné slovo kamenný nebo kamenitý označuje a upřesňuje mnoho geologických a příbuzných forem a jevů, která jsou uvedeny na následujících řádcích.

**Kamenná slunce** jsou vzácný útvar, známý z naší republiky jen z jednoho místa, z lokality Hnojnice v Českém středohoří. Je to sopečný tuf, rozpukaný do tvaru slunečních paprsků. Jádro, což je zde slunce, tvoří úlomky slínovců, spečené a vyvržené sopečným výbuchem.

**Kamenné květy** jsou útvary více či méně podobné květům vznikající selektivním zvětráváním povrchu křídových pískovců. Vyskytují se spolu s voštinami v našich skalních městech. Kamenné květy se říká také vřídlovcem povlečeným květům, ponořeným na nějaký čas do karlovarských horkých minerálních vod.

**Kamenné uhlí** je uhlí permokarbonského stáří. Tento název z naší literatury pomalu mizí a je nahrazován termínem černé uhlí.

**Kamenná sůl** je jednak minerál krychlové soustavy, (chlorid sodný), ale také hornina tvořená tímto minerálem. Jak pro minerál, tak pro horninu se dnes spíše užívá názvu halit.

**Kamenné meteority** jsou český název pro aerolity. Říká se i meteorické kameny. Jsou tvořeny hlavně křemičitany. Hromadný pád takových meteoritů označujeme jako kamenný déšť.

**Kamenotoky, kamenité přívalové proudy, kamenité a sněhokamenité laviny**, to všechno jsou druhy katastrofických gravitačních proudů, ve kterých převládají kameny nad jílem a sněhem.

**Kamenitá poušť** se v mezinárodní terminologii označuje arabským názvem hamada. Je to poušť, jejíž povrch je tvořen buď výchozy hornin, nebo úlomky hornin. Povrch pouště posetý valounky se nazývá pouštní dlažba nebo lépe reziduální pouštní šterk.

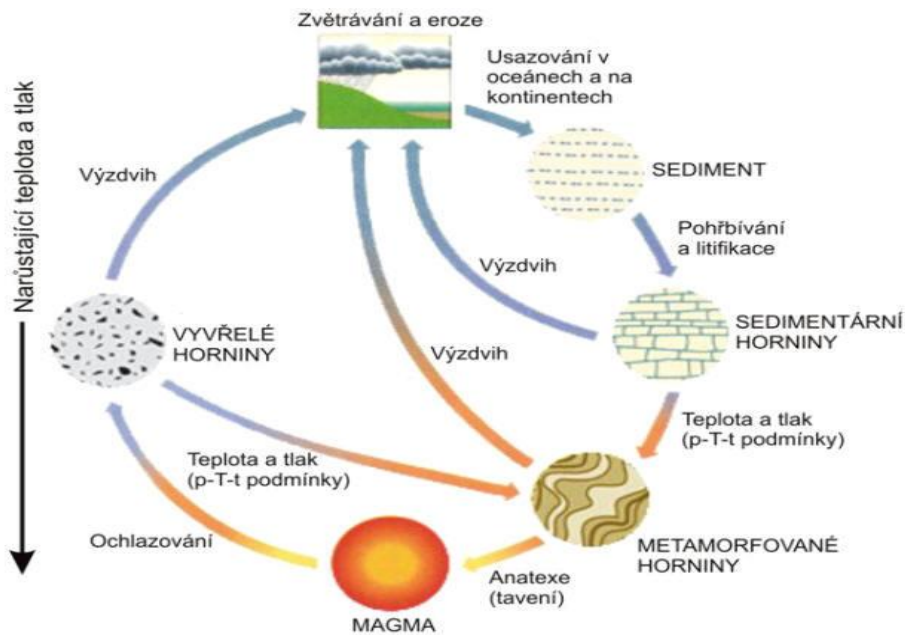
**Kamenná dlažba** značí v pedologii vrstvu kamenů, zaoblených nebo ostrohranných, na povrchu půdy, podobně jako pouštní dlažba. Vzniká vyvátím jemnějších frakcí (písku, prachu a jílu) z původně zrnitostně různorodého materiálu a ponecháním nejhrubějšího rezidua na místě.

**Kamenné moře** je nahromadění kamenů na ploše, na temenech a mírných svazích hor. Vzniká zvětráváním masivních hornin. Zvětrávání bylo tak intenzivní, že by současné klima na ně nestačilo. Proto jsou kamenná moře pozůstatkem doby ledové, kdy účinek mrazu byl daleko větší než dnes. [7]

Využití kamene v různých vědních a technických oborech je v přehledu uvedeno v následující tabulce 7.1.

<b>Téma</b>	<b>obor</b>
vznik zemské kůry	geologie, vědy o Zemi
kameny na planetách	planetologie
složení kamenů, jejich vznik	petrologie
složení nerostů, tvar krystalů	mineralogie, krystalografie
fyzikální vlastnosti kamenů	petrofyzika, inženýrská geologie, stavební inženýrství, mechanika hornin a zemin
chemické složení kamenů	geochemie
zvětrávání kamene, vznik půd	pedologie
těžba kamene	lomařství, hornictví, inženýrská geologie, kamenictví
zpracování kamene pro stavební účely, použití kamene	stavební inženýrství, architektura
zpracování kamene pro jiné účely	jiné druhy inženýrství-chemické
kamenné artefakty a monumenty	archeologie, dějiny umění
umělecké zpracování kamene	dějiny umění

Tab. 7.1: Využití hornin. [7]



Obr. 7.1: Geologický (horninový) cyklus. [56]

### Petrologické rozlišení hornin.

Horniny jsou přírodní nerostné hmoty. Obvykle jsou tvořeny charakteristickou směsí nerostů, jen malá část hornin je tvořena jedním minerálem, jsou to např.: vápence, dolomity nebo některé pískovce. Složení hornin je závislé na jejich původu a vývoji. U **vyvřelých** hornin záleží na charakteru magmatu, jeho tuhnutí a podmínkách, ve které části litosféry utuhlo. U **sedimentárních** hornin je důležitý výchozí materiál, proces jeho transportu a způsob jeho sedimentace. **Metamorfované** horniny jsou závislé na povaze původních hornin a vlivech, které vedly k jejich přeměně. Na obr. 7.1 je patrný vývoj jednotlivých typů hornin.

**Vyvřelé horniny se využívají jako dekorační a stavební kámen (viz tab. 7.2).**

oblasti a obchodní názvy žul	charakteristika	najdeme ji použitou na těchto místech
povltavská oblast, různé žuly z oblasti dnes zatopené slapským jezerem: Županovice, Kamýk nad Vltavou	hlavně amfibolicko-biotitické granodiority až diority	podolské, vyšehradské nábřeží, vyšehradský tunel, pražské nábřeží na Smíchově, pilíře Jiráskova, Mánesova a Libeňského mostu, žula Husova pomníku, sokly mnoha budov
posázavská oblast s požárskou žulou mezi Jílovým a Čerčany	hlavně křemenný biotitický diorit	dlažba na 3. nádvoří Pražského hradu, podstavec sochy sv. Václava, socha F. Palackého
sedlčanská žula	s tmavými peckami a většími bílymi živci	Libeňský most, Mánesův most
něčínská žula	jemnozrná, bělavě šedá	kamenná výzdoba Pražského hradu
hudčická žula	granodiorit	sokl, obklad a schodiště právnické fakulty UK
kozárovický granodiorit		mnoho dlaždic v pražském metru
blatenská žula	biotitický granodiorit	památník osvobození na Vítkově, obklad Státní banky Na příkopěch, vinohradský tunel
mrákotínská žula	světlá, jemnozrná	obelisk na Pražském hradě, obklad budovy Dopravních podniků v Holešovicích
lipnická žula		palác Dunaj na Národní třídě
tiská žula od Žihle	hrubozrná	obklady na právnické fakultě UK, obklady budovy ČTK v Opletalově ulici
štěňovická žula		kvádry pilířů mostu Sv. Čecha
liberecká žula	s velkými červenými živci	dlažba i obklady v pražském metru, obklady Domu potravin, dlažba v hale Hlavního nádraží, letenská pláň, dlažba a obklady Nové scény ND
železnobrodská žula	žlutobílá, šmouhovitá	kamenická výzdoba Obecního domu
slezské žuly od Žulové	světlé i tmavé	obklady Tyršova domu, ředitelství Škody Plzeň v Jungmannově ulici

*Tab. 7.2: Naše známé žuly (v kamenickém smyslu), oblasti výskytu a použití převážně v Praze.[7]*

Nejvíce kamenicky využívané jsou žuly, ale z petrologického hlediska jde o granity i granitoidy. Výskyt těchto hornin je hlavně ve středních Čechách (Středočeský pluton) a na Šumavě (Moldanubický pluton).

Častou horninou využívanou v kamenickém průmyslu je **syenit** obchodně se název používá i pro diority, gabra i diabasy. Výskyt těchto hornin je např. na Českomoravské vrchovině.

Čediče jsou známé jako stavební kámen, jako šterk nebo dlažební kostky. Jde o výlevnou horninu tmavé barvy složené hlavně plagioklasy a pyroxeny. Výskyt těchto hornin je hlavně v Českém středohoří, Doupovských horách a na severní Moravě.

**Sedimentární horniny** (zpevněné) jsou podle velikosti zrn např. slepence, pískovce, prachovce, jílovce. Jako stavební kámen jsou velmi využívané pískovce (tab. 7.3) nebo vápence (tab. 7.4).

stáří	oblast	složení	použití
křída turon	oblast kvádrových pískovců severních a severovýchodních Čech, např. lažanské pískovce od Jičína	křemenné a drobovité pískovce	stavební kámen, použit i na chrám sv. Víta v Praze
křída turon a coniak	severní Čechy, okolí Děčína	křemenné a drobovité pískovce	oblíbený stavební kámen, mnoho starších staveb v Drážďanech, použit i na Národní divadlo a další stavby v Praze
křída turon	Lounsko	glaukonitické pískovce	chrám sv. Mikuláše a Žatecká brána v Lounech, mnoho obytných domů v Lounech
křída turon	Svitavsko	křemenné a drobovité pískovce	sousoší sv. Trojice v Olomouci
křída cenoman	Podkrkonoší, tzv. hořické pískovce	křemenné a drobovité pískovce	jeden z nejhodnotnějších stavebních kamenů v Praze a vůbec nejoblíbenější kámen sochařský, použit na Karlův most, chrám sv. Víta, Národní divadlo, Národní muzeum, Prašnou bránu, sochy a mnoho jiných staveb
	Kutnohorský	vápenité pískovce	románský kostel sv. Jakuba v Jakubu u Kutné Hory, chrám sv. Barbory v Kutné Hoře
	Českobrodsko	vápenité pískovce	Karlův most a mnoho staveb v Praze i jinde
permokarbon	Kamenné Žehrovice Rakovník	arkózovité pískovce až arkózy	Velmi oblíbený stavební kámen, použit na chrám sv. Víta, Národní divadlo, Karlův most a mnoho jiných staveb
	Českobrodsko	červené drobovité pískovce	Sázavský klášter
	Tišnovsko	červené drobovité pískovce	Klášter v Předklášteří u Tišnova
spodní karbon	Nízký Jeseník	droby	výborný kámen na silniční a železniční šterk, dlažební kostky, obrubníky
ordovik	Barrandien	křemence, křemenné pískovce, drobové pískovce	dlažební kostky, šterk
kambrium	Příbramsko	křemenné a drobové pískovce	šterk
proterozoikum	střední a západní Čechy	droby	výborný kámen na šterk

Tab. 7.3: Pískovce Českého masivu, jejich charakter a použití. [7]

vápenec, název a naleziště	charakteristika	kde použit
slivenecký vápenec, okolí Slivence, lom Cikánka	obchodně zvaný rouge antique nebo Altrot, biodetritický vápenec s mikritovými partiemi, červenavý, se zelenošnými skvrnami	používaný i během středověku na výzdobu chrámů a paláců, např. náhrobky Přemyslovců v chrámu sv. Víta; obklady budovy Státní plánovací komise, obklady v metru, např. stanice Sokolovská
suchomastský vápenec, Koněprusko	nazývá se rouge tchèque nebo rouge national, hlavně biomikritový vápenec s biodetritickými partiemi, mnoho obláček, skvrn a žilek bílého kalcitu, převládající barva narůžovělá	interiéry Památníku osvobození, mnoha pražských budov, sedátka a některé busty v Národním divadle, v chrámech např. hlavní oltář u sv. Mikuláše, obklady Černínského paláce
lochkovský vápenec, těží se na mnoha místech mezi Prahou a Berounem	jemnozrnné biodetritické mikritové a biomikritové, oba dva typy jsou tmavošedé až šedomodré	chodníková mozaika, náhrobek sv. Jana Nepomuckého u sv. Víta, mnoho drobnějších prací v chámech
zbuzanský vápenec Zbuzany, Ořech a okolí	mikritový a biomikritový vápenec, šedorůžový, šedý i šedozelený	drobné práce v chrámech, vnitřní dlažba, památník otevření stanice Malostranská pražského metra
vápence Moravského krasu, hlavně Čebín a Brno-Líšeň	biodetritický rekrystalizovaný vápenec, s partiemi mikritovými, silněji rekrystalizovaný než předchozí vápence barrandienské	oblíbené stavební kameny v Brně i jinde a Moravě, např. chrám sv. Jakuba v Brně
nedvědicový mramor, okolí Nedvědic na Moravě (krystalický vápenec)	krystalický vápenec, světlý, s cukrovým povrchem, šedými žilkami a šmouhami	Hrad Pernštejn, kostel v Nedvědicích a v Doubravniku
lipovský mramor, Horní a Dolní Lipová ve Slezsku (krystalický vápenec)	černý mramor, jeden z typů je páskovaný, bílé žilky a hnízda	obklady a schodiště Domu módy v Praze, dlažba Národního shromáždění, v současnosti se významně uplatnil ve výzdobě metra (např. stanice Vyšehrad, náměstí I.P. Pavlova aj.)
slovenské travertiny, mnoho nalezišť, např. Bešeňová, Liptovské Lúčky, Dřevením	typický pórovitý kámen, často páskovaný, často zlatý (Bešeňová)	Spišský hrad, mnoho památníků na Slovensku, v Praze např. obklady filozofické fakulty UK, ministerstva práce a sociálních věcí na Palackého náměstí a mnoho jiných na Václavském náměstí hotel Jalta, Dům módy, Slovenská izba, obchodní dům Duplex, Melantrich.

Obr. 7.4: Někeré důležité vápence a jejich použití.[7]

### Horniny metamorfované (přeměněné)

Z původních kyselých výlevných hornin vznikají metamorfózou porfyroidy, posléze ortoruly, případně granuly.

Z bazických vyvřelin se tvoří napřed zelené břidlice, pak modré břidlice, amfibolity, eklogity, případně pyroxenické granuly.

Z ultrabazických hornin vznikají chloritové břidlice nebo serpentinity (hadce).

Z jílových sedimentů se vytvoří napřed fylity, po nich svory a se stoupající metamorfózou až ruly. Svor je jednou z nejhezčích metamorfovaných hornin. Má v sobě hodně slídy, střídají se v něm proužky křemenné a slídivé.

Z pískovců vznikají metakvarcity, pokud jsou výchozí horninou křemenné pískovce. Z drob se tvoří drobové fylity, pak svory a pararuly.

Ze slepenců se vytvoří nejprve metakonglomeráty. Při silné metamorfóze se ze slepenců mohou vyvinout konglomerátové ruly.

Vápence podléhají metamorfóze poměrně snadno. Nejprve rekrystalizují v krystalické vápence – mramory.

Na prvním místě jsou mramory – krystalické vápence. Na dalším místě je serpentinit (hadec), velmi oblíbený dekorační kámen třeba v Itálii a ve Švýcarsku. U nás se objeví jen tu a tam na obkladech budov. Můžeme ho najít např. v centru Prahy, na bývalé Adamově lékárně dole na Václavském náměstí. Kubánský serpentinit Verde Serrano proslavila budova Nové scény Národního divadla, kde je hlavním dekoračním kamenem.

Významnými vlastnostmi hornin pro jejich dekorační a stavební využití jsou pevnost (tab. 7.5) a tvrdost (tab. 7.6).

### Klasifikace hornin podle pevnosti

třída	stupeň pevnosti	horniny
I	nejpevnější	celistvé čediče, křemence a jiné minofádně pevné horniny
II	velmi pevné	tvrdé žuly, křemenné porfyry, křemence, nejtvrší pískovce a vápence
III	pevné	celistvá žula, tvrdé vápence, křemence, slepence a rudní žily
III a	pevné	pevné vápence, méně pevné žuly, pevné pískovce, mramory a dolomity
IV	dostatečně pevné	většina pískovců, středně pevné železné rudy
IV a	dostatečně pevné	měkčí pískovce, m písčité břidlice
V	středně pevné	měkké slepence, měkčí pískovce a vápence, jílové horniny
VI	dost měkké	měkčí jílové břidlice a vápenc, rozrušený pískovec, slínovece, zmrzlá zemina

Tab. 7.5: Klasifikace hornin podle pevnosti. [7]

Pevnost hornin je vlastnost, kterou můžeme objektivně měřit.

#### Pevnost hornin je závislá na několika faktorech:

- na pevnosti samotných minerálů, které horninu skládají.;
- na vzájemném spojení minerálů;
- na zrnitosti; obvykle platí, že stejnoměrně zrnité a jemnozrnnější horniny jsou pevnější než různoměrně zrnité a hrubozrnnější horniny;
- na textuře, hlavně na různých vlastnostech hornin v různých směrech, na orientaci minerálů, přítomnosti břidličnatosti a zvrstvení i puklin;
- na pórovitosti, s rostoucí pórovitostí pevnost obvykle klesá



**Tvrдость horniny** závisí na tom, jakými minerály je tvořena. Tvrдость převažujících minerálů stanovujeme podle Mohsovy tvrdostní škály (mastek, sůl kamenná, kalcit, fluorit, apatit, živec, křemen, topaz, korund, diamant). Přehledná tabulka 7.6 ukazuje různé typy hornin a jejich tvrdostí.

hornina	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
žula, rula						—	—			
čedič					—	—				
jilovec		—	—							
pískovec		—	—	—	—	—	—			
vápenec, mramor			—							
dolomit			—	—						
fyzit			—	—	—					
kvarcit							—			

Tab. 7.6: Tvrдость hornin.[7]

## 7.2 Horniny podle využití

### Stavební materiály

Horniny jako stavební materiály byly používány v celé lidské historii. Například obrovské kamenné bloky byly součástí tzv. kyklopského zdiva (viz obr. 7.2) – Peru, Japonsko a jinde. Tenké břidličné desky se používají na střechy, keramické (cihlářské) jíly na cihly. Dlaždice, obkládačky. Vypalovaný jíl a vápenec na cement, malta vyrobená z cementu, vody a písku. Omítka. Dřevo, řezivo – prkno bylo nahrazeno kameny v případě tradičního stavebního materiálu.



Obr. 7.2: Kyklopské zdivo v Cuzcu (Peru). [17]

Rozvoj průmyslu přináší další využívání nerostů. Křemité písky jsou využívány po roztavení do skel pro okna. Směs písků a štěrků, zvaná agregáty spolu s cementem vytváří beton. Postupným vývojem technologií jsou stavební materiály v architektuře, např. sakrální stavby, inženýrské stavby, jako mosty, tunely, přehrady atd. Z betonu se vyrábějí panely, různé desky, prefabrikáty, jako potrubí, obrubníky a další komponenty. Obkladové dekorační kameny, zpevňovací bloky pro zabezpečení říčních koryt a mořských pobřeží.

Technici dělí podle použití a charakteru lomový kámen na mnoho skupin. Ty nejdůležitější jsou: tříděný lomový kámen k vyzdívání základů, záhozový lomový kámen pro zpevňování břehů řek a hrází, rigolový kámen pro dláždění příkopů, regulační lomový kámen pro zpevnění silničních svahů, železničních náspů, pro regulaci řek, dále soklový kámen pro podezdívky obytných domů, upravovaný soklový lomový kámen pro sokly domů a opěrné zdi a kyklopský lomový kámen ke stavbě soklů významnějších staveb a nábrežních nebo opěrných zdí.[7]

**Kopáky** jsou kamenné kvádry nebo krychle zhotovené lámáním a hrubým kamenickým opracováním. Jsou ve stavbách uloženy ve zdivu.

**Haklíky** se vyrábějí štípáním do tvarů hranolu. Používají se na obklady soklů budov a na opěrné zdi. Vyrábějí se hlavně z odolných hornin, žul a pískovců.

**Kvádry** mají různé rozměry a různou povrchovou úpravu. Používají se na mostní pilíře, klenutí oblouků při stavbě přehrad, pro tunelové klenby, pro obklady fasád, nosné sloupy i pilíře. Lícni plochy mohou být pěkně upraveny. Vyrábějí se hlavně ze žulových hornin, ale i pískovců, ryolitů a mramorů.

**Dlažební kámen** se dělí na několik druhů. Dlažební kostky jsou velké, drobné nebo mozaikové. Velkými se dláždí vozovky, náměstí, dvory, mozaikovými kostkami chodníky. Pro všechny třídy jsou předepsané rozměry. Vyrábějí se z různých hornin, velké hlavně ze žuly, ale i čediče, andezitů, křemenců, mozaikové kostky hlavně z vápenců, ale i ze žul a jiných vyvřelin.

K lemování okrajů vozovek slouží krajníky, které se vyrábějí ze stejných materiálů jako dlažební kostky.

**Chodníkové obrubníky** mají hranolovitý tvar a slouží ke zpevnění okrajů chodníků, dopravních ostrůvků, nástupišť a ramp. Požadavky na kámen jsou vysoké, musí být zdravý a mrazuvzdorný.

**Šlapáky** jsou ploché kameny vkládané do trávníků.

**Perónní krajníky** se používají jako obruby podél stěn průjezdů domů, pro železniční nástupiště a skladištní rampy.

Další druhy výrobků jmenujeme již jen heslovitě. Jsou to např. obkladový řemínek, benátské dlaždice, desky pro průmyslové účely, masívní výrobky z kamene, průmyslové válce a mlecí kameny, kamenné měřičské značky, malé památníky a náhrobky, brusy, výrobky pro rekonstrukci přírodních památek a ozdobné předměty.

Pevné, tvrdé horniny jsou drceny na drobné částice částečně do betonů, nebo s asfaltem, jako povrchová pevná finální vrstva do konstrukce liniových staveb (silnic nebo železnic).

Drcené kamenivo, je používáno jako podsyp při zakládání náplní do jader přehradních hrází apod. [7]

**Dekorační kameny** jsou vybírány podle vzhledu a kvalitních celistvých bloků. Příklady dekoračních kamenů viz tab. 7.7.

stavební sloh	druhy stavebních kamenů	geologické stáří
románský	opuky různé pískovce	křída — spodní a střední turon karbon a perm
gotický	opuky arkózy a arkózovité pískovce	křída — spodní a střední turon karbon a perm
renesanční	arkózy a arkózovité pískovce křemenné a drobovité pískovce (často silně vápnité)	karbon a perm křída — cenoman
barokní	křemenné a drobovité pískovce (často vápnité) arkózy a arkózovité pískovce vápenec a mramory	křída — cenoman  karbon a perm různé, hlavně staropravoherní (silurské a devonské)

Obr. 7.7: Nejdůležitější stavební kameny v různých stavebních obdobích v Praze. [7]

### Průmyslové nerostné suroviny

Celá řada monominerálních hornin, jako vápenec, dolomit, křída, křemičitý písek je využívána jako průmyslové ale i stavební materiály.

Mezi nejvíce využívané nerudní minerály patří:

**Kalcit** ( $\text{CaCO}_3$ ) – doplňky (barvy, papírenský, farmaceutický, chemický, sklářský průmysl, zemědělství apod.)

**Sůl** ( $\text{NaCl}$ ) – chemický průmysl, potravinářský průmysl

**Křemítý písek** ( $\text{SiO}_2$ ) – sklářský průmysl, abraziva

**Dolomit** ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) – zemědělství, výroba železa a oceli, abrazivo

**Sádrovec** ( $\text{CaCO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) – doplňky pro textilní průmysl, odsiřování plynů (tepelné elektrárny)

**Křída** ( $\text{CaSO}_3$ ) – doplňky (jako kalcit) pro zemědělství, výroba železa a oceli

**Kaolin** ( $\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$ ) – papírenský průmysl, výroba porcelánu

**Baryt** ( $\text{BaSO}_4$ ) – papírenský průmysl, vrtný výplach

**Fluorit** ( $\text{CaF}_2$ ) – flux-farmaceutický průmysl, tavení hliníku, výroba oceli

Nerudní suroviny se nacházejí jako sedimentární horniny, uložené ve vrstvách např. křemité písky nebo kaolin. Nebo vyplňují žíly, jako hydrotermální minerály např. kalcit, sůl, baryt, fluorit.

Mezi nejvíce využívané rudní minerály patří:

**Magnetit** ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), **hematit** ( $\text{Fe}_2\text{O}_2$ ), **siderit** ( $\text{FeCO}_2$ ) – výroba železa

**Chromit** ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) – výroba chromu

**Sfalerit** ( $\text{ZnS}$ ) – výroba zinku

**Chalkopyrit** ( $\text{CuFeS}_2$ ) – výroba mědi

**Galenit** ( $\text{PbS}$ ) – výroba olova

**Kasiterit** ( $\text{SnO}_2$ ) – výroba cínu

**Molybdenit** ( $\text{MoS}_2$ ) – výroba molybdenu  
**Argentit** ( $\text{Ag}_2\text{S}$ ), ryzí (Ag) – výroba stříbra  
**Cinabaryt** ( $\text{HgS}$ ) – výroba rtuti  
**Cavalerit** ( $\text{AuTe}_2$ ), ryzí zlato a další teluridy

Rudní minerály se nacházejí v paragenezích (ve skupinách vzniklých ve stejných podmínkách).

Například magnetit a chromit ve vyvřelých horninách. Na bázi magnetického krku se hromadí minerály sulfidů jako chalkopyrit.

V přeměněných horninách např. skarnech se vyskytují zóny oxidů magnetit, hematit, kasiterit nebo blízko kontaktu s vyvřelými horninami sulfidy chalkopyrit, galenit, sfalerit nebo molybdenit.

V horninách sedimentárních se nachází ložiska kaolinu nebo bauxitu. Sekundární ložiska vzniklá přenosem zvětralin z ložisek primárních a usazená v sedimentech jsou tvořena minerály, jako jsou magnetit, ilmenit, chromit, kasiterit, zlato. [7]

### 7.3 Změny na povrchu kamene (změna minerálů)

- a) vlivy fyzikální
- b) vlivy chemické

#### a) vlivy fyzikální:

- krystalizace solí v pórech a trhlinách
- mrznutí a rozmrzání
- změny teploty a diferenční rozpínání minerálů odlehčení hornin erozí jejich nadloží
- přímé působení tekoucí vody, vanoucího větru a pohybujícího se ledu
- zvlhčování a vysychání
- tlaky, které vyvíjejí kořeny rostlin a stromů

#### b) vlivy chemické

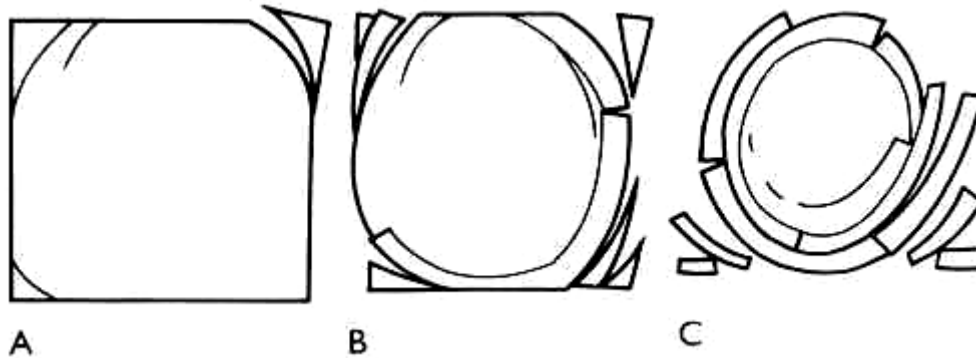
- rozpouštění vodou (zvyšuje se teplotou, nižší pH, větším množstvím
- karbonace, atakování vápenců oxidem uhličitým (chladnější vody více)
- oxidace, volný kyslík (atmosféra, voda) působí na siřníky, křemičitany, ryzí kovy a mění je v oxidy, hydroxidy atd.
- hydratace, přidávání vodní molekuly (nebo více) do struktury původně bezvodých minerálů např. jílových, anhydrit na sádrovec
- hydrolyza vyluhování alkálií a alkalických zemin např. K-živec na kaolin

#### Rychlost zvětrávání

**Žula** – 200 let neporušena

**Vápenec** – 250 – 500 let (2-3cm)

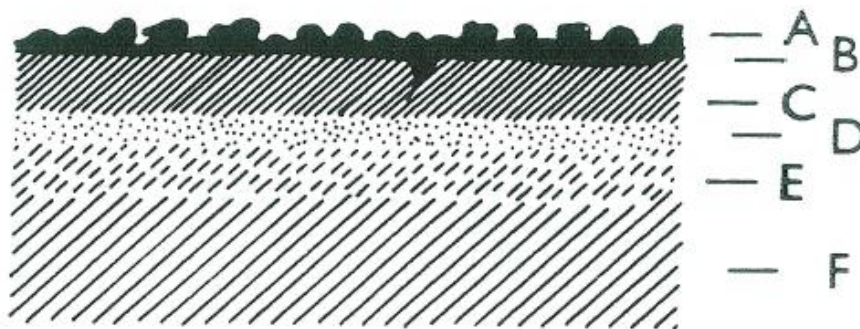
**Pískovce opuky, vápence-** 400-500 let (židovský hřbitov - nápisy)



Obr. 7.3: Kulovité zvětrávání hornin. Hrany bloků se postupně zaoblují, až se vytvoří oválné jádro jakoby zabalené do několika slupek. [7]

Měření rychlosti zvětrávání není příliš obtížné. První pokusy jsou již z minulého století. Badatelé si vybrali vhodný materiál – staré náhrobky na edinburském hřbitově. Žula byla na náhrobkách za 200 let skoro netknutá, jílové břidlice byly značně porušeny a mramory měly rozpukaný povrch. Podle těchto pozorování bylo vypočteno, že vápence potřebují 250 – 500 let, aby zvětraly do hloubky 2 – 3 cm. I u nás máme k dispozici podobný materiál. Na pražském Starém židovském hřbitově jsou 400 – 500 let staré náhrobky z pískovců, opuk a vápenců. Podle toho, jak zřetelné je písmo, můžeme posoudit, kolik milimetrů materiálů ubylo z povrchu náhrobků.

Průmyslové exhalace urychlují zvětrávání (patologický stav), (viz obr. 7.4).



Obr. 7.4: Zvětrávací kůra hornin, která vzniká působením průmyslových zplodin. A – vnější kůra, B – původní povrch, C – vnitřní kůra, D – rozpadavá vrstva, E – přechodná zóna, F – čerstvá hornina. [7]

Příklady: SFINGA, Pyramidy Egyptě

## 7.4 Kámen jako obydlí

Používání kamenů pro stavbu obydlí začal již pravěký člověk, kdy navazuje na stávající jeskyně. Zakrývá velké otvory, zmenšuje prostory, pro efektivnější vytápění.

Vznikají zástěny, později chatrče. Koncem starší a střední doby kamenné si usedlí zemědělci začali budovat pevné domy. V době před 11 000 lety si zemědělci a pastevci budují domy s oddělenými stěnami a střechou. Ke kameni a dřevu přibyl nový stavební materiál a to hlína.

Budují se skupiny domů, vesnice. Vedle obytných a později i obranných staveb člověk využívá kámen k rituálním obřadům. Svoje prosby k obloze podporuje vztyčováním kamenných bloků „menhirů“. Skupiny menhirů vyznačující cesty k obřadním místům se nazývají „kromlechy“. Nejvýznamnější kromlech megalitické dílo, se nachází v Anglii ve Stonehenge. Nejvíce megalitických staveb sloužilo, jako hrobky. Byly postaveny z těžkých kamenů přesypané mohylami. Menší stavby nazýváme **dolmeny**. Megalitické stavby, menhiry, dolmeny, kromlechy i další kamenné stavby jsou dokladem dovednosti našich předků, kteří vytvořili monumentální architekturu. Monumentalitu architektury nejlépe vyjadřoval kámen. Je tvrdý, odolný a věčný.

Největšího mistrovství v práci s kamenem mezi prvními starověkými civilizacemi dosáhli Egypťané. Stavěli pyramidy, byly to hrobky, aby uchovali faraonovo tělo po smrti. Na pyramidách byly schody, aby faraon mohl po nich vystoupat k nebesům. Nejznámější jsou pyramidy v Gize.

Stavitelé dálného východu v oblasti dnešní Indie stavěli už kolem roku 2 300 př.n.l. velká města. Budova centrální citadely sloužila jako společná sýpka, mlýn, lázně a veřejné shromádiště. Na ni navazovaly domy uspořádané do širokých ulic. Na světskou architekturu navazovala architektura náboženská. Byla to doba buddhismu i hinduismu. Vznikaly tak chrámy a kláštery. Chrámy byly modelem vesmíru, svatyně uvnitř, sídlem božstev. (viz obr. 7.5).



Obr. 7.5: Socha Buddy [17]

Stavitelé Střední a Jižní Ameriky. V této oblasti vznikala města i chrámy. Nejznámější památky vznikaly za panování dynastie Inků. Ti ovládali zdroje kvalitního kamene a z něho pak vznikala obrovitá kamenická díla, jako incké pevnosti Sacsayhuman u Cuzka, nebo Machu Picchu (viz obr. 7.6).



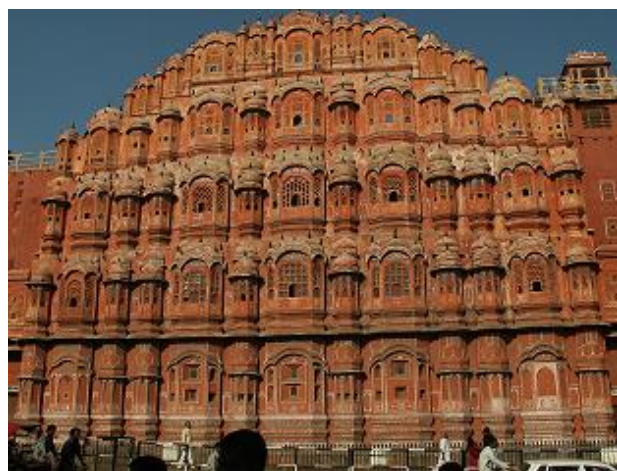
Obr. 7.6: Machu Picchu. [17]

Řečtí a římské stavitelé stavěli díla vznešená, monumentální, ale uměřená a vhodně zapadající do krajiny. Základy řecké architektury se vytvářely v druhém tisíciletí př. n. l. Z té doby byly zachovány známé hradby s Lví bránou v Mykénách, mramorové chrámy Akropolis v Aténách, Delfy, „Forum Romanum“, Koloseum v Římě apod.

Ve středověku jsou velké stavby spojeny převážně s náboženstvím. Islámští stavitelé stavěli velké monumentální mešity, pevnosti a paláce kalifů. Příkladem je mramorová hrobka v Agře, známý jako Tádž Mahal (Indie), (viz obr. 7.7), Palác větrů v Jaipuru (Indie), (viz obr. 7.8), nebo palác Alhambra v Granadě. Islámští stavitelé stavěli z kamene, vápence, alabastru, mramoru, cihel hlíny, majoliky a vzácných dřev.



Obr. 7.7: Tádž Mahal [17]



Obr. 7.8: Palác větrů v Jaipuru, Indie [17]

Na přelomu 10. a 11. století se začíná formovat nový sloh a to románský. Stavby jsou prostorné a stropy jsou obloukové. Příkladem je bazilika v Pize nebo v Čechách kostel Sv. Jakuba v Jakubu u Kutné Hory.

Od poloviny 11. století nastupuje sloh gotický. Stavby jsou vyšší, na štíhlých sloupech, klenby odvážnější, oblouky v oknech lomené. Gotičtí stavitelé stavěli nejenom katedrály, ale i kostely, kláštery nebo hrady a města. Takovým příkladem je město Carcason v jižní Francii, nebo gotické chrámy v České republice např. Sv. Barbora v Kutné Hoře, nebo Sv. Mikuláš v Lounech (viz obr. 7.9).



Obr. 7.9: Gotický chrám sv. Mikuláše v Lounech [17]

Následuje období renesance. Renesanční stavitelé využívali krásy barevného leštěného kamene, převážně vápence a mramoru. Stavělo se více paláců než chrámů. Bloky kamene dosahovaly někdy až 8 metrové výšky, např. Palác Pitti ve Florencii. Příkladem české renesance je Letohrádek královny Anny v Praze na Hradčanech.

S dalším rozvojem stavitelství nastupuje nový sloh, baroko. Barokní stavitelé používali převážně vápence a pískovce, a to na portály a ostění. Na počátku 18. století je baroko zdobeno bohatou sochařskou výzdobou. V Čechách jsou otevírány lomy na barevné vápence a mramory např. ve Slivenci. Mramor zde má barvu, hnědou, šedozelenou, ale převážně žlutočervenou. Byl hodně používán na pražských stavbách např. na kostel Sv. Mikuláše v Praze. Barokní kostel v Brně, Na nebevzetí Panny Marie je přehlídkou moravských mramorů, jako jsou např. hádský, křtinský nebo čelechovický.

Od poloviny 18. století dochází k častým přestavbám staveb dřívějších slohů. Během 19. století se kámen používá hlavně pro významné civilní stavby, jako je např. budova Federálního shromáždění, Dům kultury, výzdoba pražského metra apod.

Ve světě se využívá kámen na futuristických stavbách, jako je stále nedostavěná katedrála Família Sagrada v Barceloně nebo Rybářská bašta v Budapešti (viz obr. 7.10).





Obr. 7.10: Katedrála Familia Sagrada v Barceloně. [12]

## 7.5 Kámen jako socha

Kámen je v lidské historii využíván ne jenom na stavby, ale ve velké míře i na sochy. Primitivní člověk (*homo erectus*) začíná stejně, jak opracovává kámen při zhotovování nástrojů, upravuje kámen do podoby zvířete nebo člověka. Nejstarší nález, patrně i na světě je z Písečného vrchu u Bečova. Stárí před 250 000 léty.

V mladším paleolitu tj. před 40 000 až 10 000 léty tvoří člověk různé postavy a figurky z měkkých a středně tvrdých hornin, jako jsou slíny, alabastr (druh sádrovce), vápence, lignit, pískovce nebo krevele. Časté jsou i rytiny do skalních stěn (např. Alžírsko období „velkých hlav“.)

Velké množství obřích soch i z tvrdých hornin (křemence, křemenné pískovce, červené žuly z Asuánu), vznikaly v Egyptě. Například Memnonovy kolosy o výšce 20m, nebo známá Sfinga v Gíze. Menší sošky, misky, vázy vytvářeli kameníci z dioritu, vápence, nebo alabastru.

V oblasti současné Indie se sochařské umění začalo vyvíjet již před 4 000 léty. Vzhledem časté změny obyvatelstva a nájezdy cizích kmenů se projevil na utváření indické kultury. Indické sochy jsou výsledkem propojení světského i náboženského života. Sochaři používali pískovce, vápence, mramory, ale i tvrdé horniny, jako jsou krystalické břidlice. V prvním tisíciletí s rozvojem buddhismu, je Buddha znázorňován v lidské podobě (viz obr. 7.5). Ženské postavy v krásném tzv. trojím prohnutí těla (rituální póza-tribhanga). Póza působí smyslně, půvabně, ale důstojně. Teple, lidsky, přesto že je vytesána v kameni.

Sochaři (Olmékové, Aztékové i Mayové) ve Střední a Jižní Americe zpodobňovali převážně náboženské sochy a reliéfy. Používali velmi tvrdé materiály, jako je andezit, čedič, nefrit, obsidián, pazourek. Dokázali „přinutit“ kámen k vyjádření lidských citů. [7]

Známé jsou sochy z Mexika (toltécká pyramida v Tule), nebo známá Brána slunce vytesaná z jednoho bloku kamene v Tiwanaku (viz obr. 7.11). Známé jsou i obrazce na náhorní planině El Ingenio v Nazce. Různé tvary hvězdic, trojúhelníků, zvířat (opice, ptáka, pavouka, hada) i rostlin. Vznikaly odstraněním tmavých zvětralin na povrchu pouště, kde se obnažilo světlé vápencové a sádrovcové podloží. Tak vynikly tmavé obrysy kreseb.



Obr. 7.11: Brána slunce v Tiwanaku [17]

Světově známé jsou i sochy z Velikonočního ostrova. Sochy byly vytesány ze sopečného tufu v lomu kráteru sopky Rano Raraku. Významný byl výzkum přesunu a vztyčování soch, kterého se úspěšně zúčastnil i Čech Pavel Pavel. Vznik soch se datuje do období mezi léty 500 – 1700 n.l.

Po sochařích z Řecka zůstala velká řada nádherných soch. Země oplývala a oplývá velkým množstvím kvalitního a krásného kamene. Byl používán především mramor. Ten v různých odstínech bílé a slonové kosti, postupným oxidací stop železa dostává zlatavou patinu. Ta je patrná na sochách např. v Olympii, nebo Aténách.

Renesanční sochaři vytváří sochy světců i historických postav. Jednou z nejznámějších a dokonalých soch z tohoto období je dílo Michelangela Buonarrotiho z kararského bílého jiskřivého mramoru, socha Davida. V té době dochází k oddělení kameníků od sochařů. Sochaři museli být dobrými malíři, znát fyzikální zákony a dokonale zvládnout anatomii lidského těla.

V období baroka byl velký zájem o sochy. Feudální šlechta světská i církevní usilovala o prosazení své moci všemi prostředky. Právě sochy byly jedním z nástrojů jak oslnit poddané. Sochy lemovaly mosty, zdobily morové sloupy, sousoší svatých stávala na náměstích.

Sochaři měli mnoho pomocníků, aby stíhali zadané práce. Známé sochy z tohoto období v Čechách pocházejí z dílny Matyáše Bernarda Brauna. Příklady je pak možné vidět na Karlově mostě, ale i jinde (zámek Kuks)

Mezi sochaři 20. století patří jako jeden z nejvýznamnějších Auguste Rodin. Nechal se inspirovat tím nejlepším od sochařů z pravěku, Egypta, antiky, z období románského, renesance i gotiky. Jeho přístup je však nový. Vrací se k přírodě, k dialogu s kamenem. [7]

## 7.6 Antropogenní horniny a minerály

Výše byl popsán kámen v různých souvislostech, jako nástroj, jako stavební materiál pro stavbu obydlí, pro výrobu soch. Jednalo se převážně o horniny.

Pokud specifikujeme kámen jako nerost minerál, dostáváme se k jeho dalšímu využití, jako suroviny pro různé technologie.

Ve 14. století je využívána nerostná surovina (křemitý písek) na výrobu skla.

Později se objevují žáruvzdorné materiály, tavidla (váží na sebe  $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ ).

V 19. a 20. století, se zjišťuje možnost využití vápenců  $\text{CaCO}_3$  na odkyselení půd.

Rozvíjí se výroba žáruvzdorných, filtračních i izolačních hmot.

Velké potřeby nerostných surovin má průmysl chemický, metalurgický, keramický, optický, papírenský, gumárenský, potravinářský.

Nové technologie požadují nové typy nerostných surovin.

Pro potřeby vysokých sorbčních vlastností, například pro norné stěny jsou využívány forsterit, silimanit, expandovaný perlit – V atomových elektrárnách je využíván jako moderátor grafit.

V polovodičích v elektronických zařízeních (automatizace a kybernetika) je využíván křemík.

### “Horniny,, vytvořené člověkem

Aplikujeme-li geologické pochody na lidskou činnost, je možné hmoty vytvářené člověkem podle jejich vzniku rozdělit následujícím způsobem: a) **utuhnutím z tavenin** (obdoba s horninami vyvřelými), b) **stmelením úlomků** (obdoba se sedimenty), c) **přeměnou způsobenou vysokou teplotou** (obdoba hornin metamorfovaných).

a) **Utuhnutí z tavenin** převážně křemitých nebo křemičitanových (silikátových) vzniká **umělé sklo a sklovité strusky**. Také v přírodě se tvoří horninové sklo rychlým ochlazením magmatu (lávy) na zemském povrchu (např. obsidian, smolek a. j.).

Z roztavených rud, k nimž se přidává vápenec a jiné přísady, vznikají **kovy**. V přírodě se vyskytují jen některé ryzí kovy např. zlato, platina, měď, rtuť apod. Produkce milionů tun litiny, oceli, mědi, olova, zinku, a jiných kovů a slitin je ukázkou tvořivé činnosti člověka.

b) **Stmelením úlomků** např. těžného kameniva (písků a štěrků), nebo drceného kameniva (různých frakcí drcených hornin) s vápnem a cementem vznikají směsi podobné slepencům a brekciím: **malta a beton**.

c) K materiálům vytvořeným člověkem, které vznikly **přeměnou způsobenou vysokou teplotou**, patří různé **keramické výrobky**. Pálením cihlářských hlín se vyrábějí cihly, tašky na střechy, drenážní trubky apod. Ze speciálních jíílů se vyrábí žáruvzdorné výrobky např.

šamot, z křemenců dinas, z magnetitu magnetitové cihly. Z kaolinu, živce, křemene a vody porcelán.

Dalším důležitým výrobkem člověka je **vápno**, které vzniká pálením vápence. Jiným tmelem, který člověk vyrábí ke stavebním účelům, je **cement**. V přírodě probíhají podobné děje na kontaktu vyvřelých a sedimentárních hornin např. vznik porcelánových jaspisů, neboli **porcelanitů**, vzniklých vypálením jílu a slínů na styku s čedičovými žilami. Porcelanity v Podkrušnohoří vznikají tepelným účinkem prohořívajících uhelných slojí na sousední jíly.

Umělé krystaly umí člověk vyrábět od 19. století. Jejich využití je široké nejenom pro šperkařství. Je to například elektrotechnika, optika, zdravotnictví, jemná mechanika apod.

Jako první se podařily vyrobit rubíny a safíry.

První pokusy byly prováděny z hlinitanu olovnatého,

**Příklady – křemen, křemík, křišťál, záhněda, diamant, dusičnan sodný, (dvojlomný vápence), korund (+CrO – rubín, + TiO<sub>2</sub> a Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> safír), spinel (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + MgO) + CrO zelený spinel, + CoO akvamarín.**

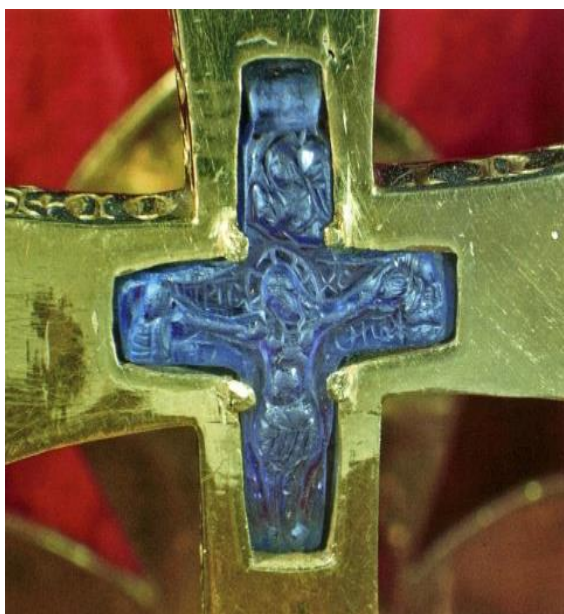
### **Vliv geologie na umístování sídel:**

Umístování sídel má souvislost s geologickou stavbou území (krajiny). Sídla jsou situována v místech, kde základové horniny (zeminy) mají určitý charakter a využívají tyto jako stavební materiály (vápence, pískovec, opuky). Využívání tradičního materiálu místního, z místních zdrojů. Stavební materiál na zdi, střechy, i ploty. Příklad – Yorkshirské (permské pískovce, karbonské vápence) ponuré stavby. Místa s výskytem jílu (cihlářských hlín). Vyrábí a využívají se cihly. Základy obvodových zdí z kamenů.

### **Gemologie:**

**Gemologie** je věda zabývající se drahými kameny. Jde o aplikovanou mineralogii, která zkoumá vznik, výskyt, vlastnosti a technologie zpracování přírodních materiálů - drahokamů a polodrahokamů. Zaměřuje se na jejich identifikaci a rozlišení od umělých (syntetických) kamenů. V přírodě existuje více než 4000 druhů minerálů, ale jen cca 50 jich je považováno za drahé kameny. Ve skutečnosti se počet drahých kamenů neustále mění, jak se nacházejí nová ložiska a jak se mění o jednotlivé druhy a zájem módy. Trvale jsou módní drahé kameny, jako je **diamant, rubín, safír a smaragd**. Aby mohl být minerál označen jako drahý kámen, musí být krásný a to především svou barvou, ale i dostatečně tvrdý (odolný), aby se snadno nepoškodil. Dále je důležitý vysoký lesk a lom světla. Drahý kámen musí být také vzácný, protože jeho malé množství určuje jeho tržní cenu.

Drahe kameny byly používány od pravěku. Využíval se například minerál jantar, který byl pravěký člověk schopen opracovávat. Drahe kameny byly odedávna chápány jako obraz bohatství a moci. Jejich užívání bylo výsadou panovníků, vysoké šlechty a církevních hodnostářů. Ve středověku se hrubě opracovávaly průhledné a průsvitné kameny. Povrch byl upravován leštěním. Příkladem jsou kameny v svatováclavské koruně, která byla sice zhotovena za Karla IV. (1346), ale použity byly kameny opracované dříve. Drahe kameny byly broušeny do ploch, které umožnily světelným paprskům se lámat a vytvářet spektrum. Drobné i složitější rytiny se objevují převážně jako církevní motivy (viz kříž, safír s vyrytým motivem ukřižování na obr. 7.12.). Svatováclavská koruna je nejstarší dochovanou památkou užití drahých kamenů u nás. (viz obr. koruna 7.13) Za panování Karla IV. nabylo zpracovávání drahých kamenů velkého rozmachu.



Obr. 7.12: Safírový křížek na koruně sv. Václava. [57] Obr. 7.13: Svatováclavská koruna. [58]

Z té doby byly zachovány výzdoby drahými kameny v kapli sv. Václava a klenotnice na Hradčanech a kaple sv. Kříže na Karlštejně.

Obliba a výroba drahých kamenů se vyvíjí během historie s různými slohy. Postupně se drahe kameny brousí. Od 17. století je velký rozvoj broušení na Turnovsku, s používáním s neznámějšího a nejoblíbenějšího kamene českého granátu. Brousí se zde dodnes. Svoji červenou barvou holubí krve „ a vysokým leskem“ se stal oblíbeným drahým kamene.(viz obr. šperky Ulriky 7.14). Střídavě zažívají oblibu i opět typické drahe kameny „vltavíny“ viz.obr 7.15). Drahe kameny svojí krásou, malou dostupností a svou vysokou cenou lákají k napodobování. Imitování drahých kamenů je známo i z nejstarších dob z Indie, Barmy nebo Cejlonu.



*Obr. 7.14: Šperky z českých granátů  
Ulriky von Levetzow.[59]*



*Obr. 7.15: Šperky z vltavínů. [20]*

Později byly vyvinuty syntetické krystaly a cíleně se vyrábějí. Nejznámější jsou korundy vyráběné Verneuilovou metodou, i mohou mít různé barvy. Vedle šperkařství mají syntetické korundy využití technické. Jsou významnou technickou surovinou do laserů.

## 8. Geotermální energie

### 8.1 Základní obecné informace o geotermální energii

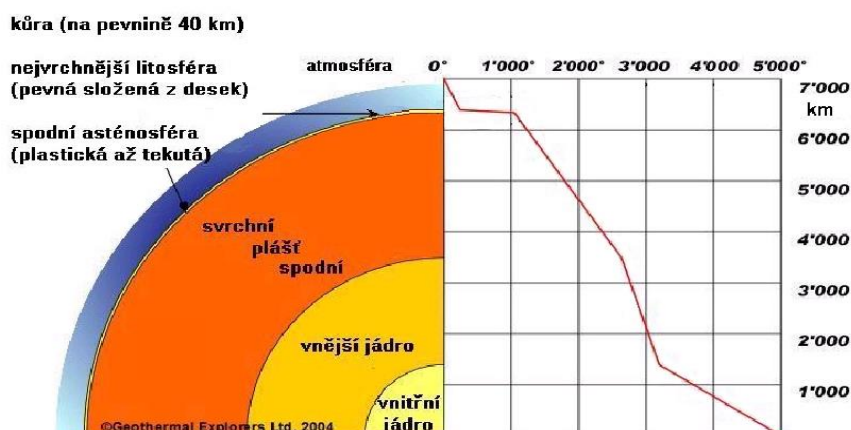
Geotermální energie je nejstarší energií na planetě. Je to energie, kterou získala Země při svém vzniku před 4,5 miliardami let. Je to přírodní teplo Země, koncentrované v horninách, ve vodě a v plynech. Teplo Země vzniká rozpadem radioaktivních prvků, při metamorfóze hornin, při pohybu bloků zemské kůry, v místech vulkanických procesů nebo při exotermních reakcích (oxidace, rekrystalizace minerálů, apod.). Tepelný zdroj se nachází ve strukturách aktivních tektonických procesů při okrajích litosférických desek, kde dochází k výstupu horkých magmatických těles do zemské kůry.

Geotermální energie je také definována, jako přírodní teplo Země, které je dosažitelné z povrchu. Většinou je rozptýlené v litosféře. Ekonomicky využitelné je pouze na místech jeho nahromadění, v tzv. anomáliích. Vlastní geotermální systémy je možné definovat jako prostorově a geologicky vymezenou část litosféry, popřípadě hydrosféry, v níž je v porovnání s okolím zjištěna anomálně vysoká teplota. Tyto systémy obsahují přírodní teplo, které v příznivých případech může být ekonomicky využíváno. [21]

Zásadní pro vznik geotermální energie jsou geologické faktory. Je to možnost oběhu podzemní vody v rozpukaných a pórovitých horninách, dostatečná akumulace podzemní vody, trvalý přínos tepla a zakrytí struktury proti úniku tepla. Nejčastěji přírodním přenašečem zemského tepla je vodní prostředí, ve formě páry nebo horké vody.

Z nitra Země je v kontinentální zemské kůře uvolňován tepelný tok směrem k povrchu o průměrné hodnotě  $57 \mu\text{W}/\text{m}^2$ . Původ tepelného toku je v teplotním gradientu mezi zemským jádrem o vysoké teplotě a povrchem Země (cca 99 % objemu zeměkoule má teplotu vyšší než  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$  (obr. 8.1)). Vysoká teplota zemského jádra je způsobena teplem uvolněným při formování Země, kdy kinetická energie srážek materiálů byla přeměněna v teplo. Další ohřev zemské kůry je způsobován kontinuálně uvolňovaným teplem z rozpadajících se radioaktivních izotopů s dlouhým poločasem rozpadu, především  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$ . Tyto radioaktivní izotopy jsou obsaženy hlavně v žule, kde mají relativně vysokou koncentraci. [22]

## Teplota Země



Obr. 8.1: Teplotní křivka zemským geoidem. Upraveno [22]

V kontinentální kůře je tepelný tok k povrchu nejvyšší v oblastech, ve kterých byla přítomna magmatická aktivita před méně než 65 milióny let. Zde se dosahuje hodnot až  $77 \mu\text{W} / \text{m}^2$ . V jiných oblastech tok klesá až na konstantní průměrnou hodnotu  $46 \mu\text{W} / \text{m}^2$ , běžnou v kůře starší než 800 miliónů let. Energie vygenerovaná přirozeným rozkladem radioaktivních izotopů je typicky  $2 \mu\text{W}/\text{m}^3$  pro sedimentární horniny, a  $3 \mu\text{W} / \text{m}^3$  pro horniny granitového typu, ale může být i vyšší (Austrálie). Tento ohřev po dobu stovek miliónů let byl dostačující k tomu, aby si žulová masa udržovala teplotu kolem  $250^\circ\text{C}$ . Žulové masivy, které byly dobře izolačně překryty, udržují v sobě dosud velkou tepelnou energii. [22]

Teplu z jádra Země je k zemské kůře přenášeno základními mechanismy - konvekci (prouděním), kondukcí (vedením) a sáláním. Proudění a tečení roztavených pevných látek je velmi účinným mechanismem přenosu tepla, nicméně v blízkosti povrchu (do 100 km), kde je materiál již příliš studený a málo viskózní, aby se pohyboval, je teplo přenášeno především vedením. Tato tuhá kůra je rozdělena (rozlámána) na řadu částí (litosférické desky), případně v nich na jednotlivé bloky, nebo příkrovy, tektonicky porušené. Jednotlivé desky se vlivem rozpínání vesmíru a Země pohybují rychlostí několika cm/rok vlivem konvekčních teplotních proudů. Na hranicích mezi zemskými deskami dochází k velkým tlakům a vývěru žhavého magmatu (sopečné činnosti) z hloubek pouze několika km pod povrchem. Tato žhavá centra se projevují vysokými tepelnými toky až  $300 \mu\text{W} / \text{m}^2$  i více. Tektonická poruchová pásma v blocích jsou nejpříhodnějšími místy pro mohutnější lokální výstupy tepla a tedy i místa zvýšeného tepelného toku.

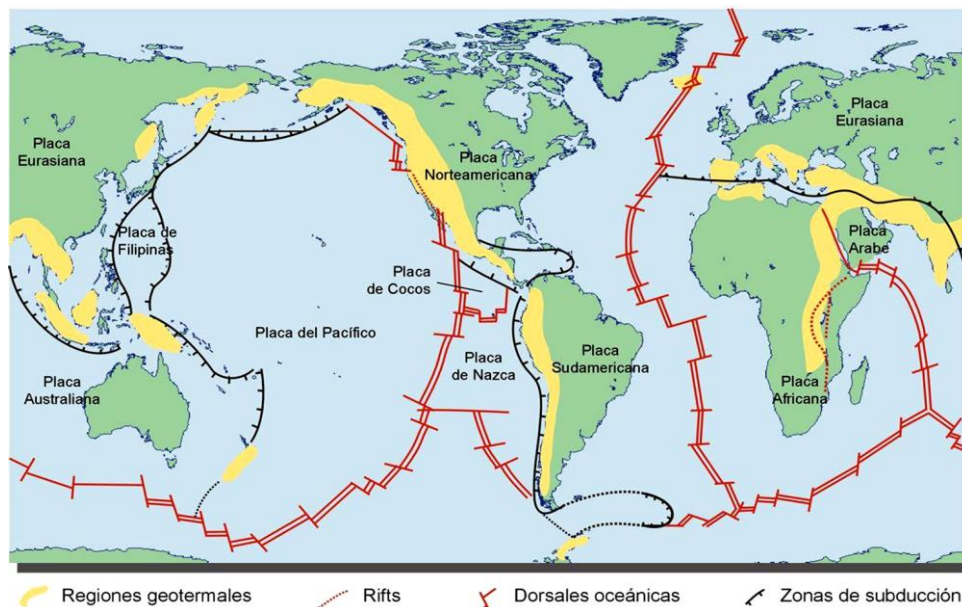
Globálně je využití geotermální energie horkých suchých hornin na začátku své éry. Tepelná energetická kapacita běžných krystalických hornin je kolem  $2.2 \text{PJ}/\text{km}^3/^\circ\text{C}$ . Znamená to například, že žulová krychle o hraně 1 km při ochlazení o  $10^\circ\text{C}$ , může produkovat 22 PJ energie, což je ekvivalent energie obsažené ve 2 milíoněch tun našeho hnědého elektrárenského uhlí. [22]

Geotermální energie, tzn. teplo získávané z nitra Země, je ekologicky šetrným zdrojem energie. Geotermální energie se zpravidla využívá buď přímo ve formě tepla (teploty do  $150^\circ\text{C}$ ) pro vytápění budov, zemědělských zařízení apod. nebo nepřímo pro výrobu elektrické



energie v geotermálních teplárnách nebo elektrárnách (vyšší teploty nad 150 °C, větší hloubky čerpání horké podzemní vody).

Využití geotermální energie je vzhledem k vysokým výkonovým parametrům, značné dostupnosti (stálá dodávka energie nezávislé na klimatických podmínkách oproti sluneční a větrné energii) a nízkým emisím (i v porovnání s využitím biomasy), je nejvhodnější vzhledem k požadované hladině emisí skleníkových plynů.



Obr. 8.2: Geotermální regiony. [60]

V nitru Země je dostatek geotermální energie. Její zdroje jsou ovšem dosažitelné jen ve svrchní části zemské kůry. Podle odhadů je v nejsvrchnější tříkilometrové vrstvě zemské kůry zakonzervováno teplo jak v horninách, tak ve vodě i páře v množství, které by stačilo pokrýt spotřebu lidstva nejméně na 100 000 let.

Množství zemského tepla, které se šíří ve směru teplotního spádu, je charakterizováno zemským tepelným tokem, který závisí na tepelné vodivosti hornin a vertikálním přírůstku teploty s hloubkou (tepelný gradient).

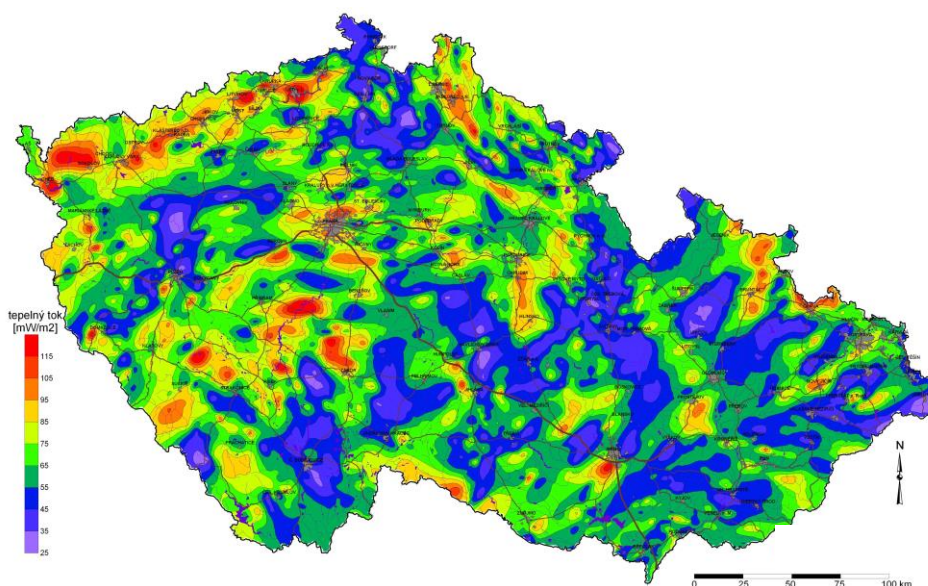
Výše uvedené veličiny **geotermický stupeň** a **tepelný gradient**, **tepelný tok** a **tepelná vodivost hornin** se využívají pro hodnocení zemského tepla

### 8.1.1 Geotermický stupeň a tepelný gradient

**Geotermický stupeň** je definován počtem metrů, o které naroste teplota o 1° C. Teplota se zvyšuje směrem do středu Země. Teplota v jádře je 5 000 - 6 000° C. Je nutné počítat s tzv. neutrálním pásmem blízko povrchu, kde se teploty nemění a jsou ovlivněny vnějšími vlivy. Nárůst teploty je také ovlivněn typem a vodivostí horniny, prouděním podzemní vody, tektonikou atd. Průměrná hodnota geotermického stupně je uváděna 33 m, což znamená, že s rostoucí stometrovou hloubkou se zvyšuje teplota o 3° C, v hloubce 1000 m je teplota o 30° C vyšší proti teplotě na zemském povrchu. V souvislosti s geotermickým stupněm je definován i **geotermický gradient (tepelný gradient)**, což je vertikální gradient teploty v zemské kůře. Jeho hodnota kolísá v rozmezí 0,01 až 0,1° C na metr rostoucí hloubky.

### 8.1.2 Tepelný tok

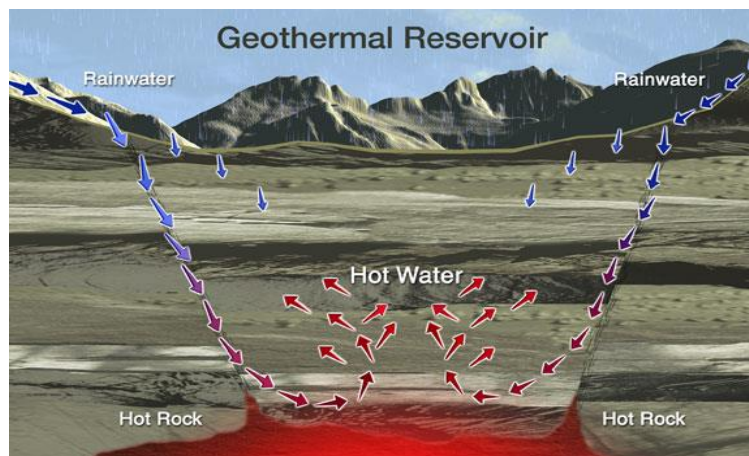
Tepelný tok je množství tepla vystupující na zemský povrch, je měřen plošnou jednotkou za jednotku času, v průměru je to  $1,4 \text{ cal/cm}^2/\text{s}$  ( $0,06 \text{ W/m}^2$ ). Tento tok je cca 10 000 x menší než slunečný tok. Při využívání se mohou vyskytovat ještě vyšší hodnoty, a to v ojedinělých zónách, kde je energie akumulovaná. Tepelný tok je při sledování teplotního gradientu a tepelné konduktivity poměrně stabilní. Anomálie se objevují v oblastech tektonicky narušených. Poruchy v zemské kůře generují teplo interakcí desek a transportují je k povrchu. [11] Tento termín patří v geotermice k nejužívanějším, neboť jeho hodnota vyjadřuje množství tepla, které prochází jednotkou plochy za jednotku času. Tepelný tok vyjadřujeme v hodnotách  $\mu\text{W/m}^2$ . Průměrná hodnota tepelného toku na Zemi je  $60 \pm 10 \mu\text{W/m}^2$ . Jeho velikost závisí na **geologické stavbě a především na stupni konsolidace**. Například staré prekambričké konsolidované štíty, jako je baltický -  $36 \mu\text{W/m}^2$ , indický -  $25 \mu\text{W/m}^2$ , ukrajinský -  $28 \mu\text{W/m}^2$  mají tepelný tok velmi nízký. Naopak mladá zvrásněná pohoří, oblasti současného vulkanismu, místa styku kontinentálních desek, riftové zóny a středoocéánské hřbety vykazují výrazně vyšší hodnoty. Jsou to například oblast Karpat ( $113 \mu\text{W/m}^2$ ), Alp ( $92 \mu\text{W/m}^2$ ), Kavkazu ( $83 \mu\text{W/m}^2$ ) nebo Islandu, kde hodnoty tepelného toku dosahují až  $209 \mu\text{W/m}^2$ . Z hodnoty tepelného toku lze částečně odvodit rychlost růstu teploty s hloubkou, neříká však nic o původu tepla. Z hlediska využití geotermální energie jsou potenciální možnosti hlavně tam, kde je vysoká hodnota tepelného toku, což znamená, že v malých hloubkách pod povrchem se nacházejí zvýšené teploty. Hodnoty tepelného toku na zemském povrchu byly naměřeny v rozmezí mezi 30 a  $120 \mu\text{W/m}^2$ . Střední hodnota  $70 \mu\text{W/m}^2$  byla vypočítána z několik desítek tisíc měření. V obr. 8.3 jsou barevně rozlišena místa rozdílného tepelného toku v České republice. Modré barvy se nacházejí v geologicky „starých“, konsolidovaných oblastech s hodnotami nízkého tepelného toku ( $35 - 45 \mu\text{W/m}^2$ ), které jsou pro získávání geotermální energie nevhodné. Odstíny barvy zelené představují střední hodnoty tepelného toku ( $55 - 75 \mu\text{W/m}^2$ ). Území vyznačená žlutou ( $85 - 95 \mu\text{W/m}^2$ ) jsou pro vyhledávání geotermální energie vhodná a hlavně červenou barvou vyznačená ( $95 - 115 \mu\text{W/m}^2$ ) jsou velmi vhodná. [23]



Obr. 8.3: Mapa tepelného toku ČR. [23]

### 8.1.3 Geotermální systémy

Základní geotermální systémy jsou přírodní konvekční **hydrotermální systémy**, **magmatické systémy**, **systémy horkých suchých hornin**. Indikátory výskytu geotermální energie jsou recentní vulkanická aktivita, častá a opakovaná zemětřesení, vysoký tepelný tok (vysoká úroveň konduktivity tepelného toku). Je to také výskyt horkých pramenů, gejzírů a fumarol.



Obr. 8.4: Vznik termálních vod. [23]

Teplo Země je možno získat nejčastěji využitím fluid cirkulujících v zemské kůře. Těmito fluidy jsou plyny, vodní pára, podzemní vody (viz obr. 8.4). Často je možné využít přímo tepla samotných hornin. Geotermální energii je možné využívat ve formě „suché“, nebo prostřednictvím **vodního média**, nebo **páry**.

„Suché teplo“ je teplo tzv. „horkých suchých hornin“ (hot dry rock – HDR) a jde o perspektivní potenciál v anomálních oblastech. Vodní médium, nebo pára jsou využívány při výrobě elektrické energie, nebo při přímém využití tepla. Více než polovina geotermálních systémů je spojena s vulkanismem. Teploty byly ověřeny až 250° C. Jde o oblasti činných sopek a „mladých“ pásemných pohoří. Horké, suché horniny se nacházejí v hloubkách 3 000, 5 000 metrů a více, a jsou signalizovány anomálním tepelným tokem. Teplota se pohybuje mezi 150, až 200° C. Jde o obrovské zásoby, ale s obtížnou technikou dobývání. Vodní médium se musí dodávat. Pro využití geotermální energie pomocí tepelných čerpadel stačí tepelný spád i jen několik tepelných stupňů C. Tepelné čerpadlo je v podstatě „obrácená lednička“, technicky je poměrně jednoduché, složitější je systém regulace podle nastavených termostatů. Rozvoj je ve světě obrovský, zdroj nevyčerpatelný a ekologicky naprosto čistý.

#### **Geotermální energie horkých suchých hornin HDR.**

Tepelná energie je čerpána pomocí dvou vrtů situovaných do místa s největší teplotou. Podzemní explozí se vytvoří systém puklin. Těmito puklinami proudí voda vháněná jedním a čerpaná druhým vrtem. Teplo je přejímáno v tepelném výměníku.

## Druhy geotermálních systémů se třídí podle různých hledisek a autorů:

1. Základní dělení vychází z teploty zdroje a jsou to systémy:

- a) vysokoteplotní (hypertermální) nad 150° C, využíváno přímo na výrobu elektrické energie pomocí parních turbin
- b) středně teplotní (100 - 150° C) využíváno nepřímo na výrobu elektrické energie prostřednictvím medií, která pak pohání turbíny
- c) nízkoteplotní (pod 100° C), využíváno hlavně na vytápění

2. Jiné podrobnější dělení uvádějí [11]. Specifikují tři základní geotermální systémy:

- a) Geotermální energie vzniklá v blízkosti vulkanických těles
- b) Geotermální energie vzniklá ve velkých hloubkách (5 - 10 km)
- c) Geotermální energie hydrotermální

Systémy a) a b) reprezentují obrovské množství nevyčerpatelného tepla, ale je technicky náročné je získat. Ekonomicky únosné je získávání tepla z hloubek do 3 km.

Systém c) je v dnešní době nejvyužívanější. Je založen na teplé vodě, nebo páře, které jsou uloženy v porézních horninách. Je to výsledek cirkulace vod přes zlomy a teplo je transportováno k povrchu.

3. Geologické třídění

Z geologického hlediska se vyčleňují dvě skupiny geotermálních systémů:

- a) systémy vázané na oblasti recentního vulkanismu, které se dále rozdělují na systémy magmatické, horké suché a hydrotermální
- b) systémy nevázané na oblasti recentního vulkanismu, dále dělené na systémy hydrotermální (konvektivní) a špatně propustné, puklinové, s hlubinným oběhem podzemní vody, systémy pánevních struktur s dobře propustnými kolektory, geotlakové systémy, tj. skrytých pánevních struktur.

4. Hydrotermální a petrofyzikální systémy.

**Hydrotermální systémy** jsou napjaté systémy, kde přírodním vodičem zemského tepla je buď suchá pára, nebo horká voda.

- Podle teploty vody se tyto systémy člení na systémy o vysoké teplotě (hypertermální) (>150° C), o střední teplotě (od 90 - 150° C) a o nízké teplotě (< 90° C). Každý z těchto systémů může obsahovat vodu s nízkým nebo vysokým podílem rozpuštěných látek.

- Hydrotermální systémy s vysokou tepelnou entalpií. Jsou to systémy s vysokým vodním tlakem, systémy s vodní parou a systémy s přehřátou vodou.

- Hydrotermální systémy s nižší tepelnou entalpií, což jsou zvodně s horkou vodou (nad 100° C) teplou vodou (40 - 100° C), zvodně nízkoteplotní (25 - 40° C) a termální prameny s teplotou vod nad 20° C.

**Petrofyzikální systémy**, jež mají zakonzervované teplo v horninách, magmatická tělesa a suché zemské teplo (Hot Dry Rock (HDR) - Horké suché horniny, nebo Fractured Hot Rock (FHR) - Rozpukané horké horniny)

- Mělké geotermální systémy do teploty 25° C a do hloubky cca 400 m. Jsou to zemní kolektory, svislé kolektory ve vrtech, podzemní voda ve vrtech a studních.

- Jiné systémy, kam patří vrty hlubší než 400 m, betonové piloty nebo základy staveb, sezónní ukládání tepla v horninách v kombinaci s jinými alternativními zdroji, ukládání tepla ve zvodních, teplo v podzemních prostorách (v šachtách, tunelech apod.), teplo povrchových vod, přímé využívání tepla vzduchu prohřátého slunečním zářením.

- Systémy hlubokých vrtů pro velké odběratele pro 2 MW tepelného výkonu. Systém je založen na spojení principu využití vyšších teplot zemského tepla v hloubkách 3 km, kde jsou teploty nad 100 °C.

## 8.2 Využívání geotermální energie

### 8.2.1 Historie využívání geotermální energie

První zmínky využívání geotermální energie jsou známy již z období paleolitu. Byla využívána pro teplé koupele. Staří Římané teplé vody využívali nejen pro koupele, ale rovněž pro vyhřívání domů. Z historie je zajímavé i využívání geotermální energie k přípravě jídel. Například v Japonsku na některých místech je možné uvařit vajíčka pouhým zahrabáním do země. Na Novém Zélandě se konzumuje „hanghi“, což je jídlo upravované na páře. Maoři (původní obyvatelé) vařili ryby v horkých pramenech (ryba na modro). Na Islandu se peče ve speciálních nádobách chleba. Zahrabe se několik desítek cm do země a druhý den je hotový. Na starém islandském obraze je znázorněn teplý přírodní pramen, ve kterém paní koupe dítě, dcera pere prádlo a na fumarole vaří brambory. V Gruzii se geotermální energií suší čaj. Hlavní město Tbilisi znamená v gruzínštině „Vařící voda“ [11]. První „oblastní“ teplárna začala pracovat v Americe v roce 1892. První energii z geotermálního vrtu získal J. Conti v Lardello v severní Itálii v roce 1904. Tato první elektrárna na světě s kapacitou 250 kW byla spuštěna v roce 1913. Elektrárna se nachází v italském Toskánsku, geologicky aktivní oblasti Valle del Diavol, v blízkosti kráteru Lago Vecchienna a nazývá se podle francouzského vědce Françoise de Lardell - Lardello. Provoz je technologicky náročný, horká voda z vrtů je mineralizovaná a zanáší technologická zařízení, je nutné potrubí měnit a čistit. Dostatečný tepelný spád je často spojen s geologickou nestabilitou oblasti, což klade vysoké nároky na kvalitní stavbu schopnou odolávat zemětřesením. Elektrárna Lardello v současnosti produkuje 4 800 GW hodin za rok a zásobuje 1 milion italských domácností. Svoje prvenství si udržela do roku 1958, kdy byla na Novém Zélandě dána do provozu elektrárna Wairakei (viz. obr. 8.5). Na obr. 8.6 je geotermální pole Wairakei, které čerpá horkou páru a síť potrubí ji vede do nedaleké elektrárny.

Elektrárna Wairakei využívá směs 80% vody a 20% páry. Energie je čerpána z hloubky 1200 m o teplotě 140° C. Výkon elektrárny je 170 MWe (8 turbín), kryje 10% elektřiny Nového Zélandu. Horká voda je vháněna zpět do kolektoru.



*Obr. 8.5: Geotermální elektrárna Wairakei, Nový Zéland, severní ostrov.[17]*



*Obr. 8.6: Geotermální pole – Wairakei, Nový Zéland – severní ostrov. [17]*

Od roku 1960 je v provozu několik elektráren v USA, v Kalifornii v oblasti geotermálního pole Salton Sea (oblast Gejzírů) a to o kapacitě 1000 MW (viz obr. 8.7). Geotermální elektrárna v Mammoth Mt. má tři části o kapacitě 15 a 10 MW. Pomocí 13 vrtů se z hloubky 160 m těží vodní pára a po využití je zbytková horká voda vtlačena do hloubky 700 a 800 m zpět do kolektoru.



*Obr. 8.7: The Geysers Kalifornie.[61]*

Jednou z významných oblastí využívání geotermální energie je ostrov Island. Je situován na středoatlantickém riftu a zároveň je mladou vulkanickou oblastí (třetihory až současnost). Historie začíná spuštěním první turbíny v roce 1977 v geotermální elektrárně Krafla s výkonem 30 MW. V roce 1983 ji následovala geotermální elektrárna Bjarnarflag o výkonu 3 MW.

Poloostrov Kamčatka je součástí tzv. „Ohnivého kruhu“. Je zde velké množství činných sopek, které dávají obrovský geotermální potenciál. Na obr. 8.8 je nová geotermální elektrárna v blízkosti vulkánu Mutnovský. Energie a teplo zásobuje celé hlavní město Petropavlovsk – Kamčatský.

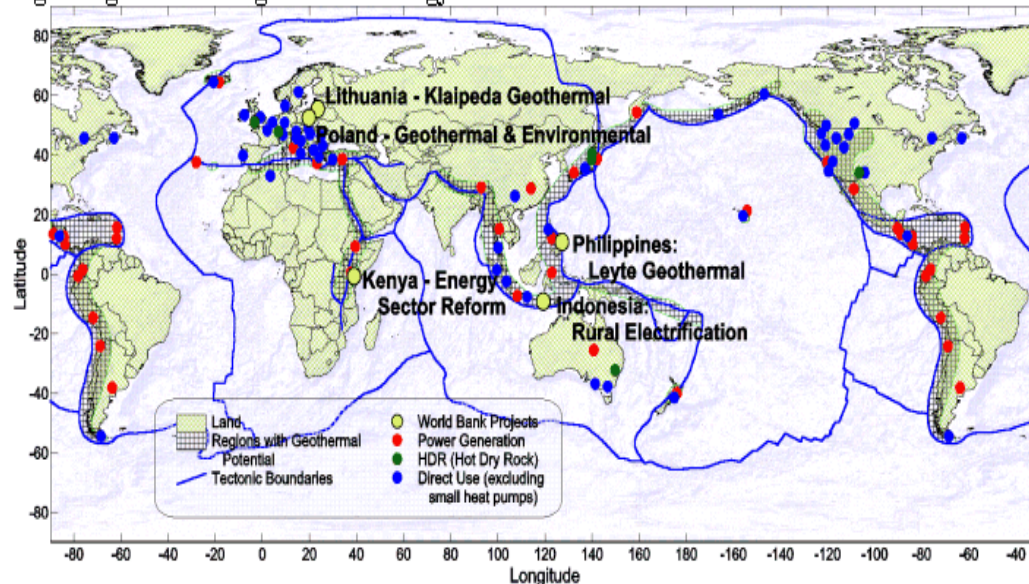


*Obr. 8.8: Geotermální parní elektrárna Mutnovská 2, na Kamčatce. (Archiv CVEL, 2008)*

## 8.2.2 Současný stav využívání geotermálního potenciálu planety Země

Geotermální energie se stává jedním z nejatraktivnějších zdrojů obnovitelné alternativní energie. V současnosti je celosvětově v geotermálních elektrárnách instalováno zhruba 6000 MW, což je jen nepatrný zlomek celkového potenciálu, (viz obr. 8.9). Země, které využívají geotermální energii, jsou Island, Nový Zéland, Japonsko, USA, Keňa, Turecko, Velká Británie, Čína, Austrálie, Litva a další.

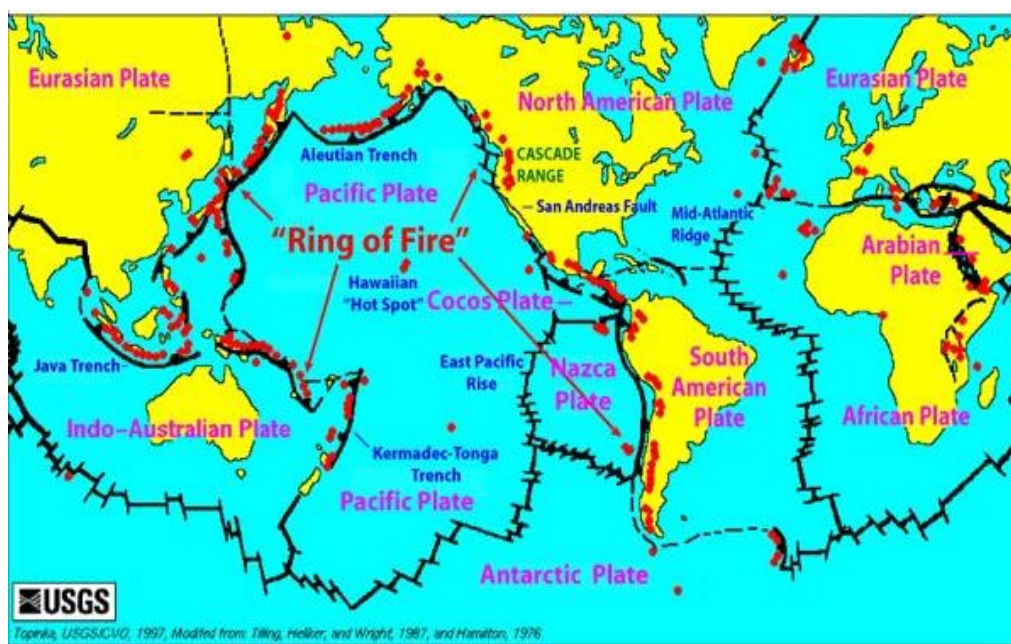
Figure a global view of geothermal energy



Obr. 8.9: Využívání geotermálního potenciálu ve světě. [60]

Využití hluboké geotermální energie vyžaduje důkladné studie s ohledem na vhodnost geotermální struktury, hlavně možnost hlubinného oběhu vodního media a vytvoření podzemního puklinového výměníku tepla. Investiční náklady jsou zatím vysoké, ale perspektivně je to jeden ze zdrojů energie budoucnosti. Jeho vybudování bude zajišťovat energetickou nezávislost na centrálních zdrojích energie. Geotermální energie má velkou výhodu, dodává zajištěný výkon bez jakéhokoli narušení klimatickými či jinými vlivy. Také je snadno regulovatelná. Další vyšší zásoby tepla jsou technicky dosažitelné, takže tato energie bude moci sloužit i budoucím generacím. Ne všechna místa na planetě jsou pro využívání geotermální energie vhodná. Geotermální zdroje vysokopotenciální energie jsou situovány v nestabilních zónách planety Země, v podstatě na hranicích litosférických desek. Nejvýznamnější jsou oblasti vázané na cirkumpacifickou oblast tzv. „Ohňový kruh“. (obr. 8.10). Zahrnuje země a regiony, kde je geotermika vysoce rozvinutá, například Japonsko, Nový Zéland, Kalifornie, západní pobřeží Mexika, Severní, Střední a Jižní Amerika, velký africký rift, zvláště Džibuti, Etiopie a Keňa a Antilský oblouk. Další známá oblast je tzv. „mediteránní“ nebo také „středomořská“. Sem patří státy např. Turecko, Řecko a Itálie. Samostatným specifickým příkladem je ostrov Island, ležící v Atlantickém oceánu.





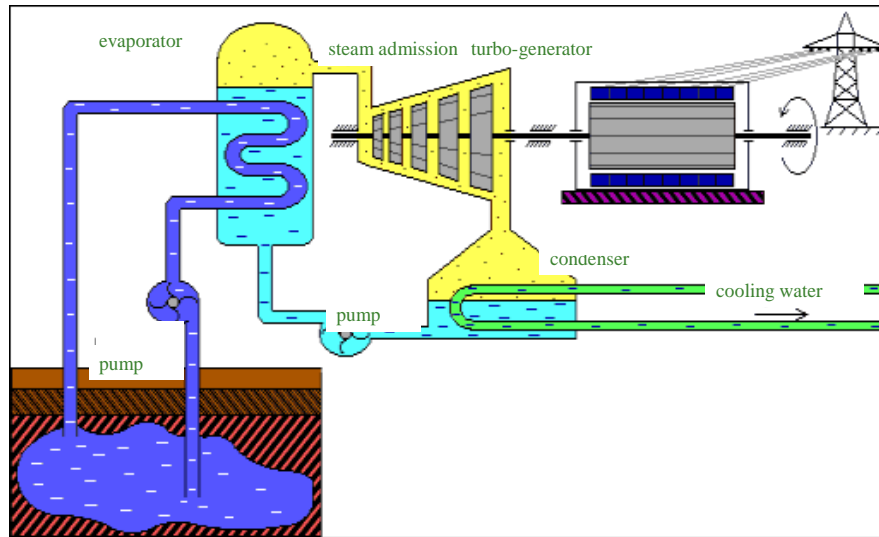
Obr. 8.10: „Ohňový kruh“. [62]

Teoretické výpočty a řada praktických aplikací dokazují, že geotermální energie planety má obrovský, prakticky nevyčerpatelný potenciál v porovnání s existencí lidské populace a jejích budoucích energetických požadavků. Přesto jde o potenciál, který je v poměru k jiným i obnovitelným zdrojům energie využíván zatím minimálně. Nejvýznamnějším využitím geotermální energie je výroba elektřiny, která využívá nejteplejší zdroje o teplotách nad 150°C.

Ve světě jsou již velmi intenzivně využívány horké vody hydrotermálních konvekčních (čili proudících) systémů nebo magmatických struktur ve vulkanických oblastech. Nejteplejší přírodní hydrotermální systémy jsou vázány na okraje litosférických desek, které jednak umožňují vzestup horkých magmatických těles do zemské kůry a jednak umožňují výstup tepla. Vytvoření využitelného systému vyžaduje současné splnění řady strukturně-geologických a dalších podmínek jako jsou nahromadění - akumulace a konvekce vody, rozpukání hornin, jejich propustnost, umožňující oběh vody a naopak těsnicí účinek pokryvů. Ne všude na světě jsou místa, kde je většina podmínek splněna a kde je proto možné tento systém ekonomicky využít. V současné době je celosvětově využíván elektrický výkon 2300 MW, z čehož připadá 1000 MW na oblast The Geysers v Kalifornii, 420 MW na Lardello-Monte Amiata-Travale v Itálii a 192 MW na Wairakei na Novém Zélandě. Dále je instalovaný výkon elektrické energie rozptýlen na lokalitách v Japonsku (215 MW), Mexiku (190 MW), Rusku na Kamčatce (6 MW), Tchajvanu (10 MW) a Islandu (3 a 60 MW projektováno). V Číně se realizují pokusy na severním svahu Himaláje, ale kapacity instalací nejsou známy. Řada instalací je na velkých prasklinách či tektonických strukturách na kontinentech v Africe v Keni, Etiopii, Ugandě. I v Evropě je již v provozu několik instalací na významných zlomových strukturách zemské kůry v rýnském prolomu - rýnském riftu (Soultz sous Forest, Francie, Landau v Německu). Již třetí instalace typu Hot Dry Rock - suché zemské teplo (HDR) na výkon 5 MW se buduje v Austrálii v bývalém ložiskovém území na těžbu mědi. Využívání geotermální energie závisí na hodnotě získané teploty. Základní dělení je založeno

na tzv. hypertermálních zdrojích s teplotami nad 150°C, na zdrojích středně teplých, které se pohybují mezi 90 - 150°C a zdrojích nízkoteplotních o hodnotách pod 90°C.

Hypertermální geotermální zdroje jsou využívány pro výrobu elektrické energie. Na obr. 8.11 je uvedeno schéma geotermální elektrárny využívající páru.

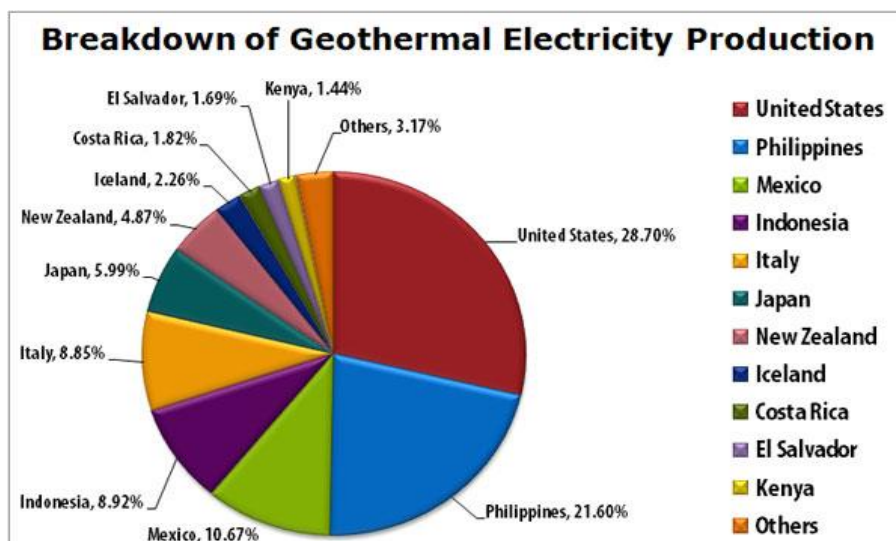


Obr. 8.11: Schéma geotermální elektrárny na páru. [60]

V současné době existují tři druhy technologií geotermálních elektráren:

- **Systém suché páry** používá přímo páru získanou ze země na pohon turbíny.
- **Systém mokré páry** nechá nejprve horkou vodu přeměnit v páru a ta pak slouží k pohonu turbíny.
- **Horkovodní (binární) systém** použije vodu s nízkou teplotou, která předá ve výměníku teplo organické kapalině (např. propan, isobutan a freon) s nižším bodem varu, a teprve její pára pak pohání turbínu.

V příloženém obr. 8.12 jsou uvedeny státy a jejich procentuální využívání geotermální energie **vysokoteplotních zdrojů** k výrobě elektrické energie.

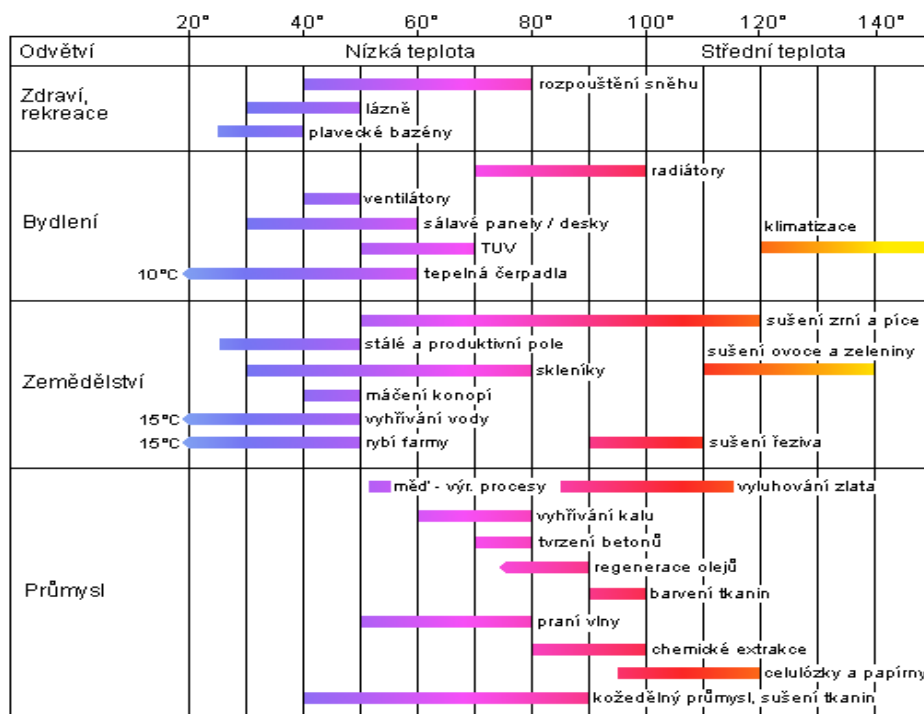


Obr. 8.12: Podíl států využívajících geotermální energii. [60]

Z uvedeného grafu je patrné, že největší produkci mají Spojené státy, pak následují Filipíny, Mexiko, Indonésie, Itálie a další. Itálie je jediným významným producentem elektrické energie v Evropě. Využití **středně teplých zdrojů geotermální energie** (90 - 150°C) je hlavně uplatňováno pro vytápění objektů, v průmyslu a v zemědělství, v balneologii a k rekreaci, viz Lindalův diagram [11] – Tab. 8.1.

Největší geotermální topný systém na světě má Island především v Reykjavíku. Dále se zde využívá geotermální teplo pro vytápění skleníků pro pěstování zeleniny, květin ale i jižních plodů, jako jsou pomeranče, citrony, banány apod. Květiny a zelenina se pěstují s využitím zemského tepla i ve střední Itálii a Maďarsku. Nejvhodnější a ekonomicky nejméně náročné jsou struktury hydrotermální, tedy většinou sedimentární synklinální pánve s dobře zvodněnými vrstvami. Taková struktura se nachází například v centrální druhohorní pánvi ve Francii, kde je realizováno již několik set geotermálních výtopen měst, menších aglomerací či průmyslových objektů. Podobná struktura je uváděna z Maďarska, kde je v provozu již několik desítek instalací využívajících teplé podzemní vody s teplotami do 90°C.

Středně teplé geotermální zdroje jsou vhodné pro objekty s větší spotřebou tepla. Pokud jako zdroj tepla je uvažována teplá podzemní voda, je nutné velmi pečlivě zpracovat tepelnou a objemovou bilanci zvodně, aby při vracení ochlazené vody do podzemní nedocházelo k jejímu prochlazování.



Tab. 8.1: Lindalův diagram. [11]

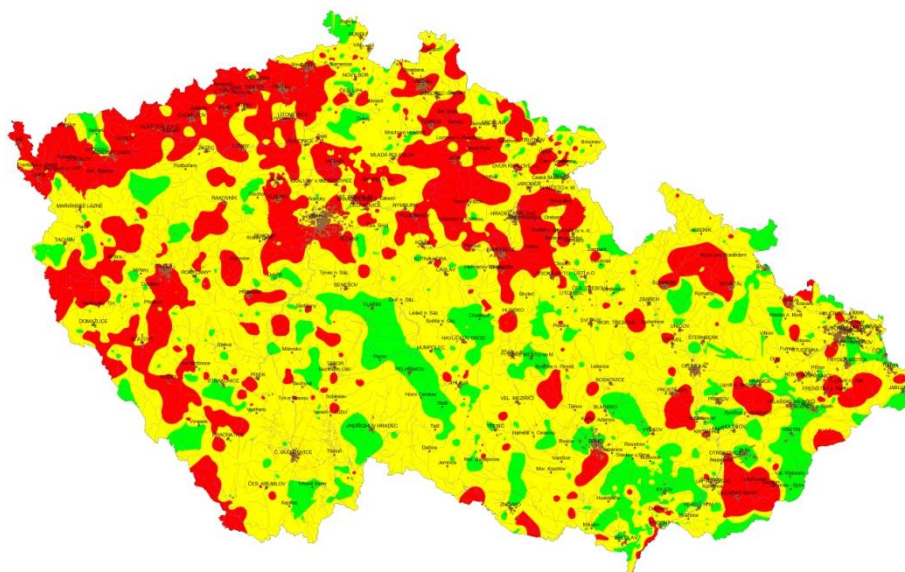
Využití **nízkoteplotního geotermálního potenciálu**, (teploty pod 90°C) je možné prakticky v neomezeném množství, protože je odebíráno zemské teplo, které jinak uniká do atmosféry [24]. Tento potenciál je dosažitelný v malých hloubkách pod povrchem z podzemní vody, anebo mělkými geotermálními vrty na "suché" zemské teplo, hlubokými jen desítky nebo stovky metrů. Využití této geotermální energie je specifikováno opět v Lindalově diagramu (viz tab. 8.1). [11] V balneologii a k rekreaci jsou nejvíce využívány teploty mezi 25 - 40°C. Pro vytápění objektů se využívají teploty mezi 40 - 70°C.

Tepelná čerpadla využívají teploty od 10 - 60°C. Zájem o výrobu tepla pomocí tepelných čerpadel stále narůstá. Uplatnění tepelných čerpadel umožňuje využití ekologického zdroje energie, a i když potřebuje dodávat cca 1/3 vyrobené tepelné energie, je přesto již v současné době ekonomické. Při využití tepla podzemní vody je nutné potvrdit hydrogeologickým posouzením množství čerpané podzemní vody, její chemismus, plošný rozsah odběru vody (neovlivnění stávajících využívaných zdrojů vody) a fyzikální hodnoty pro správný chod tepelného čerpadla. Pro využití „suchého“ zemského tepla je nutné správně ocenit teplotní poměry každé lokality a zajistit ochrannou vzdálenost konstantního odběru tepla každého geotermálního vrtu.

### 8.2.3 Geotermální potenciál České republiky

V hodnocení geotermálního potenciálu nezůstává Česká republika pozadu za jinými zeměmi světa [24]. Geotermální potenciál v jednotlivých částech našeho území je značně proměnlivý, hlavně ve vztahu ke geotermálním, geologickým a hydrogeologickým podmínkám. Při zpracovávání území určitého regionu je nutné rozdělení na plochy nejvhodnější pro využití geotermální energie pro jednotlivé objekty a na plochy vhodné pro větší zdroje využitelné pro hromadné zásobení teplem nebo výrobu elektrické energie. Na

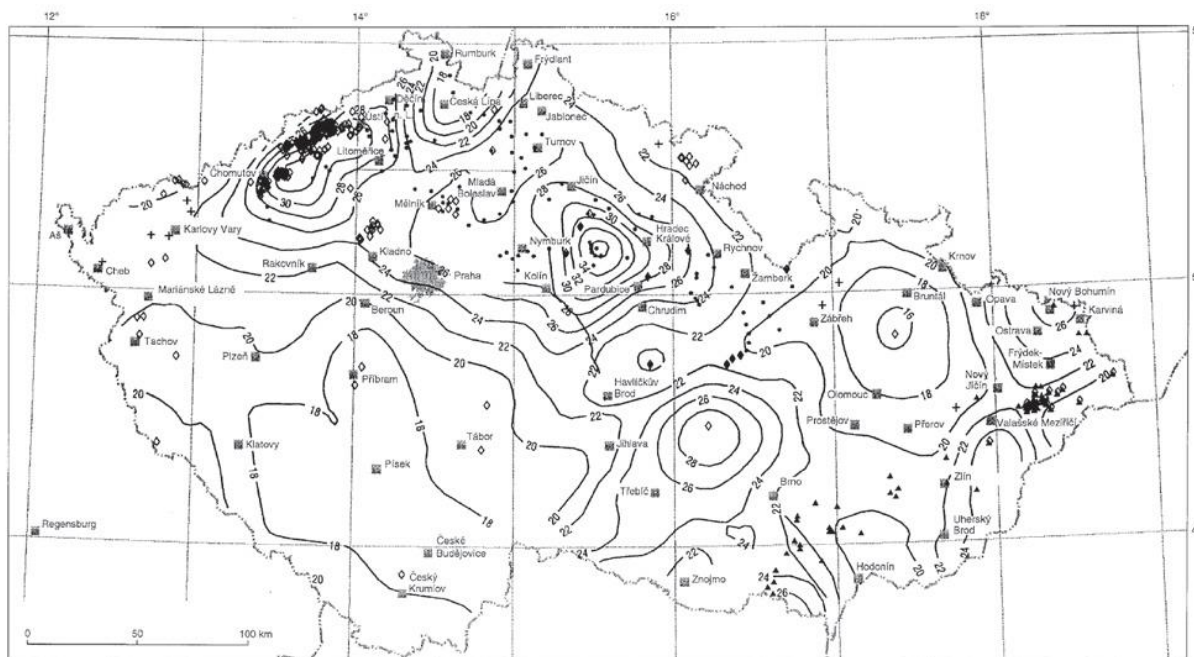
základě zkušeností z jiných států s podobnou geologickou stavbou má i ČR svoje potenciální zdroje geotermální energie (viz obr. 8.13).



■ méně vhodné    
 ■ vhodné    
 ■ velmi vhodné

Obr. 8.13: Potenciál využití geotermální energie v ČR. [25]

Ukázka rozložení geotermálního potenciálu v České republice v hloubkách 500 m pod povrchem je patrná z obr. 8.14. Využití zemského tepla je nutné posoudit v každé oblasti samostatně, jelikož jeho rozložení v zemské kůře v hloubkách 1 až 2 km je velmi nepravidelné. [26]



Obr. 8.14: Geotermální potenciál v ČR v hloubkách 500m. [26]

Na obr. 8.14 jsou patrné výrazné anomálie, které se nacházejí v podkrušnohorské oherské riftové zóně a v české křídové pánvi. Průzkumné vrty jsou rozlišeny v české křídové pánvi (malé tečky), v karpatské předhlubni (plné trojúhelníčky) a v oherské riftové zóně (prázdné kosočtverečky). Křížky označují lázně.

Nízkoteplotní zdroje geotermální energie jsou využívány za pomoci tepelných čerpadel. Na příkladu aplikace hloubkového vrtu viz obr. 8.15 je znázorněn jeden typ tepelného čerpadla systému země – voda pomocí hloubkového vrtu. Z hornin je tepelná energie přiváděna k tepelnému čerpadlu pomocí vrtu. Do vrtu jsou zapuštěny polyetylénové trubky tvaru U – tzv. kolektor (představuje vlastně prodloužený primární výměník – výparník) a vrt je po celé délce vyplněn injektážní směsí. Tento svislý kolektor je hermeticky uzavřený: tepelnosné médium - ekologická nemrzoucí směs (voda s technickým lihem) cirkuluje v uzavřeném okruhu kolektoru a nedochází tedy k jeho styku s horninovým prostředím.



Obr. 8.15: Aplikace tepelného čerpadla, systém země voda. [63]

Tato ekologická nemrzoucí směs po dobu chodu tepelného čerpadla odnímá horninám nízko-potenciální tepelnou energii o teplotě 4 - 5<sup>0</sup>C a předává ji přes výměník (výparník) ekologickému chladivu, které cirkuluje ve vnitřním okruhu tepelného čerpadla. Ve výparníku dojde k ohřátí chladiva a k jeho vypařování. Páry jsou nasávány elektrickým kompresorem tepelného čerpadla, který je stlačením výrazně zahřívá. Kompresor tedy tepelné čerpadlo umožňuje transformaci nízkopotenciální tepelné energie na energii využitelnou pro potřeby bydlení. V kondenzátoru dojde k předání tepelné energie do otopného systému objektu a tím plynné chladivo zkapalní. Chladivo se pak průchodem přes expanzní ventil prudce rozepíná a silně ochlazuje a kompresorem je nasáváno přes výparník. Zde chladivo přebírá tepelnou energii hornin, mění skupenství na plynné a celý cyklus se automaticky opakuje, což představuje Carnotův cyklus. [27]

Možnost využití:

- z půdní vrstvy, hornin, vody – nízkoteplotní (do 50<sup>0</sup>C uplatněním tepelných čerpadel)
- z hlubších částí horninových masívů – středně teplotní (do 100<sup>0</sup>C tepelnými čerpadly i přímo)

- z hlubokých úseků horninových masívů – vysokoteplotní (nad 100°C přímý zdroj tepla – výroba elektrické energie)

Výhody: - zajišťuje nezávislost na centrálních zdrojích energie  
- z lidského pohledu je nevyčerpatelná  
- využití neovlivňuje životní prostředí  
- zdroje zabírají na povrchu jen minimální plochy

Nevýhody: - oteplování a zasolování vodotečí (Nový Zéland-Wairakei  
- vyvolání lokálního zemětřesení (Švýcarsko-Basilej, Francie-Soultz-sous-Forets, Německo-Landau)

### Vysokoteplotní systémy geotermální energie

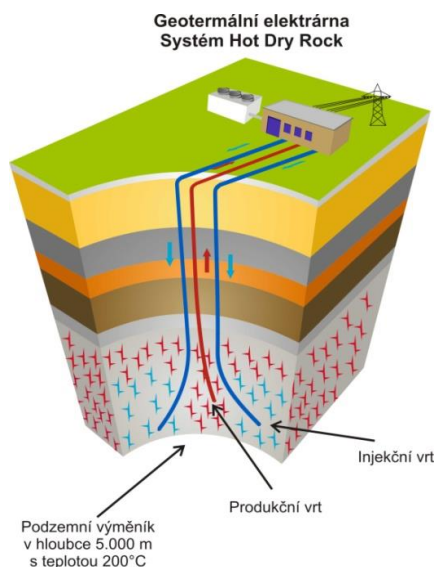
Systémy:

HDR (Hot Dry Rock – horké suché horniny) - sestava tří hlubokých vrtů: 1 produkční a 2 vsakovací (viz obr. 8.16)

FHR (Fractured Hot Rock – přírodní horké rozpukané horniny)

EFHR (Enhanced Fractured Hot Rock – technicky upravené horké rozpukané horniny)

HWS (Hot Water System – systém horké vody) - sestava dvou vrtů: produkční a vsakovací



Obr. 8.16: Blokové schéma HDR. [22]

### 8.2.4 Současně rozpracované a nově realizované geotermální projekty v Evropě a v ČR

#### **Realizované projekty:**

Soultz, Francie - elektrický výkon 1,5 MWe (netto)

Altheim, Německo (Bavorsko) - topení, elektrický výkon 1 MWe

Unterhaching, Německo (Bavorsko) - topení, elektrický výkon 3,36 MWe

Landau, Německo (porýní) - topení, elektrický výkon 3,8 MWe

Larderelle, Itálie - topení, elektrárna (vodní pára), výkon 545 MWe

#### **Rozpracované projekty:**

Německo - několik desítek lokalit,

Francie - 2,  
Maďarsko - 1,  
Slovensko - 1

***Současně rozpracované geotermální projekty v ČR:***

**Litoměřice**, projekt je rozpracován nejdále. Má územní rozhodnutí, geofyzikální průzkum, - průzkumný vrt do hloubky 2110m, a byla ověřena a potvrzena teplota, horniny. Je zpracována EIA a probíhá stavební řízení. V **Dětrichově** je zpracován geofyzikální průzkum, EIA a probíhá územní řízení. V **Lovosicích** je proveden geofyzikální průzkum a připravuje se územní rozhodnutí. Projekty se připravují v **Liberci**, **Boskovicích**, **Nové Pace**, **Semilech** a **Tanvaldu**.



## 9. Těžba nerostných surovin a její vliv na ŽP

### 9.1 Těžba nerostných surovin – obecně

**Hornictví** definujeme jako činnost, která je spojená s těžbou nerostů. Hornická činnost je těžba nerostů vyhrazených a nevyhrazených (viz kapitola 12. Legislativa, zákon č. 44/1988 Sb., § 3), ale i dalších zásahů do zemské kůry. Patří sem na počátku **geologický průzkum**. Podmínkou dobývání nerostů z výhradních ložisek včetně úpravy a zušlechťování vydobytých nerostů prováděných v souvislosti s jejich dobýváním, je udělení **dobývacího prostoru (DP)** [28], který definuje jeho rozsah a chrání ložisko před jiným využitím prozkoumané lokality. Následný krok je **plán otvírky a přípravy dobývání (POPD)**. Do tohoto plánu jsou zahrnuty všechny nutné podmínky pro těžbu nerostné suroviny, včetně podmínek **ekologické těžby** dobývání a plánu následné rekultivace po ukončení těžby. [28]

Pod činnost hornictví je zahrnuta i úprava užitkových surovin, příprava provozování těžeben a zahlazování negativních dopadů po těžbě. Metody těžby záleží na fyzickém stavu ložiska (suroviny) a místu uložení. Fyzickým stavem ložiska je myšleno, zda se jedná o tzv. pevné, tekuté, nebo plynné ložisko. Pevná ložiska dále dělíme na „**tvrdá a měkká**“. Mezi tzv. tvrdá ložiska řadíme například různé horniny, jako jsou vyvřeliny, metamorfika apod. Ložiska sedimentů jsou ložiska měkká. Ložiska vody, ropy a plynu jsou evidována, jako „**tekutá a plynná ložiska**“.

Podle uložení ložiska ve vztahu k zemskému povrchu se dělí těžba na **hlubinnou, povrchovou a tzv. jinou**.

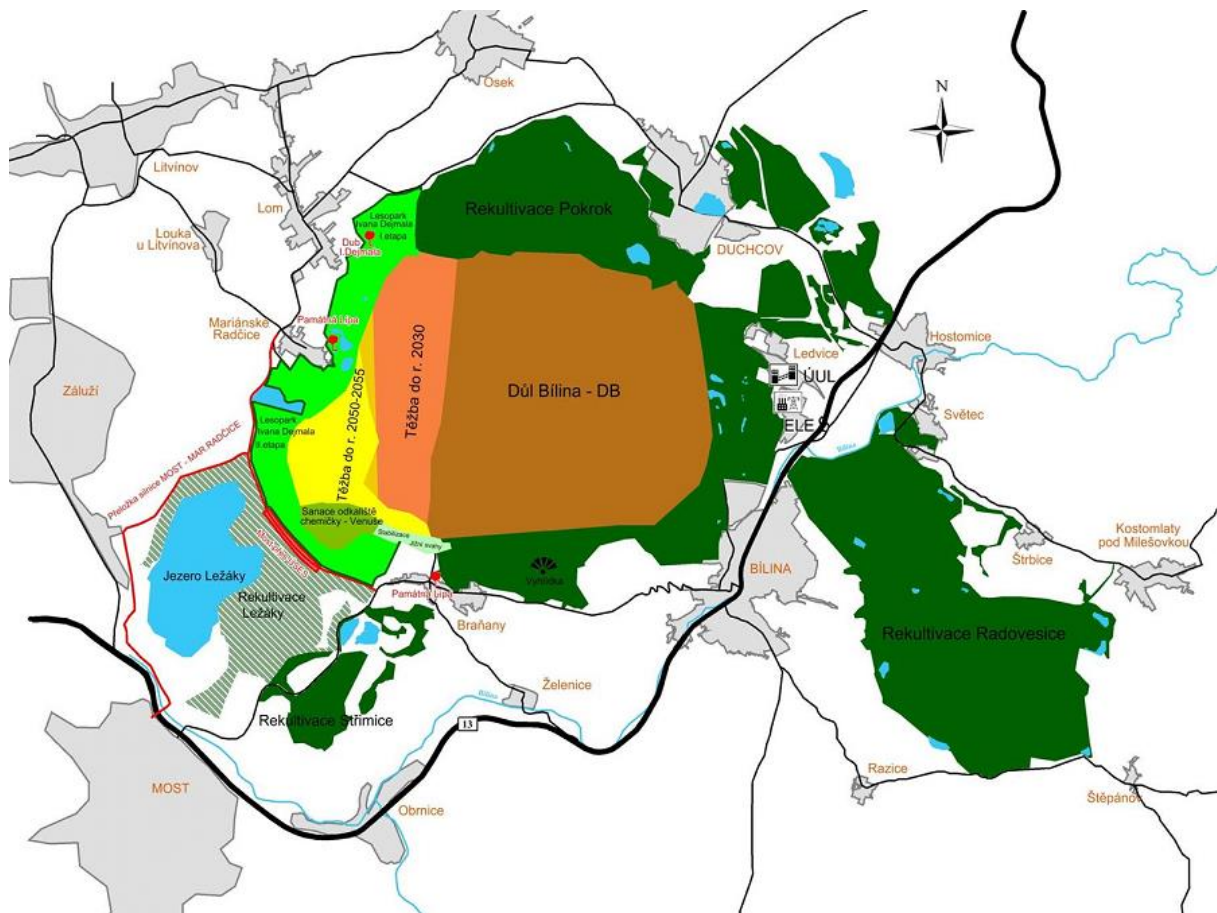
**Hlubinná těžba** probíhá v hlubinných dolech. Z nerostných surovin se hlubinným způsobem těží např. uhlí, rudy nebo nerudy.

**Těžba povrchová** je prováděna na zemském povrchu v povrchových lomech. Mezi nerostné suroviny těžené tímto způsobem patří např. uhlí, stavební suroviny, cihlářské a keramické suroviny, kaolin apod.

Mezi typy tzv. „**jiné**“ těžby patří například metody chemické těžby nebo bakteriálního loužení. Chemická těžba je využívána při těžbě uranu. Bakteriální loužení je známé z těžby některých kovů.

Podle těžené suroviny rozlišujeme hornictví - **uhelné, rudné a nerudné**.

Projevy hornické činnosti jsou typické pro tzv. **hornickou krajinu**. Je to krajina postižená těžbou nerostných surovin, jejich úpravou, ale i následnými rekultivacemi a revitalizacemi. Mezi typické „**hornické krajiny**“ patří Severočeská hnědouhelná pánev (SHP), (obr. krajiny 9.1) tj. oblast v Podkrušnohoří, kde probíhá rozsáhlá povrchová těžba hnědého uhlí nebo Ostravsko karvinský revír (OKR), který je známý těžbou černého uhlí hlubinným způsobem. Známé hornické krajiny jsou také Příbramsko a Jáchymovsko, kde již těžba rud skončila, ale projevy jsou na povrchu stále patrné např. haldy hlušiny, často ne dobře rekultivované.

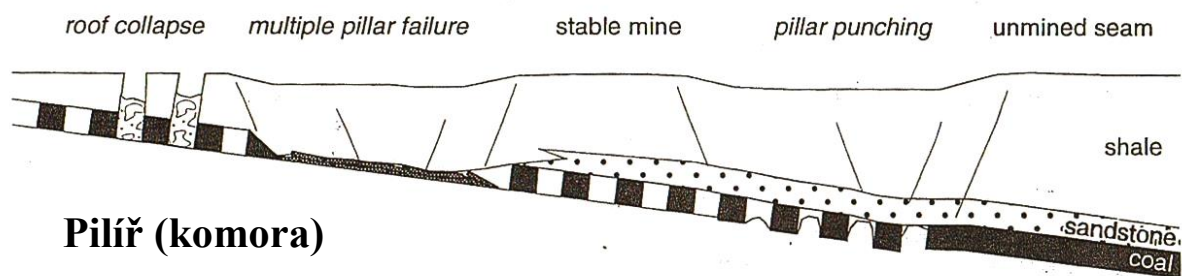


Obr. 9.1: „hornická krajina“ – Severočeská hnědouhelná pánev (lom Bílina). [42]

## 9.2 Různé typy těžby

### 9.2.1 Hlubinná těžba

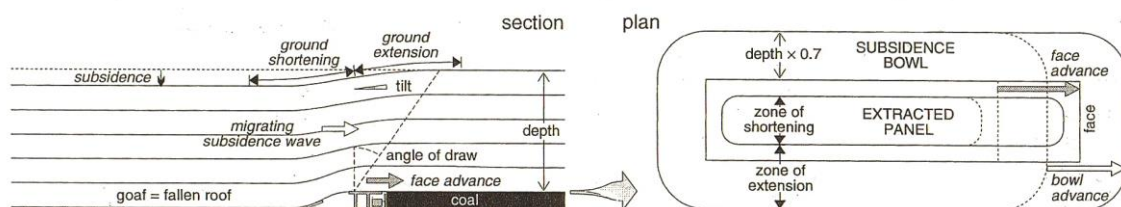
Hlubinná těžba probíhá na ložiscích různých nerostných surovin, která jsou uložena ve větších hloubkách. Dobývací metody záleží na druhu suroviny a jejím uložení, tak aby byla těžba co nejefektivnější a bezpečná. Patří sem technologie dobývání pilířováním, zátinkováním nebo komorováním (viz obr. 9.2). Odlišným způsobem se těží mocné uhelné sloje a to tzv. lávkováním. Rozdíly v technologii jsou dále podle uložení sloje. Převážně vodorovně uložené sloje se těží výše uvedenými metodami, složitější těžba je pak na strmě uložených slojích. Další typy dobývání jsou např. nadpatrové a podpatrové nebo stěnování (viz obr. 9.3) a to v podmínkách, jak v uhelných nebo rudních dolech. Hlavní součástí těžby jsou bezpečnostní opatření. V nestabilních podmínkách jde o různé typy výztuží nebo různé typy zkládky, která omezuje poklesy povrchu. Jsou to zakládky prosté nebo zpevněné.



## Pilíř (komora)

Obr. 9.2: Pilíř (komora). Roof collapses - propad stropu, multiple pillar failure - několik porušených pilířů, stable mine - stabilní důl, pillar punching - pohyblivý pilíř, unmined seam - netěžená vrstva, shale - břidlice, sandstone - pískovec, coal uhlí. [6]

## Stěnové dobývání



Obr. 9.3: Stěnové dobývání. Subsidence - poklesy, Ground shortening - smrštění povrchu, roztahení povrchu, migration subsidence wave - pohyb poklesové vlny, angle of draw - úhel poklesu, face advance - čelba, fallen roof - propad stropu, coal - uhlí.

Subsidence bowl - poklesová mísa, extracted panel - postup těžby, face advance - čelba, depth - hloubka, zone of shortening - oblast zúžení, zone of extension - oblast rozšíření. [6]

### 9.2.2 Povrchová těžba

Povrchové dobývání je založeno na mocnosti skrývky nadložních zemín ložiska. Rentabilita těžby spočívá především na maximálním vytěžení nerostné suroviny (80 – 90%). Efektivnost se pak řídí skrývkovým poměrem tj. skrývka versus těžené suroviny. Technologie dobývání jsou různé. Např.: lopatovými rypadly, rypadly s vlečným korečkem nebo kolesovými rypadly v bloku (viz obr. 9.4). Nadložní zeminy jsou přesouvány na **vnější** nebo **vnitřní** výsypky. V případě nové otvírky lomu je nutné nejprve vytvořit manipulační prostor v těžební jámě.

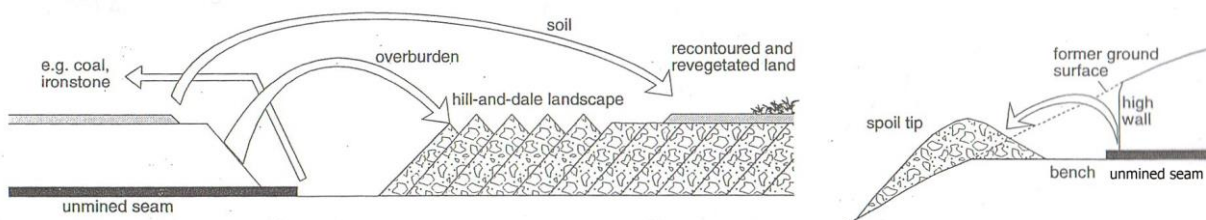
Skrývkové zeminy se proto nejprve sypou na vnější výsypku mimo toto území. Po získání dostatečného prostoru a pro manipulaci skrývkových a těžebních strojů (rypadla nebo transportní pásy) se nadložní zeminy ukládají do vlastního lomu (viz obr. 9.5) na výsypku vnitřní.

V plánu otvírky a přípravy dobývání (POPD) je stanoven postup těžby tzv. její směr, počet a výška etází. Před těžbou probíhá úprava povrchu terénu např. skrývka ornice, odlesnění apod. (viz obr. 9.6)

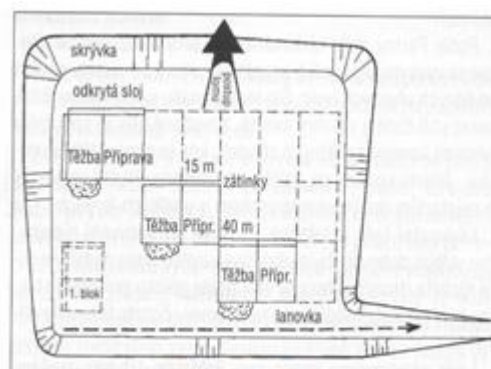


Obr. 9.4: Korečkové rypadlo. [64]

## Povrchové dobývání



Obr. 9.5: Povrchové dobývání, e.g. coal ironstone – nadloží uhelné vrstvy, unmined seam – netěžená vrstva, overburden – nadloží (skryvka), soil – zemina, hill-and dale landscape – nasypaná a neupravená. [6]

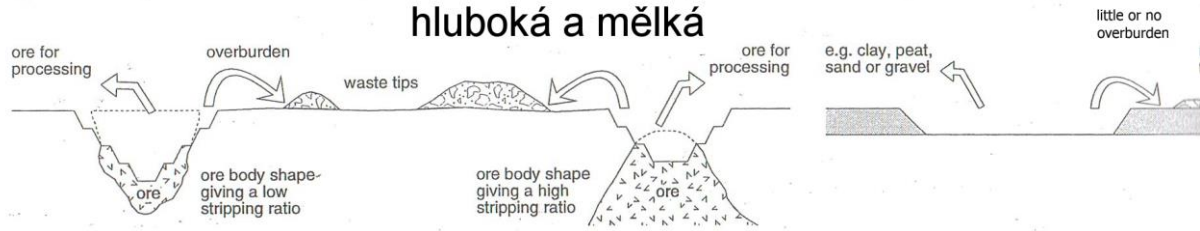


## Povrchové dobývání

Obr. 9.6: Povrchové dobývání – postup těžby. [6]

Jiný typ povrchové těžby tzv. zahloubená z povrchu a to buď hluboká, nebo mělká se využívá pro těžbu rud i nerud. (viz obr. 9.7). Postup těžby a její technologie v tomto případě kopírují tvar ložiska.

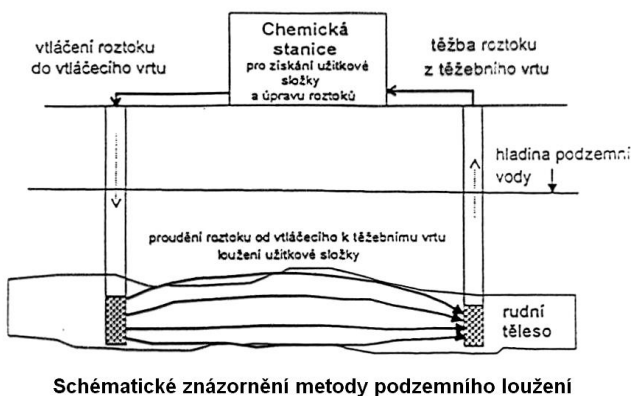
## Zahloubená těžba z povrchu hluboká a mělká



Obr. 9.7: Zahloubená těžba z povrchu, hluboká a mělká. Ore for processing – ruda pro úpravu, overburden – nadloží (skrývka) ore – ruda, ore body shape - tvar ložiska rudy, low stripping ratio – malý nadložní poměr, waste tips – odval, high stripping ratio – velký nadložní poměr. [6]

### 9.2.3 Jiný typ těžby

Jiné typy dobývání jsou např.: zplyňování uhlí v podzemí (Chomutovsko), hydraulická těžba zlata (Indonésie, Filipíny) nebo chemická těžba známá z uranových ložisek. (viz obr. 9.8) Tato těžba probíhá pomocí vrtů, které jsou situovány a prohloubeny do ložiska. Část vrtů je využívána jako vtláče. Zde je chemický roztok (kyselina sírová nebo kyselina chlorovodíková) vtláčen do ložiska. Tam rozpouští uranové rudy. Další typ vrtů slouží k čerpání loužicích roztoků nasycených uranovou surovinou (viz obr. 9.8). Příkladem tohoto typu těžby bylo ložisko ve strážském bloku na Českolipsku (viz obr. 9.9).



Schématické znázornění metody podzemního loužení



Lokalizace těžebních kapacit ve strážském bloku

Obr. 9.8: Schématické znázornění metody podzemního loužení [5]

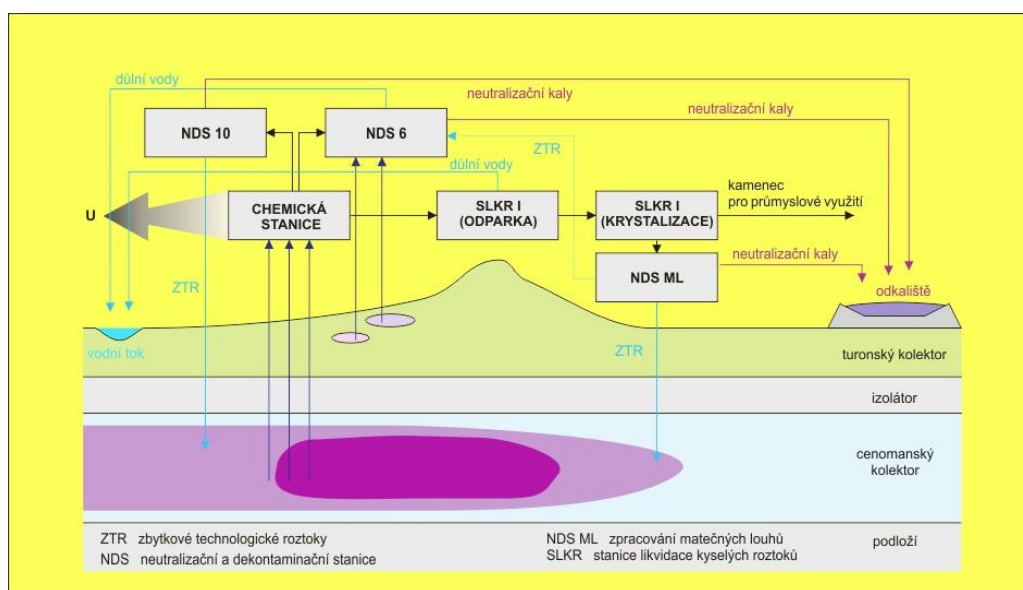
Obr. 9.9: Těžba ve Stráži pod Ralskem. [5]

Zde probíhala těžba klasickým hlubinným způsobem ale i těžba chemická. Hlubinná těžba na ložisku byla ukončena v roce 1990. Chemická těžba byla ukončena v roce 1996. V současné době probíhají sanace podzemních vod, které byly kontaminovány loužicími roztoky. Do roku 2009 bylo možno průběh sanace horninového prostředí po chemické těžbě uranu charakterizovat udržováním podbilance zbytkových technologických roztoků (ZTR) v cenomanské zvodni v ploše vyluhovacích polí a vyváděním rozpuštěných látek v množství

do 23 000 t ročně. Látky byly vyváděny jednak ve formě kamence hlinitoamonného získávaného krystalizací z koncentrátu produkovaného odparkou (SLKR I) rovněž v podobě neutralizačních kalů vyváděných z neutralizační stanice NDS 6. V závěru roku 2009 byly využívané technologie doplněny o novou technologii pro zpracování matečných louhů po krystalizaci kamence (NDS ML).

Zahájením provozu této stanice se podařilo ukončit zpětné vtlačení zahuštěných zbytkových technologických roztoků (ZTR) do vyluhovacích polí. Velmi výrazně tak bylo navýšeno množství látek vyváděných z horninového prostředí a byla navýšena i podbilance ZTR.

ZTR jsou z podzemí čerpány sanačními vrty na chemickou stanici kde je z nich separován stále rozpuštěný uran. Prvním stupněm separace uranu z výluhu je sorpce uranyl-sulfátových aniontů, z nasorbovaného ionexu je uran eluován (vyluhován) vodným roztokem kyseliny dusičné. Vyloužený ionex je pro promytí vrácen zpět do sorpce. Celý proces je plně automatizován – semikontinuální technologie s protiproudým tokem pevné (ionex) a kapalně fáze (ZTR). Z eluátu je uran získáván dvoustupňovým srážením amoniakem. Suspenze vysráženého diuranátu amonného je před závěrečným sušením promyta a zfiltrována. ZTR po sorpci uranu jsou dále čerpány do sanačních technologií (SLKR I, NDS 6), k dekontaminaci. (viz obr. 9.10), [38]



Obr. 9.10: Schéma současného zapojení sanačních technologií. [38]

Optimální varianta sanace spočívá v plném využití vybudovaných sanačních technologií založených na vyvedení převážné části kontaminantů z podzemí a jejich ekologickém uložení nebo přepracování na využitelné produkty. Je doplněna souborem opatření a postupů zaměřených na eliminaci rizikových faktorů (rizikové vrty potenciálně propojující cenomanský a turonský kolektor, konečná hodnota pH a oxidačně-redukčního potenciálu, pevnost vazby kontaminantů do sekundárních minerálních fází). Předpokládá se, že schválených cílových hodnot parametrů sanace bude dosaženo do roku 2037. Následná likvidace povrchových objektů a rekultivace bude ukončena v roce 2042. [38]

### 9.3 Vlivy těžby nerostných surovin na životní prostředí

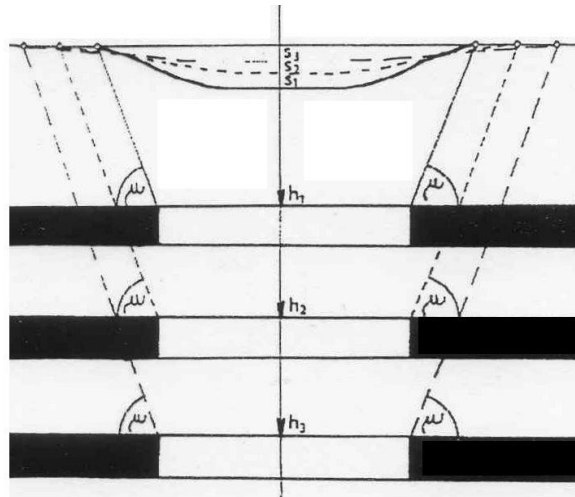
Těžba nerostných surovin je nejvýznamnějším negativním impaktem do životního prostředí. Je to nejhrubší zásah do horninového prostředí, ale i do dalších složek životního prostředí, jako je biosféra, hydrosféra i atmosféra. Těžba se projevuje destrukcí horninového prostředí, změnami tlaků a napětí v horninovém prostředí. Obrovský zásah těžby je do hydrogeologických poměrů, dále pak probíhá devastace a deformace krajiny. Nezanedbatelné jsou i ztráty zemědělsky využitelné půdy. Při povrchové ale i hlubinné těžbě i po jejím ukončení dochází ke vzniku tzv. antropogenních tvarů. Při povrchové těžbě vznikají rozsáhlé výsypky z nadložních zemin a to při odklizech nadložních vrstev uhlí nebo stavebních surovin (šterkopísků, písků nebo cihlářských hlin).

Hlubinná těžba se projevuje na povrchu tzv. odvaly, což je hlušina oddělená od těžené suroviny (uhlí, rud i nerud). Tato těžba se často projevuje poklesy na zemském povrchu např. na Ostravsku.

Druh a rozsah vlivu těžby na životní prostředí závisí na několika faktorech. Především na způsobu dobývání, jeho intenzitě a dobývací technologii. Výskyt ložisek soustředěných těžebních provozů na určitém uzemním celku je nazýván hornickou krajinou (viz obr. 9.1). Uložení ložiska a geologická stavba území predisponuje vliv těžby na morfologii zasaženého území.

Projevy a vlivy na životní prostředí jsou specifické pro odlišné druhy těžby, jako je hlubinná, povrchová nebo jiná. Významné dopady a škody se vyskytují v souvislosti s úpravou vytěžené suroviny.

**Hlubinná těžba** uhlí ale i rud se projevuje především na zdraví horníků. Časté jsou tektonické poruchy v těžené části ložiska, kde dochází k závalům. Probíhající hlubinná těžba často navazuje na oblasti již dříve těžené tzv. „stařiny“. Zde může dojít k propojení a záplavám starými důlními vodami nebo k výbuchům plynů (metanu). Nebezpečné jsou i tekuté písky tzv. „kuřavky“. Bezprostřední vliv na zdraví horníků je vysoká prašnost, způsobující silikózu, nebo úniky radonu. Ten pak ve spojení s prachem je častou příčinou rakoviny plic. Ke změnám v krajině dochází v situaci kdy důlní díla (chodby, překopy atd.) při nedostatečném zajištění výztužemi nebo základkou dochází k jejich zavalení, to se pak následně projevuje poklesy na povrchu. Čím hlouběji dojde k závalu, tím je pokles mělčí (viz obr. 9.11).



Obr. 9.11: Vliv hloubky ložiska na tvar poklesové kotliny. [5]

V krajině je postižen hydrologický a hydrogeologický režim a to změnami vodotečí, znečištěním povrchových i podzemních vod důlními vodami. Ráz krajiny je narušen tzv. „**brownfields**“ (viz obr. 9.12). Jsou to staré šachetní věže, opuštěné těžební technologie a provozní objekty. V krajině se vyskytují odvaly a bezodtoké pánve (laguny), často zaplavené vodou. Život obyvatel je ovlivňován i přepravou materiálu, ať nerostných surovin, tak i hlušiny. Hlavně hlukem a prachem.



Obr. 9.12: Stará šachetní věž po těžbě uranu – Stráž pod Ralskem. [17]

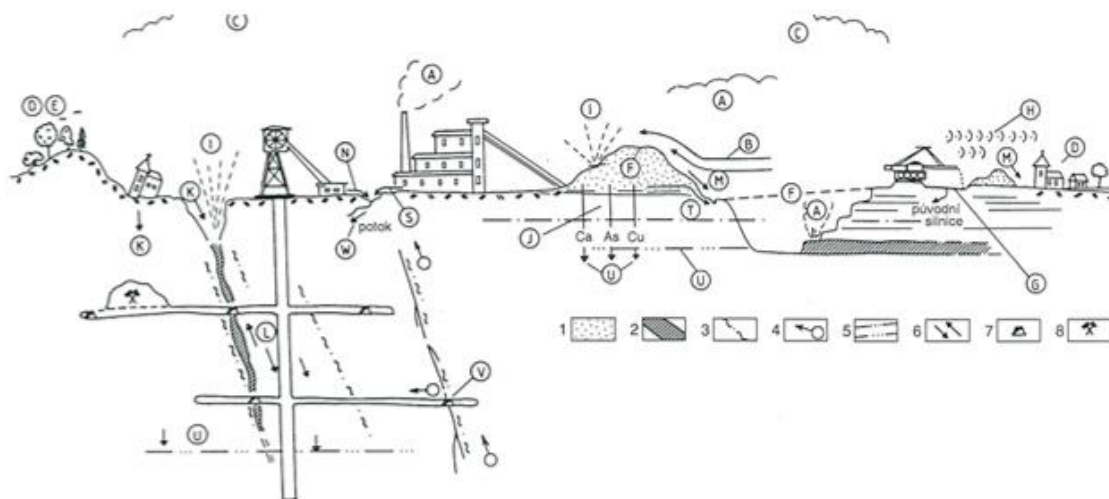
**Povrchová těžba** např. uhlí (Podkrušnohoří) nebo stavebních surovin, šterkopísek (Polabí) má především dopad na morfologii krajiny. Dochází k dlouhodobé a plošné rozsáhlé



destrukci krajiny, sídel, inženýrských sítí, komunikací apod. Jedná se o první estetický dojem změněné tzv. měsíční krajiny. Často dochází k likvidaci obcí před postupující těžbou (Podkrušnohoří – 110 obcí). Přes přísné sledování Báňským úřadem dochází ke znečištění atmosféry prachem, zápary a zplodinami ze samovznícených slojí. Zdrojem hluku a prachu je přeprava těžené nerostné suroviny. V rámci povrchového lomu je to hluk z pásových dopravníků, mimo lom pak nákladních aut nebo vlaků.

Specifický vliv na životní prostředí má i úprava těžných nerostných surovin např. odstraňování nečistot z uhlí tzv. „praní“, a tím vznik uhelných kalů a jejich následné ukládání na odkaliště. U stavebních surovin jsou tříděny jednotlivé velikostní frakce nebo odstraňovány jílovité příměsi v případě betonářských šteků.

Negativní vliv mají vytěžené nerostné suroviny i při jejich využívání. Jde především o spalování uhlí. Dochází ke znečišťování ovzduší ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), následně pak ke vzniku „kyselých dešťů“. Po vybudování odsiřovacích technologií se jejich produkce výrazně snížila. Současný problém je při spalovacích procesech vznik  $\text{CO}_2$  a dalších skleníkových plynů a prachu, které jsou dávány do souvislosti s ovlivňováním klimatu a globálním oteplováním. Obrázek 9.13 a hlavně jeho legenda shrnuje schematicky všechny vlivy těžby na životní prostředí.



Obr. 9.13: Schéma znázorňující vlivy těžby na ŽP, hlavně na prostředí horninové. 1 – haldy a deponie skrývek, 2 – nerostné suroviny v našem případě uhelné sloje a rudní žíly, 3 – zlomy, 4 – prameny a vývěry důlních vod, 5 – hranice znečištění podzemních vod, 6 – hlavní směry důlních otřesů, 7 – sledné chodby, 8 – vydobyté prostory, A – prachové a plynné emise, B – změny proudění vzduchu, C – změny mikroklimatu, D – celkové ohrožení úrovně ekologické stability, E – ohrožení biocenter ekologické stability, F – změny reliéfu krajiny, G – zásah do systému komunikací i ostatní sítí, H – ohrožení hlukem, I – zvýšení rizika radioaktivity, J – kontaminace horninového prostředí, K – poddolování, mechanická destrukce horninové těžby, N – kontaminace povrchových vod důlními vodami, S – kontaminace povrchových vod při úpravě nerostných surovin, T – kontaminace povrchových vod infiltráty z hald a výsypků, U – kontaminace a změna režimu podzemních vod, V – ohrožení zdrojů minerálních vod, W – změny režimu říční sítě. Podle Reichmanna (2000). [8]

## 10. Nerostné zdroje v ČR

České země jsou svým způsobem výjimečné, protože se na poměrně malé ploše nacházelo a těžilo velké množství nerostných surovin, především rud.

Některá ložiska byla v období středověku dokonce největší na světě. Mezi ně patřila například ložiska stříbra v Kutné Hoře a okolí a to až do doby nálezů v Jižní Americe. Významná ložiska byla i v Březových horách, Jáchymově, Krásnu apod. Pro české země je charakteristická i velká pestrost rudných ložisek, jak z hlediska užitečných složek, tak také jejich tvaru a způsobu vzniku. Na území ČR se tak nacházejí ložiska rud zlata a stříbra, uranu, cínu, wolframu a molybdenu, mědi, olova, zinku, niklu a kobaltu, antimonu a rtuti, železa a manganu a řady dalších kovů.

Důvodů proč se dnes tato ložiska netěží, je několik. Hodně ložisek bylo již vytěženo. Na některých existovaly i do značné míry stále existují báňsko technické problémy. V současné době by bylo možné technické problémy vyřešit, ale je zde otázka ekonomiky získání suroviny. Na to navazuje kolísání cen určitých komodit na světových trzích a tím neefektivnost těžby.

V dalším textu jsou informace čerpány z řady zdrojů, především z materiálu „Surovinové zdroje ČR“ – nerostné suroviny (2012). Ty vychází zejména z „Bilance výhradních ložisek nerostů“. V ČR jsou bilancovány tři skupiny nerostných surovin (energetické nerostné suroviny, nerudní a stavební suroviny a rudy). [30]

### 10.1 Energetické nerostné suroviny

Významnější geologické zásoby a zdroje energetických surovin na území ČR jsou pouze **černé uhlí, hnědé uhlí a uranové rudy**. I tak dosahují jen řádově procentní podíl celosvětových zásob. Dále pak následují zásoby, lignitu, ropy a zemního plynu v množství velmi malém.

#### Uhlí - černé, hnědé, lignit

##### Uhlí - černé

Černé (kamenné) uhlí je prouhelněno a má obsah uhlíku cca 83%. Některé partie jsou koksovateľné. V současné době je těženo černé uhlí v oblasti ostravsko-karvinského revíru (OKR) Přes 90 % produkce pánve zajišťuje karvinská část pánve se 4 doly na 7 ložiscích. Jsou to dobývací prostory Darkov, Doubrava u Orlové, Karviná – Doly I. a II., Lazy, Louky a Stonava. V podbeskydské části pánve je těženo jedno ložisko v dobývacím prostoru Staříč. (důl Paskov)

Do definitivního ukončení těžby v polovině roku 2002 byla druhou nejvýznamnější oblastí se zásobami černého uhlí **kladensko-rakovnická pánev** se třemi dobývacími prostory Kačice, Srby a Tuchlovice. Většina zásob byla vydobyta, zbývající ztratily ekonomický význam.

V první polovině 90. let minulého století byla ukončena těžba černého uhlí v **plzeňsko – radnické** pánvi na Plzeňsku. Zbylé zásoby byly vyřazeny z evidence.

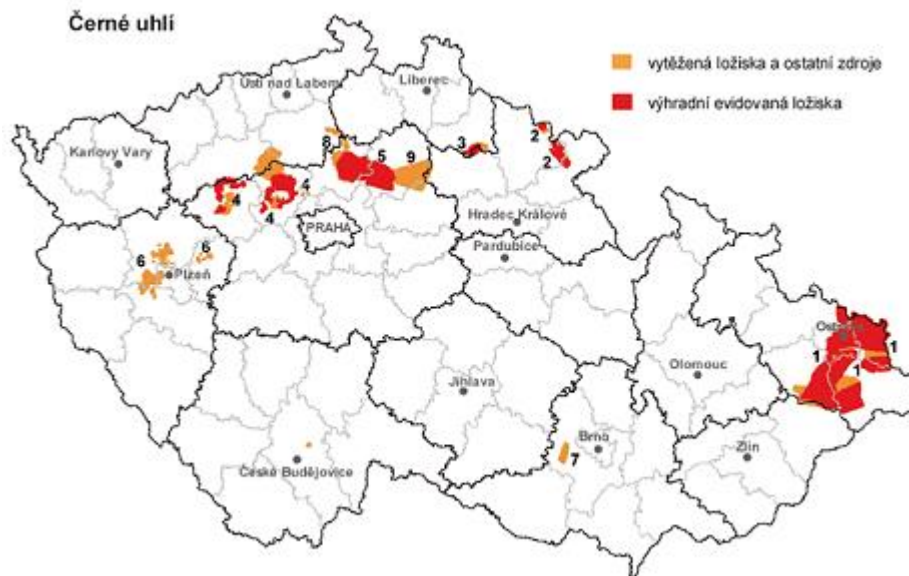
Jediná těžba probíhá v české části hornoslezské pánve – Ostravsko.

Životnost zásob je přibližně 20 – 30 let.

Export: 6 320 kt (Polsko, Rakousko, Slovensko, Maďarsko, Bosna a Hercegovina)

Import: 2 063 kt (Polsko, Rusko, USA, Austrálie)

Světové zásoby: Čína ( 35,1%), USA (23,4%), Indie ( 7,6%), Austrálie (5,7%)



Obr. 10.1: Ložiska černého uhlí v ČR. [30]

#### Evidovaná ložiska černého uhlí v ČR:

1. česká část hornoslezské pánve
2. česká část vnitrosudetské pánve
3. podkrkonošská pánev
4. středočeské pánve (zejména kladensko – rakovnická)
5. mšenská část mšensko – roudnické pánve
6. plzeňská a radnická pánev
7. boskovická brázda
8. roudnická část mšensko – roudnické pánve
9. mnichovohradištská pánev

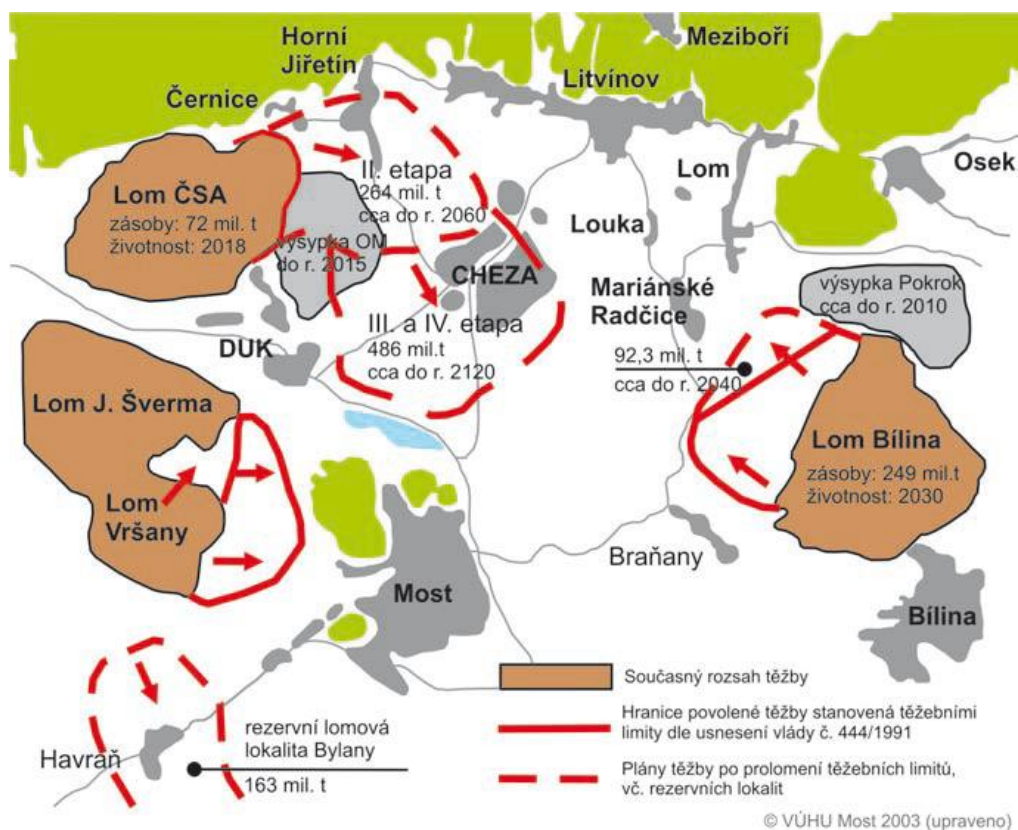
#### Uhlí - hnědé

Hnědé uhlí je méně prouhelněno, než uhlí černé. Obsahuje uhlíku cca 73%. Hlavní zdroje hnědého uhlí se nachází v Podkrušnohoří. Jsou to tři pánve: severočeská, chebská a sokolovská. V oblasti severočeské hnědouhelné pánve se vytěží 79% z celkové produkce ČR. Zbývajících 21% pochází z pánve sokolovské a chebské. Těžba probíhá až na jediný důl, povrchový (lomový) způsobem. Severočeská pánev se dále dělí na část chomutovskou,

mosteckou a teplickou. V chomutovské části severočeské pánve je průměrná mocnost slaje kolem 23 m. Těžba probíhá velkolomem Nástup – Tušimice.

V mostecké části SHP se mocnost uhelné slaje pohybuje mezi 20 – 30 m. Těžba probíhá ve 3 velkolomech Bílina (dříve Maxim Gorkij), Československá armáda a Vršany. Jsou to dobývací prostory Bílina Ervěnice, Holešice a Vršany. Jediný hlubinný důl je Centrum (DP Dolní Jiřetín).

Těžba v teplické části SHP skončila v roce 1997 uzavřením lomu Chabařovice. V roce 1991 z důvodu stabilizace sídel byly vyhlášeny tzv. „těžební limity“ (usnesení vlády č.444/1991). V oblasti Podkrušnohoří bylo při postupech těžby hnědého uhlí zbouráno cca 110 obcí a město Most (viz obr. 10.2) Sokolovská pánev západně od Karlových Varů má dvě hlavní souslojí, Antonín a Josef. Sloj o průměrné mocnosti 26 – 38 m je těžena ve dvou velkolomech Alberov – Velkolom Jiří (dobývací prostor Alberov) a Nové Sedlo-Družba (dobývací prostor Nové Sedlo). V chebské pánvi, kde je spočítáno 1,7 mld geologických zásob uhlí, již těžba neprobíhá. Většina zásob je vázána ochranou minerálních pramenů Františkovy Lázně.



Obr. 10.2: Ekologické limity. [65]

**V severočeské pánvi jsou vlastníky lomů ve kterých probíhá těžba:**

**Czech coal - 3 lomy**

Vršanská uhelná spol.,- Vršany a Holešice (stejnomené DP)

Litvínovská uhelná spol. – Velkolom Československé armády (DP Ervěnice a DP Komořany)

**ČEZ, - 2 lomy**

Sč. Doly Chomutov – Velkolom Bílina (dříve Maxim Gorkij) DP Bílina

Nástup - Tušimice - Libouš (DP Tušimice)

## Firma Kohinoor a.s.

Jediný hlubinný důl: Dolní Jiřetín – Centrum, DP Dolní Jiřetín

## Sokolovská uhelná spol. - 3 lomy

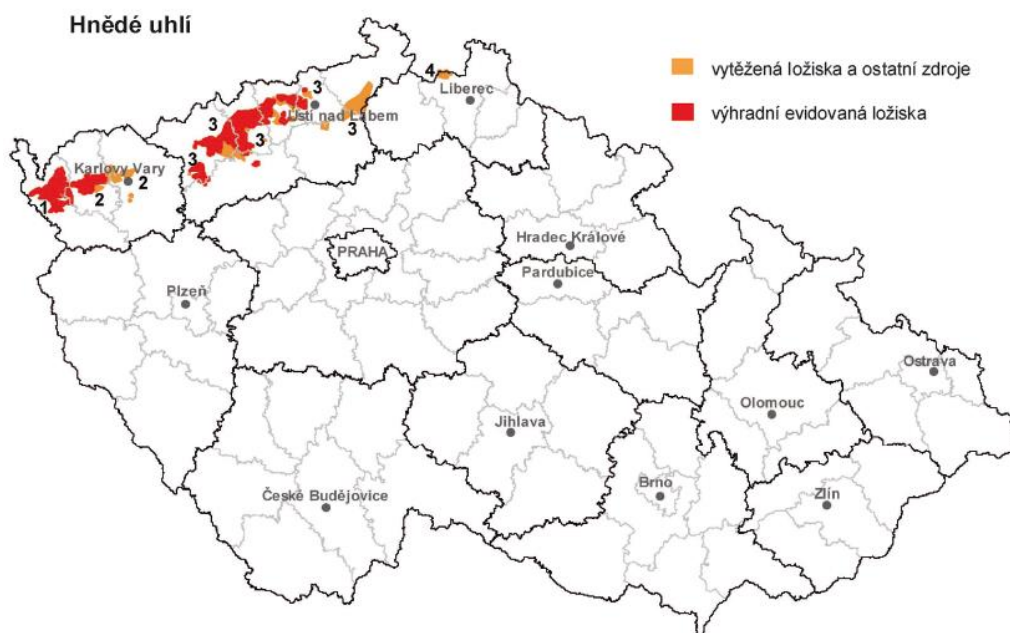
Alberov – Velkolom Jiří, Královské Poříčí – Marie, Nové Sedlo – Družba

DP Alberov, Královské Poříčí a DP Nové Sedlo

Životnost zásob v Severočeské hnědouhelné pánvi, se uvádí přibližně do roku 2040 (2050 – 2100). Při prolomení limitů dosáhne těžba až do roku 2100.

Export: 1.1 mil. tun – Slovensko, Polsko, Maďarsko.

Světové zásoby: Německo (20,9 %), Rusko (9,8 %), USA (9,3 %), Polsko (7,4 %).



Obr. 10.3: Evidovaná ložiska hnědé uhlí v ČR: 1. chebská pánev, 2. sokolovská pánev, 3. severočeská pánev, 4. česká část žitavské pánve. [30]

## Lignit

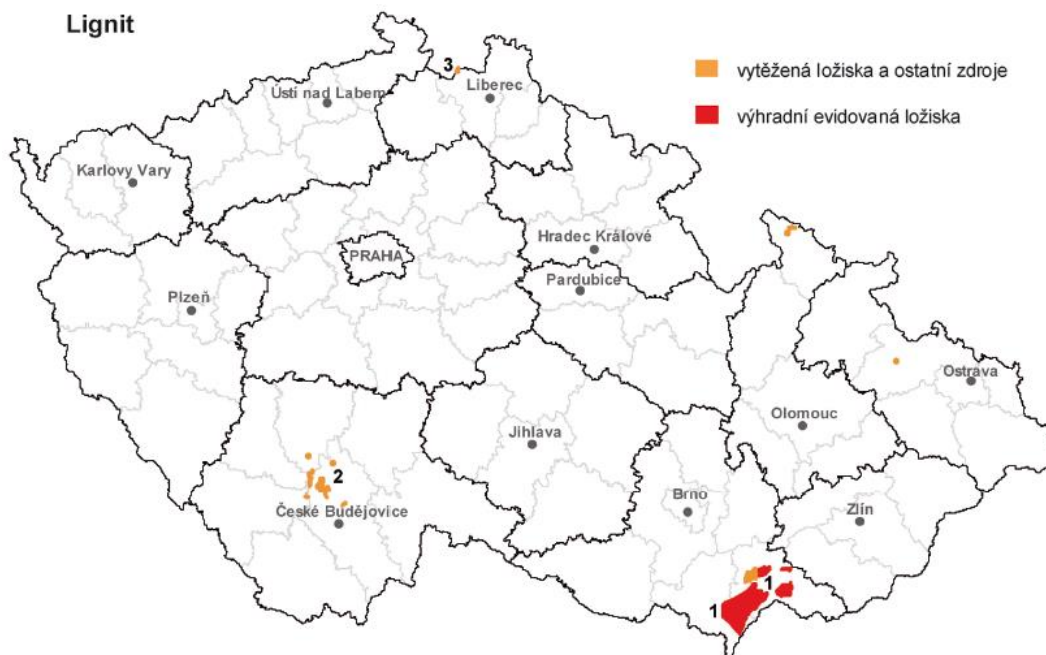
Lignit v české terminologii znamená nejméně prouhelněné uhlí, pod 65% uhlíku. Významnější ložiska lignitu v ČR se nachází na jižní Moravě, kam přechází z pánve vídeňské. V roce 1992 byla ukončena kyjovská sloj, poslední důl Šardice. Zásoby uložené v dubňanské sloji se těží od roku 1994, kdy byla ukončena těžba na ložisku Dubňany. V současné době probíhá těžba na hlubíném dole Hodonín – Mikulčice. Jeho uzavření je vázáno na potřeby tepelné elektrárny ČEZ.

Vlastník dolu:

Lignit Hodonín s.r.o

Těžba probíhá na dole Mír v Mikulčicích – pro Elektrárnu Hodonín (ČEZ)

Světové zásoby: Austrálie 22%, USA 19%, Čína 11%, Srbsko 9%



Obr. 10.4: Evidovaná ložiska lignitu v ČR: 1. vídeňská pánev, 2. českobudějovická pánev, 3. česká část žitavské pánve

## Uran

Uranové rudy různých genetických typů představují surovinový zdroj pro výrobu paliva v jaderné energetice. Uran je zastoupen v několika desítkách nerostů (vesměs kyslíkatých sloučenin), z nichž ekonomicky nejdůležitější jsou oxidy (**uraninit - smolínek**), fosfáty (torbernit, autunit), silikáty (coffinit), titanáty (brannerit, davidit), vanadáty (carnotit) a organické sloučeniny (antraxolit).

Historie využívání uranu začala teprve před asi 150 lety, kdy malé množství sloučenin uranu bylo využíváno k výrobě barev pro sklářství a keramiku. V první polovině 20. století byly uranové rudy dobývány jako zdroj rádia (USA, Československo, Kanada, Kongo a Portugalsko). Hlavní poptávka započala na konci druhé světové války pro vojenské účely, kterou nahradila spotřeba pro energetiku v pozdních šedesátých letech (1 tuna uranu dokáže vyrobit 40 gigawatt hodin elektrické energie, což je srovnatelné se spálením 16 tisíc tun uhlí nebo 80 tisíc barelů ropy). Celý tento vývoj je dnes sledovatelný pomocí zásob ochuzeného uranu z obohacovacího procesu (uranu postrádajícího podstatnou část izotopu  $^{235}\text{U}$ ). Celosvětově se od roku 1945 vytěžilo přibližně 2,4 mil. t uranu. Hlavní jeho využití je v současnosti v energetických jaderných reaktorech, velmi malé množství ve výzkumných reaktorech (a např. při přípravě radioizotopů pro medicínu, defektoskopii), jako palivo nukleárního pohonu v námořnictvu, ledoborcích, ponorkách, ochuzený uran se užívá ke stínění, vyvažování (lodě, letadla) a výrobě speciální munice (do dělostřeleckých granátů kvůli vysoké měrné hmotnosti ke zvýšení jejich průraznosti). Zanedbatelná množství

uranových solí jsou používána pro barvení skla. Značné množství vytěženého uranu je stále ještě deponováno ve formě náloží jaderných zbraní.

### **Surovinové zdroje uranu v ČR**

Česká republika patřila k nejvýznamnějším světovým producentům uranu. Historicky je s celkovou produkcí přes 110 tis. t uranu v letech 1946 až 2008 ve formě tříděných rud a chemického koncentrátu na 9. místě na světě. Hlavní období těžby uranových rud v ČR probíhalo od konce 40. let do počátku 90. let 20. století, kdy byla ukončena z důvodu vysoké ztrátovosti produkce na všech do té doby těžených žilných ložiskách (vyjma Rožné). V roce 1995 skončila ze stejného důvodu i těžba na ložisku Hamr a o rok později z převážně ekologických důvodů na ložisku Stráž, čímž byla ukončena i těžba na ložiskách pískovcového typu. V období vrcholného rozkvětu těžby (1955–1990) se roční produkce uranu pohybovala mezi 2 000 až 2 900 t (max. mírně přes 3 000 t v roce 1960). S produkcí 275 t U v roce 2008 ČR zaujímá 13. místo na světě s cca 0,6% podílem na světové těžbě. Další pokles na méně než 250 t U je očekáván v následujících letech.

### **Uranová ložiska jsou tvořena různými genetickými typy. V ČR nejčastější žilná a pískovcová. Další typy jsou např. diskorantní, brekciovitá nebo vulkanogenní**

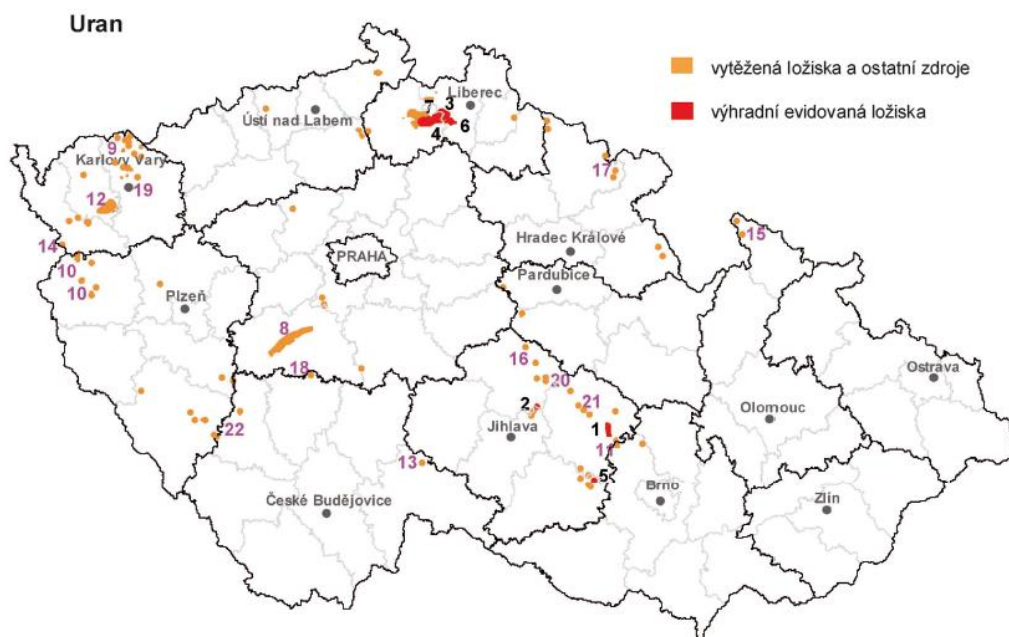
#### **Žilná ložiska.**

Do tohoto typu patřilo největší české a jedno z největších světových hydrotermálních žilných ložisek Příbram, dále dříve významná ložiska Jáchymov, Horní Slavkov, Zadní Chodov a některá menší ložiska, např. Licoměřice-Březinka, Zálesí u Javorníka, Předbořice, Chotěboř, Slavkovice, Lázně Kynžvart-Kladská, Planá u Mariánských Lázní-Svatá Anna, aj.

#### **Ložiska pískovcového typu.**

Rozhodující význam měla ložiska v okolí Stráže pod Ralskem, kde probíhala jak klasická hlubinná těžba (Hamr, Břevniště, Křižany), tak loužení rudy z vrtů (Stráž pod Ralskem). Další ověřená ložiska Osečná-Kotel a prognózní zdroje Hvězdov, Mimoň, Heřmánky aj. dosud těžena nebyla. Více než 98 % evidovaných zásob v ČR (většinou nebilančních = „irrecoverable resources“) je vázáno právě na tento typ ložisek.

Zásoby uranu by byly ekonomicky vytěžitelné především loužením in situ (ISL či ISR = „in situ recovery“), což v současnosti není z ekologického hlediska akceptovatelné.



Obr. 10.5: Evidovaná ložiska uranu v ČR: 1. **Rožná jediné těžené ložisko v ČR**, 2. Brzkov, 3. Břevniště pod Ralskem, 4. Hamr pod Ralskem, 5. Jasenice-Pucov, 6. Osečná-Kotel, 7. Stráž pod Ralskem (těžba ukončena 1. 4. 1996). Uran je získáván jako vedlejší efekt čištění podzemních vod a technologických roztoků v rámci likvidačních prací a rekultivací po těžbě in situ loužením (ISL) rud. 8. Příbram, 9. Jáchymov, 10. Zadní Chodov + Vítkov 2, 11. Olší, 12. Horní Slavkov, 13. Okrouhlá Radouň, 14. Dyleň, 15. Javorník, 16. Licoměřice-Březinka, 17. Radvanice + Rybníček+ Svatoňovice, 18. Předbořice, 19. Hájek + Ruprechtov, 20. Chotěboř, 21. Slavkovice, 22. Mečichov-Nahošín

Současná těžba uranu v ČR je 605t/rok a probíhá v dolní Rožínce na ložisku Rožná (viz obr. 10.5). Spotřeba na jaderných elektrárnách Dukovany je 330t/rok a na Temelíně 605t/rok. Zbývající potřebné množství je importováno z Ruska společností TVEL a z USA (Westinghouse).

**Světová zásoby:** Kanada (20,5%), Kazachstán (19,4%), Austrálie (19,2%), Namibie (9,9%)

## Ropa

Ropa je přírodní směs kapalných, tuhých a plyných sloučenin, převážně uhlovodíků. Ropa je většinou upravována destilací (rafinací) tak, aby se oddělily její jednotlivé frakce: gazolin, benzín, petrolej, nafta, mazací olej a asfalt. Vyšší uhlovodíky (dlouhé uhlovodíkové řetězce) jsou upravovány (kráceny) v procesu krakování. Využití ropy je všestranné, objevují se stále nové možnosti. Největší objem spotřeby má využití na energii v dopravních systémech, energetika obecně, petrochemický (zásobující dopravu) a chemický průmysl.

## Surovinové zdroje ropy v ČR

Ropa je jednou z mála nerostných surovin v ČR, jejíž těžba až do roku 2003 neustále rostla. I tak však její celkový podíl na domácí spotřebě dosahuje v posledních letech necelých 4 %. Po období relativní stabilizace produkce v letech 1996 až 2001 (mezi 150 až 180 kt ročně), došlo k prudkému zvýšení těžby na 253 kt v roce 2002, resp. na 310 kt v roce 2003,

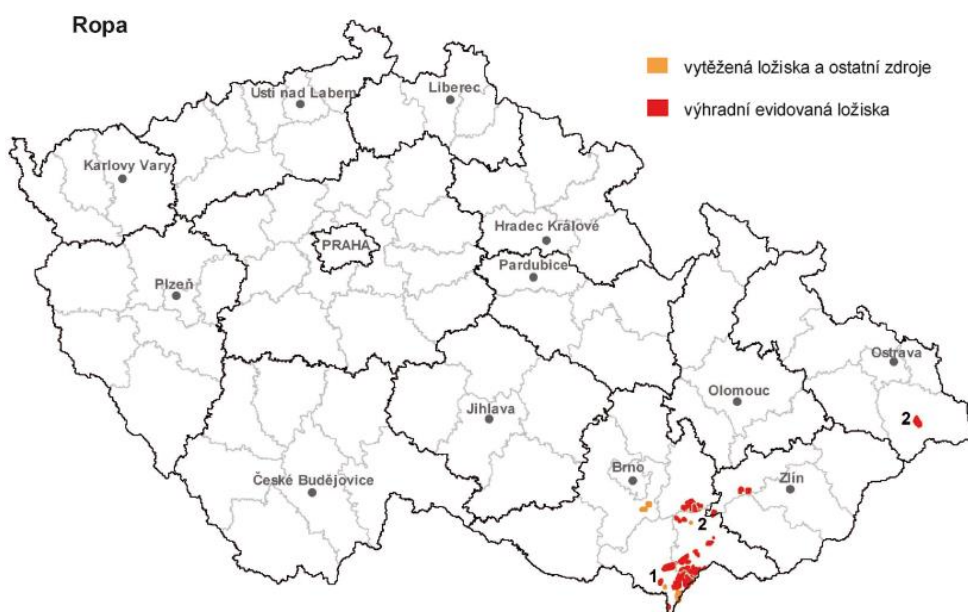


kdy byla těžba nejvyšší za celé sledované období. V roce 2004 těžba mírně poklesla na 299 kt, v roce 2005 mírně stoupla na 306 kt a v následujících pěti letech opět mírně klesala až na 173 kt v roce 2010. Rozhodujícím ložiskem s podílem roční produkce 35 % celkové těžby ropy v ČR dlouhodobě zůstává Dambořice (DP Dambořice, Dambořice I a Dambořice II. Největší vytěžitelné zásoby mají ložiska Kloboučky (celkem 17 DP převážně v k. ú. Kloboučky a Mouřínov) a Ždánice-miocén (DP Ždánice a Ždánice I), evidováno je zde celkem přes 56 % veškerých vytěžitelných zásob. V Bilanci bylo v roce 2010 evidováno celkem 33 ložisek. Těžba probíhala na 29 ložiscích, z toho na 2 v rámci průzkumných prací.

Na rozdíl od uhlí nemá ČR dostatečné zdroje ropy ani zemního plynu. Průmyslově významné akumulace ropy se vyskytují především na jižní Moravě a jsou vázány na geologické jednotky Západních Karpat a jv. svahy Českého masivu. Ačkoliv domácí produkce ropy rostla až do roku 2003 a v posledních letech je stabilní, pokrývá jen zhruba 4 % tuzemské potřeby.

Největším v této oblasti je ložisko Hrušky, jehož převážná část je již vytěžena. Průzkum v oblasti však stále pokračuje. Nové ložisko ropy s plynovou čepicí bylo objeveno a je těženo (celkový podíl kolem 6 %) v oblasti Poštorná.

Oblast karpatské předhlubně a jihovýchodních svahů Českého masivu. Dosud nalezená ložiska patří k největším ropným ložiskům na území ČR. Největším a nejdůležitějším ložiskem ropy v současnosti zůstávají **Dambořice**. Soustavným průzkumem vedeným na základě interpretace 3D seismiky byla v okolí tohoto ložiska objevena další významná ložiska Žarošice, Uhřice-jih a Uhřice-JV. Vzhledem k domácí malé produkci ropy, je většina suroviny dovážena ze zahraničí, dvě třetiny dovozu je z Ruska, dále z Azerbajdžánu a Norska.



Obr. 10.6: Evidovaná ložiska ropy v ČR: 1. Viděňská pánev, 2. Karpatská předhlubeň. [30]

**Světové zásoby:** Saudská Arábie 12,8 %, Rusko 12,7 %, USA 8,2%, Irán 5,5%

## **Zemní plyn**

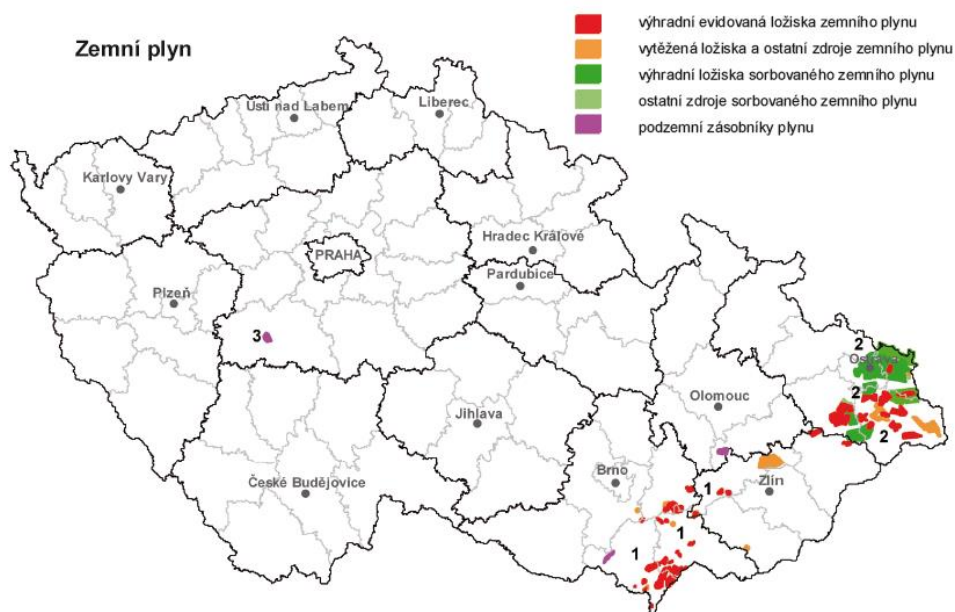
Existují dva typy zemního plynu: zemní plyn více méně spojený s ropou a zemní plyn z uhlí. Zemní plyn je směs plyných uhlovodíků, zejména metanu (CH<sub>4</sub>), a dalších plynů (vodík, dusík, oxid uhličitý, sirovodík a inertní plyny). Ve směsi z více než 50 % převažuje metan. V surové těžbě bývá určitá příměs ropy, vody a písku.

## **Surovinové zdroje zemního plynu v ČR**

Podíl tuzemské produkce zemního plynu pokrývá v posledních letech domácí roční spotřebu necelými 2 %. Průměrný roční objem produkce se dlouhodobě udržuje na úrovni 120 – 150 mil. m<sup>3</sup>, V Bilanci bylo k 1. 1. 2011 evidováno celkem 92 ložisek s téměř 29 mld. m<sup>3</sup> geologických zásob. Nejvýznamnějšími ložisky jsou Prušánky, Podivín, Kloboučky a Břeclav na jižní a Důl Heřmanice na severní Moravě. V roce 2010 bylo do ČR dovezeno zhruba 9 100 milionů m<sup>3</sup> zemního plynu v plynném stavu při průměrné ceně cca 8 400 Kč/ tis. m<sup>3</sup>, tj. v celkové hodnotě 77 mld. Kč. Údaje o dovozu komodity v členění podle zemí nejsou veřejné. V zásadě ale platí, že zhruba tři čtvrtiny dovozu pocházejí z Ruska, zbývající jedna čtvrtina je dovážena na základě tzv. norského kontraktu (fyzicky se však může jednat a často i jedná také o ruský plyn).

Ložiska zemního plynu, geneticky svázaná se vznikem ropy, jsou v moravské části vídeňské pánve. Ložiska ropy jsou soustředěna převážně do centrální části pánve, ložiska plynu převažují v oblastech okrajových. Nové zdroje zemního plynu byly vyhledány zejména v oblasti Prušánek a Poštorné. Největší vytěžená ložiska zemního plynu z těžebních polí Bojanovice.

Za perspektivní oblast je považována oblast karpatské předhlubně a jv. svahů Českého masivu. Mezi dosud největší nalezená ložiska náleží Dolní Dunajovice, Uhřice a Horní Žukov (plynová ložiska konvergovaná na podzemní zásobníky) a Lubná-Kostelany (dnes téměř vytěžené). Z nejhlubšího využívaného ložiska Karlín byl zemní plyn (a plynokondenzát) těžen z hloubky přes 3 900 m. Tato ložiska plynu mají velmi variabilní složení. Na ložisku Dolní Dunajovice tvoří metan 98 %, naproti tomu na ložisku Kostelany-západ je to jen 70 % metanu s průmyslově využitelnými koncentracemi He a Ar. Nemalé zásoby jsou vázány v plynových čepicích ložisek s těžkou ropou Ždánice a Kloboučky.



Obr. 10.7: Evidovaná ložiska zemního plynu v ČR: 1. Oblast jižní Moravy, 2. Oblast severní Moravy, 3. Podzemní zásobník plynu Příbram. [30]

**Světové zásoby:** Rusko 21,6 %, USA 17,9 %, Kanada 6,1%, Irán 3,7 %, Norsko 3,0 %

## Břidličný plyn

Existence zemního plynu v geologických formacích, jako jsou například břidlice, je již dávno známá. Jeho těžba se v současné době se rozšiřuje v řadě zemí Evropské unie a to zejména pomocí firem s know-how a technologií z USA. Těžba probíhá za pomoci hydraulického štěpení (hydraulic fracturing – HF). Ziskávání zemního plynu těmito metodami mají řadu příznivců i odpůrců. Současné technologie převážně ovlivňují negativně životní prostředí. Je to především znečištění zásob pitné vody, kontaminace vzduchu při haváriích, výbuchy, zábor půdy apod. V České republice, pokud by byla nasazena průmyslová technologie jako v USA, byla by kontaminace vody a další dopady jistotou. Proto je tato metoda pro Českou republiku, ale většinu států Evropy, s ohledem na hustotu obyvatelstva nepřijatelná. Nadějně lokality pro těžbu břidlicového plynu v ČR jsou například na Trutnovsku a Valašsku.

## 10.2 Nerudní suroviny

Nerudní suroviny představují – po energetických nerostných surovinách – nejvýznamnější skupinu nerostných surovin na území ČR. Tradičně významné jak z hlediska geologických zásob tak těžby jsou keramické a sklářské suroviny. Nejdůležitější jsou kaoliny z Plzeňska a Karlovarska, ale i Kadaňska a Podbořanska. Dále pak sklářské písky ze Střelče a okolí Provoďína, živce z Halámek, Krásna a Luženiček a jíly z chebské pánve a středních Čech. Značné geologické zásoby mají ložiska vápenců a cementářských surovin a i jejich těžba

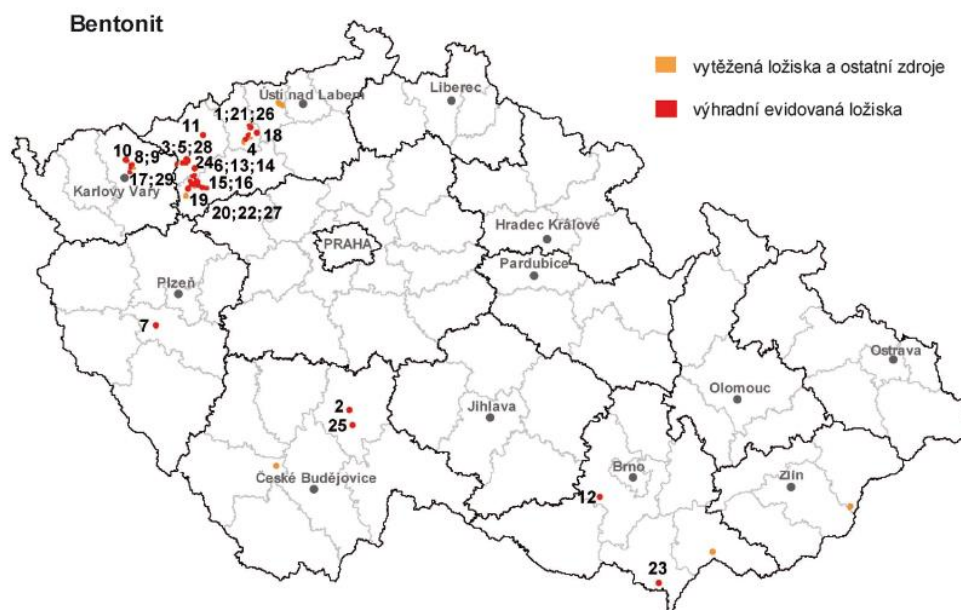
dosahuje vysokých objemů. Kaolin, křemenné písky, živce, jíly a vápence jsou také významnými vývozními komoditami v sektoru nerostných surovin. Naopak kdysi významná éra těžby grafitu, pyritu, fluoritu, barytu, ale i některých dalších nerudných surovin, již pravděpodobně definitivně skončila.

### **Bentonit**

Bentonit je měkká velmi jemnozrnná nehomogenní různě zbarvená hornina složená z podstatné části z jílového minerálu montmorillonitu, který je nositelem charakteristických vlastností bentonitu. Je známá jeho značná sorpční schopnost charakterizovaná vysokou hodnotou výměny bází (schopností přijímat z roztoků určité kationty a uvolňovat za ně ze své molekuly Mg, někdy i Ca a alkálie), vnitřní bobtnavost ve styku s vodou (některé bentonity bobtnavé nejsou, ale mají vysoké absorpční schopnosti jako bělicí jíly, zejména jsou-li aktivovány), vysoká plasticita a vaznost. Bentonit dále obsahuje další jílové minerály (kaolinit, illit, beidellit), Fe-sloučeniny, křemen, živce, sopečné sklo atd., které představují škodliviny.

### **Surovinové zdroje bentonitu v ČR**

Všechny ložiskové výskyty bentonitu v ČR vznikly přeměnou vulkanických hornin. Naprostá většina ložisek i zásob bentonitů v ČR je soustředěna v oblasti Doupovských hor a Českého středohoří. Značná část suroviny z ložisek bentonitů v těchto oblastech je tvořena nejjakostnější surovinou vhodnou především pro slévárenské účely (pojivo slévárenských písků při zhotovování forem) jak aktivovaný (nahrazení iontů  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  ionty  $\text{Na}^+$ ) tak neaktivovaný bentonit



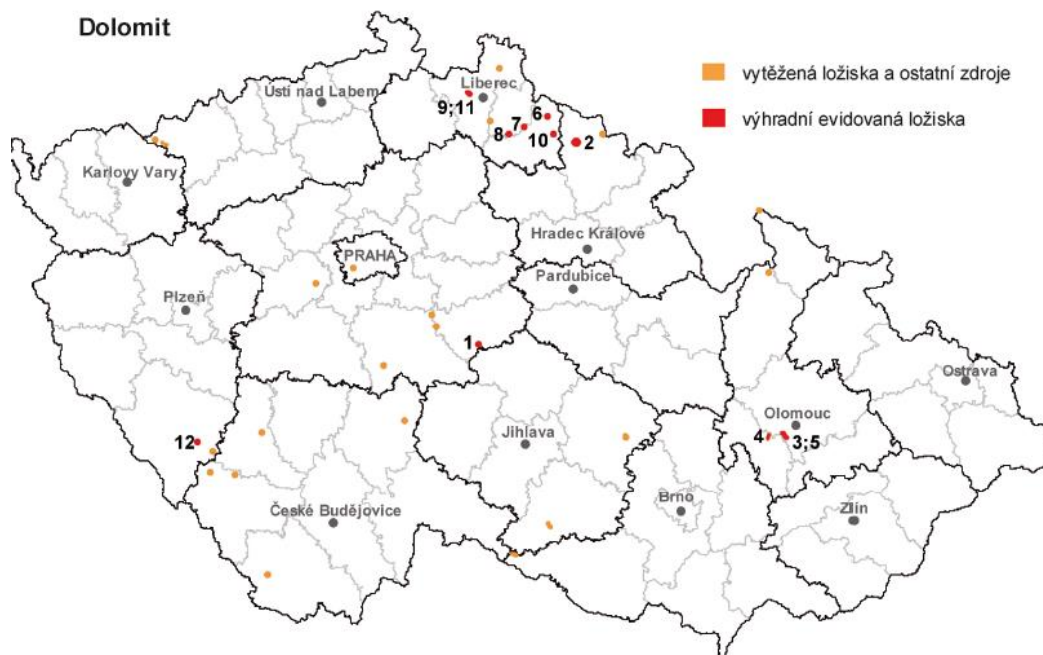
Obr. 10.8: Evidovaná ložiska bentonitu v ČR: Tučným písmem jsou uvedeny názvy těžených ložisek  
 1. **Braňany-Černý vrch**, 2. **Maršov u Tábora**, 3. **Rokle**, 4. **Stránce**, 5. **Blov-Krásný Dvoreček**, 6. **Blšany**, 7. **Dnešice-Plzeňsko-jih**, 8. **Hájek 1**, 9. **Hájek 2**, 10. **Hroznětín-Velký Rybník**, 11. **Chomutov-Horní Ves**, 12. **Ivančice-Réna**, 13. **Krásný Dvůr-Brody**, 14. **Krásný Dvůr-Podbořany**, 15. **Krásný Dvůr-Vysoké Třebušice**, 16. **Krásný Dvůr-Vysoké Třebušice**, 17. **Lesov**, 18. **Liběšice**, 19. **Nepomyšl**, 20. **Nepomyšl-Velká 2**, 21. **Obrnice-Vteln**, 22. **Podbořany-Letov**, 23. **Poštorná**, 24. **Račetice**, 25. **Rybova Lhota**, 26. **Střimice 1**, 27. **Veliká Ves-Nové Třebčice**, 28. **Vlkaň**, 29. **Všeborovice**. [30]

## Dolomit

Jako dolomity jsou v ČR klasifikovány karbonátové horniny s obsahy  $MgCO_3$  nad 27,5 % a  $MgCO_3 + CaCO_3$  nad 80 %. Čistý dolomit je významnou surovinou pro sklářský, keramický a chemický průmysl. Dolomitické horniny se dále používají pro výrobu dolomitických vápen a hydrátů, hořčnatých cementů, žáruvzdorných hmot v hutnictví, pro odsiřování spalin tepelných elektráren, pro dekorační účely, na výrobu hnojiv a plniv, jako korektiva pro kyselé půdy a jako průmyslová plnidla. Často se rovněž používají pro výrobu drceného kameniva a další stavební účely.

## Surovinové zdroje dolomitu v ČR

Ložiska a výskyty dolomitů a vápnitých dolomitů jsou situována na různých místech po celé ČR. Jediné dolomitové jeskyně v ČR jsou v Bozkově (Podkrkonoší). Jde o turistickou zajímavost.



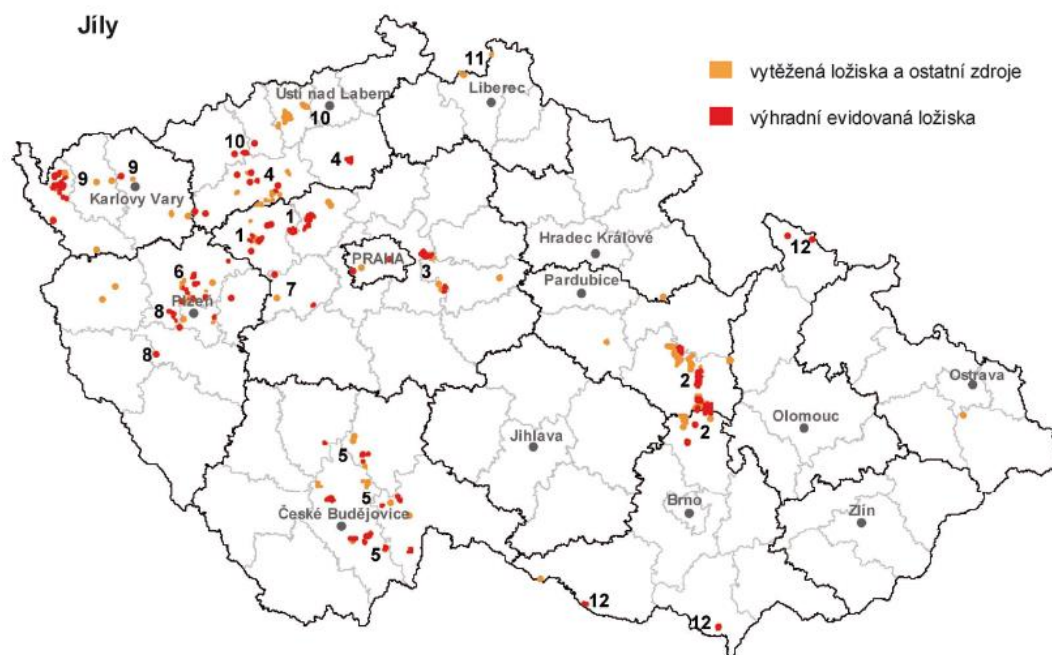
Obr. 10.9: Evidovaná ložiska dolomitu v ČR: **Tučným písmem** jsou uvedeny názvy těžených ložisek  
 1. **Bohdaneč**, 2. **Lánov**, 3. Bystročice, 4. Čelechovice na Hané, 5. Hněvotín, 6. Horní Rokytnice,  
 7. Jesenný-Skalka, 8. Koberovy, 9. Kryštofovo Údolí, 10. Křížlice, 11. Machnín-Karlov pod Ještědem,  
 12. Podmokly. [30]

## Jíly

Jíly jsou sedimentární nebo reziduální nezpevněné horniny složené z více než 50 % jílu ve smyslu zrnitostní frakce (velikost zrn pod 0,002 mm) a obsahující jako podstatnou složku jílové minerály, zejména skupiny kaolinitu, dále hydroslíd (illit) a montmorillonitu. Jíly dále obsahují různé příměsi, např. křemen, slídy, karbonáty, organickou hmotu, oxidy a hydroxidy Fe a další. Barvy mají různé podle příměsí – bílé, šedé, žluté, hnědé, fialové a obvykle zelené a další. Nejvíce se používají v keramické výrobě, jako žáromateriály, plnidla, těsnící hmoty, v papírenství, filtraci olejů atd.

## Surovinové zdroje jílu v ČR

Podle technologických vlastností a použitelnosti se jíly dělí v ČR na pórovinové, žáruvzdorné, keramické apod. Nachází se v různých ložiskových oblastech po celé ČR.



Obr. 10.10: Evidovaná ložiska jílu v ČR: **Hlavní ložiskové oblasti:**

(Názvy hlavních ložiskových oblastí s těženými ložisky jsou uvedeny **tučně**)

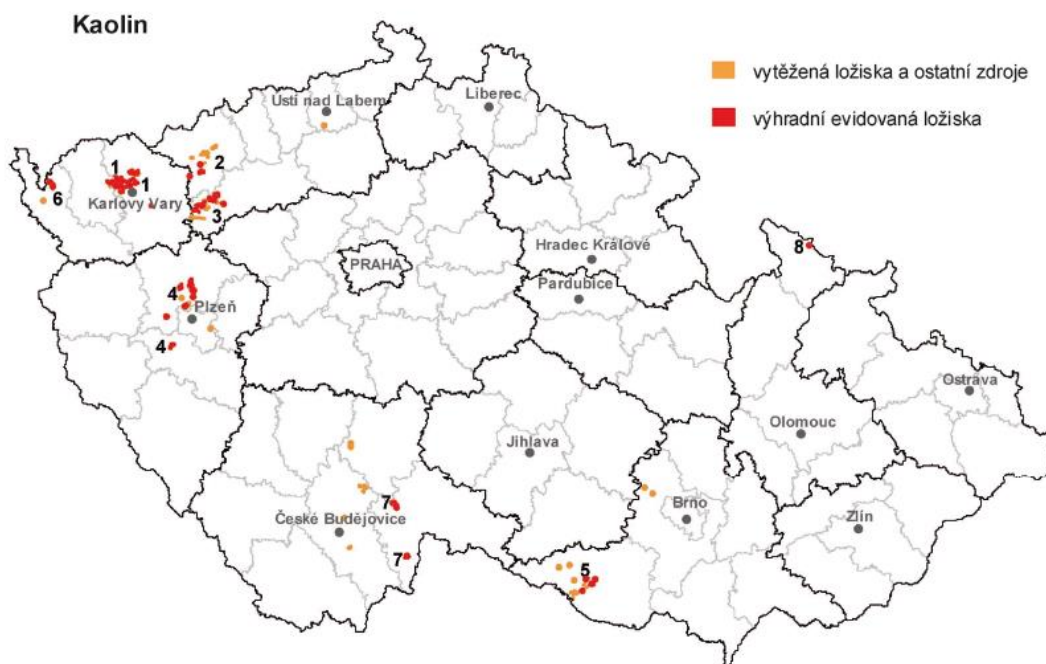
**1. kladensko- rakovnický permokarbon, 2. moravská a východočeská křída, 3. křída v okolí Prahy, 4. lounská křída, 5. jihočeské pánve, 6. plzeňská pánev, 7. terciérní reliktů středních Čech, 8. terciérní reliktů západních Čech, 9. chebská a sokolovská pánev, 10. severočeská pánev, 11. žitavská pánev, 12. terciér a kvartér na Moravě.** [30]

## Kaolin

Kaolin je bílá nebo světle zbarvená hornina, která obsahuje podstatné množství jílových minerálů ze skupiny kaolinitu. Obsahuje vždy křemen, dále může obsahovat ostatní jílové minerály, slídy, živce a další podle povahy mateřské horniny bohaté na živce. Technologická vhodnost kaolinitu se posuzuje podle vlastností získaného plaveného kaolinitu. V ČR jsou kaolinity rozděleny podle použitelnosti:

Kaolin pro výrobu porcelánu a jemné keramiky (KJ), kaolin pro keramický průmysl (KK), kaolin pro papírenský průmysl (KP) a podobně. Nachází se v různých ložiskových oblastech po celé ČR. (viz obr. 10.11)

Kaolin je naše přední exportní komodita.



Obr. 10.11: Evidovaná ložiska kaolinu v ČR: **Hlavní ložiskové oblasti:**

(Názvy hlavních ložiskových oblastí s těžnými ložisky jsou uvedeny **tučně**)

1. **Karlovarsko**, 2. **Kadaňsko**, 3. **Podbořansko**, 4. **Plzeňsko**, 5. Znojensko, 6. chebská pánev, 7. třeboňská pánev, 8. Vidnava. [30]

**Světové zásoby:** USA 53%, Brazílie 28%, Ukrajina a Indie po 7%.

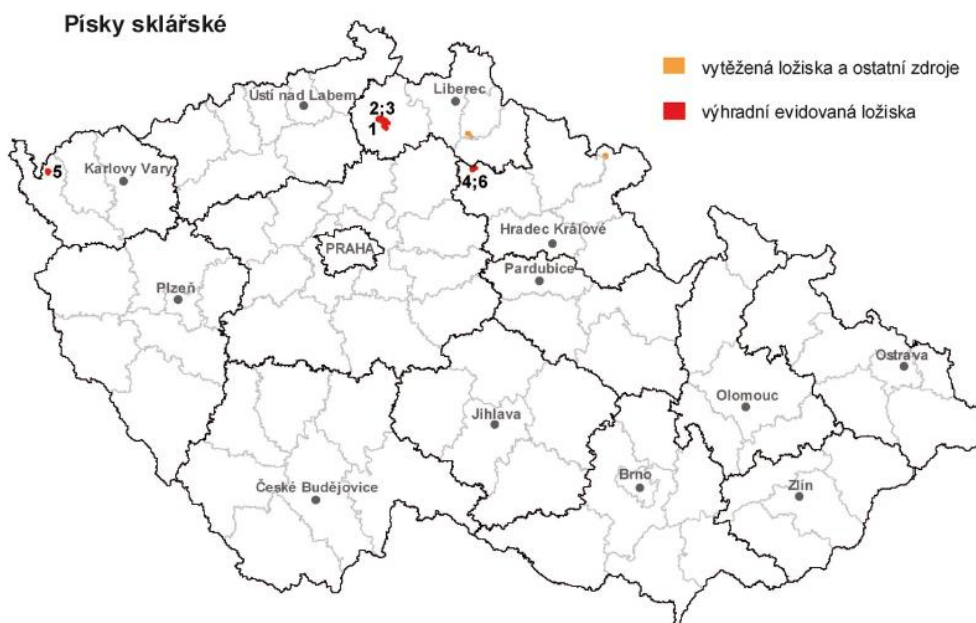
### Písky sklářské

Sklářské písky jsou světle zbarvené až bílé horniny (křemenné písky nebo pískovce), které se používají po úpravě jako surovina pro výrobu skla. Požadavky na jeho kvalitu (zrnitostní, minerální a chemické složení) se mění podle druhu vyráběného skla. Písky v požadované kvalitě se většinou v přírodě nevyskytují a musí se upravovat (drcení, praní, třídění, elektromagnetická separace, flotace aj.). Sklářských tavných písků se používá k výrobě sklářského kmene pro výrobu plochého, obalového a některých technických skel. Pro užitkové sklo a nejlepší pro křišťálová, polooptická a některá technická skla. Přírodní křemenné písky jsou, po mokřím třídění a sušení, často barveny anorganickými pigmenty a užívány pro omítky, posypy střešních krytin a jiné dekorativní účely.

### Surovinové zdroje písku (sklářských) v ČR

Největší a nejvýznamnější ložiska sklářských písků jsou v ČR soustředěna v české křídové pánvi a chebské pánvi.





Obr. 10.12: Evidovaná ložiska písků (sklářských) v ČR: **Tučným písmem** jsou uvedeny názvy těžných ložisek: 1. **Provodín\***, 2. **Srní 2 - Veselí\***, 3. **Srní-Okřešice\***, 4 **Střeleč\***, 5. **Velký Luh\***, 6. **Mladějov v Čechách\*** (\* ložiska sklářských a slévárenských písků). [30]

### **Písky slévárenské**

Slévárenské písky jsou zrnité světle zbarvené horniny, které jsou buď přímo nebo po úpravě vhodné k výrobě slévárenských forem a jader. Hlavními požadavky na slévárenské písky jsou dostatečná žáruvzdornost, pevnost a vaznost (závisí na kvalitě a kvantitě vazné složky) a vhodná zrnitost (velikost středního zrna a pravidelnost zrnění).

### **Surovinové zdroje písků (slévárenských) v ČR**

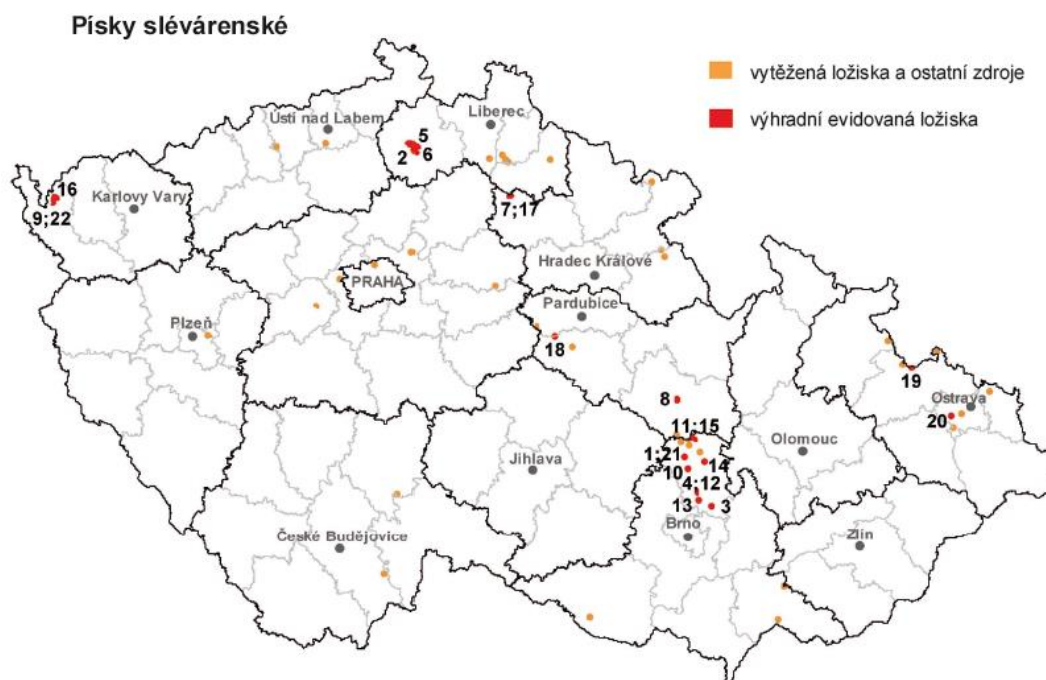
Ložiska slévárenských písků doprovázejí jednak na všech ložiskách sklářské písky (méně kvalitní surovina) a dále se vyskytují samostatně. Největší význam mají, stejně jako v případě písků sklářských, ložiska v okolí Provodína a Střelče.

### **Zeolity**

(Řecky, *zein*, "vařit"; *lithos*, "kámen") jsou hlinitokřemičité minerály mající mikroporézní strukturu.

Zeolity jsou krystalické hydratované alumosilikáty alkalických kovů a kovů alkalických zemin. Jedinečnost spočívá v tom, že prostorové uspořádání atomů vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů. V těchto kanálcích se mohou zachytávat látky tuhého, kapalného a plynného skupenství. Průmyslově se využívají, jako adsorbenty. Například při odstraňování organických barviv ve vodách, anebo pro odstraňování vlhkosti z plynů.

V České republice se nacházejí mineralogicky a sběratelsky mimořádně bohaté lokality například v Českém středohoří, na Děčínsku, v Zálezlech u Ústí n. L apod. Pro průmyslové využití se musí dovážet ze zahraničí.



Obr. 10.13: Evidovaná ložiska písků (slévárenských) v ČR: **Tučným písmem** jsou uvedeny názvy těžených ložisek: 1. Nýrov, 2. Provodín\*, 3. Rudice-Seč, 4. Spešov-Dolní Lhota, 5. Srní-Okřešice\*, 6. Srní 2 - Veselí\*, 7. Sřteleč\*, 8. Svitavy-Vendolí, 9. Velký Luh\*, 10. Voděrady, 11. Babolky, 12. Blansko 1 – Jezírka, 13. Blansko 2 – Mošna, 14. Boskovice-Chrudichromy, 15. Deštná-Dolní Smržov, 16. Lomnička u Plesné, 17. Mladějov v Čechách\*, 18. Načešice, 19. Palhanec-Vávrovice, 20. Polanka nad Odrou, 21. Rudka-Kunštát, 22. Velký Luh 1, (\* ložiska sklářských a slévárenských pís). [30]

## Vápence

Vápence jako nerostná surovina jsou tvořené  $\text{CaCO}_3$ . Existují ve formě sedimentární a metamorfované (krystalické vápence nebo mramory). Barva závisí na druhu příměsi (pyrit a organická hmota – černá, bez příměsi – světlá až bílá). Vápence se používají při výrobě stavebních hmot (vápno, cement, maltoviny, drtě, dekorační a stavební kámen atd.), v hutnictví, v průmyslu chemickém, potravinářském, nově při odsiřování tepelných elektráren, v zemědělství a v dalších oborech (sklářství, keramický průmysl atd.).

### Surovinové zdroje vápenců v ČR

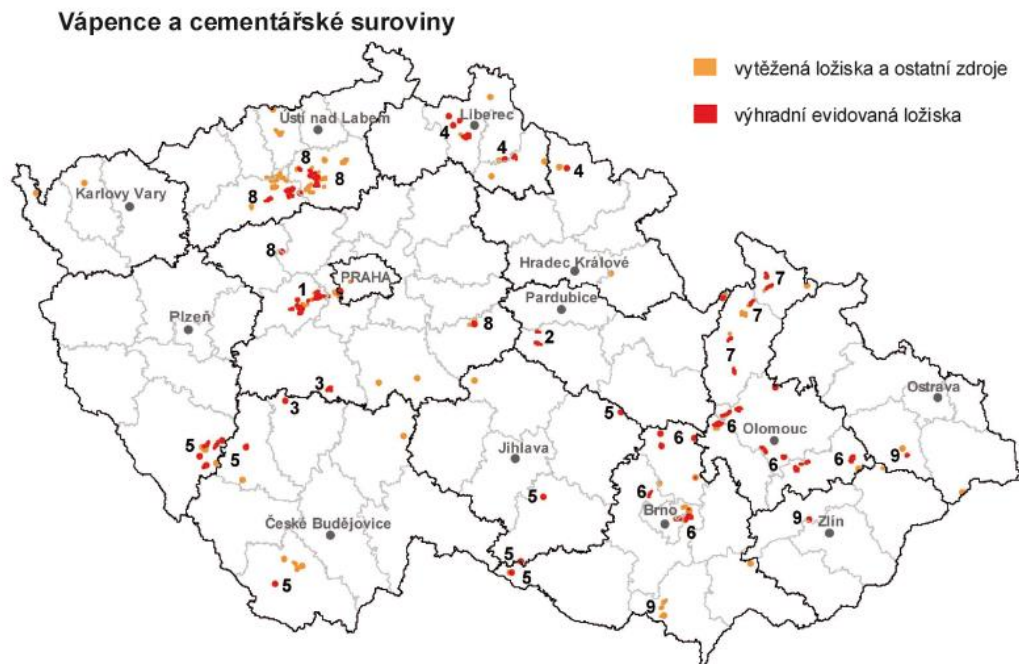
Kvalita se určuje podle obsahu  $\text{CaCO}_3$  a použitelnosti.

**Vápence vysokoprocentní (VV), (vysokopeční) – s obsahem alespoň 96 %** karbonátové složky (z toho max. 2 %  $\text{MgCO}_3$ ). Používají se hlavně v průmyslu chemickém, sklářském, potravinářském, gumárenském a keramickém, v hutnictví, k odsiřování a k výrobě vápna nejvyšší kvality (vzdušná vápna). Těžba – Velkolom Čertovy schody a.s. Tmaň ložisko Koněprusy (44%), Prachovice, Lomy Mořina apod.

**Vápence ostatní (VO)** – s obsahem karbonátů alespoň 80 % se používají především k výrobě cementu, dále k výrobě vápna, pro odsiřování apod. Do této skupiny byly v ČR do roku 1997 řazeny i dolomity a dolomitické vápence.

**Vápence jílovité (VJ)** – s obsahem  $\text{CaCO}_3$  kolem 70 % a vyššími obsahy  $\text{SiO}_2$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Používají se pro výrobu cementu a různých typů vápna.

**Vápence pro zemědělské účely (VZ)** – s obsahem karbonátů alespoň 70–75 %. Používají se při úpravě zemědělských a lesních půd. Výše uvedené vápence jsou také vhodné jako dekorační a stavební kámen (viz další kapitoly).



Obr. 10.14: Evidovaná ložiska vápence v ČR: **Hlavní ložiskové oblasti:** (Názvy hlavních ložiskových oblastí s těženými ložisky jsou uvedeny tučně) 1. *devon Barrandienu (Český kras)*, 2. *paleozoikum Železných hor (Prachovice)*, 3. *středočeská ostrovní zóna*, 4. *krkonošsko-jizerské krystalinikum*, 5. *moldanubikum jihočeské a moravské (kámen pro hrubou a dekorační výrobu)*, 6. *moravský devon (Moravský kras), (stavební kámen)*, 7. *silezikum (skupina Branné), orlicko-kladské krystalinikum a zábřežská skupina*, 8. *česká křídová pánev*, 9. *vnější bradlové pásmo Západních Karpat.*[30]

Životnost zásob vysokoprocenních vápenců je přibližně 150 – 300 let. Ostatních vápenců přibližně 180 – 250 let.

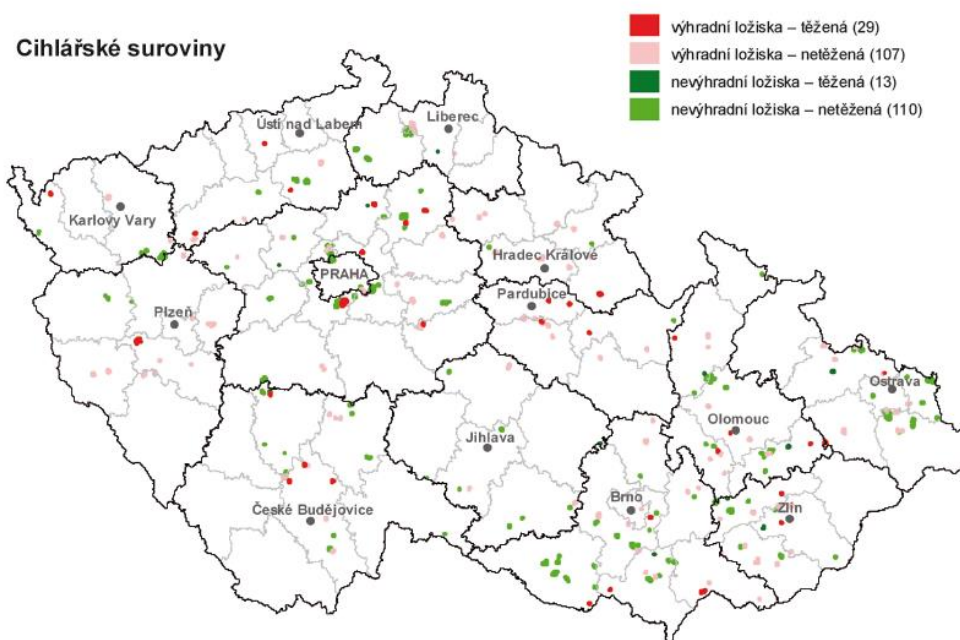
### Stavební suroviny

Česká republika má mimořádně velké geologické zásoby stavebních surovin: **cihlářských surovin, dekoračního kamene, stavebního kamene a šterkopísků.**

### Cihlářské suroviny

Cihlářské suroviny jsou všechny druhy surovin vhodné samostatně nebo ve směsi k cihlářské výrobě. K tomuto účelu jsou nejčastěji používány tyto typy hornin: spraše, sprašové a svahové hlíny, jíly a jílovce, slíny, zvětraliny břidlic a další. Vlastní výrobní hmota má dvě hlavní složky – plastickou a ostřicí, které jsou proporcionalně zastoupeny buď přímo

v surovině nebo se mísí. Škodlivinami v cihlářské surovině jsou především karbonáty, sádrovec, organické látky, větší úlomky hornin.

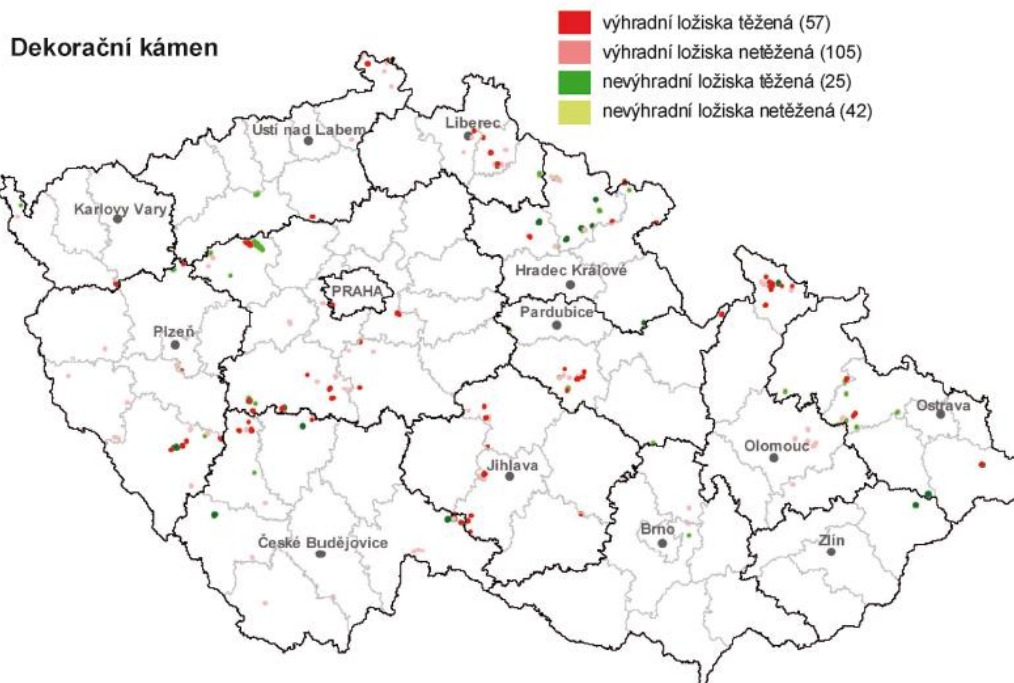


Obr. 10.15: Evidovaná ložiska cihlářské suroviny v ČR:

Ložiska cihlářských surovin na území ČR jsou evidována v mimořádně velkém počtu, a proto nejsou v přehledu uváděna. Ložiska jsou rozmístěna nerovnoměrně a v některých oblastech jsou proto tyto suroviny nedostatkové (např. na Českomoravské vrchovině).

### Dekorační kámen

Surovinou jsou všechny druhy pevných hornin magmatického, sedimentárního i metamorfního původu, které jsou blokově dobytelné a svými vlastnostmi vyhovují buď pro hrubou kamenickou výrobu (obrubičky, dlažební kostky, stavební bloky apod.) nebo pro ušlechtilou výrobu (kamenické, kamenosochařské a speciální práce). Určující pro hrubou výrobu je mineralogicko-petrografické složení, fyzikálně-mechanické vlastnosti, struktura, textura, blokovitost, druhotné přeměny a další. U suroviny pro ušlechtilou výrobu se hodnotí především vzhled, barevnost, leštitelnost a trvanlivost horniny. Negativní vlastnosti jsou navětrání a druhotné přeměny, drcená pásma, vložky nevhodných hornin a minerálů například přítomnost sulfidů zejména pyritu apod. V současnosti se v ČR jako kámen pro hrubou a ušlechtilou kamenickou výrobu nejvíce uplatňují hlubinné vyvřeliny (především granitoidní horniny), které tvoří zhruba 70 % těžených výhradních ložisek. 20 % těžby zaujímají břidlice a kolem 8 % pískovce.



Obr. 10.16: Evidovaná ložiska dekoračního kamene. [30]

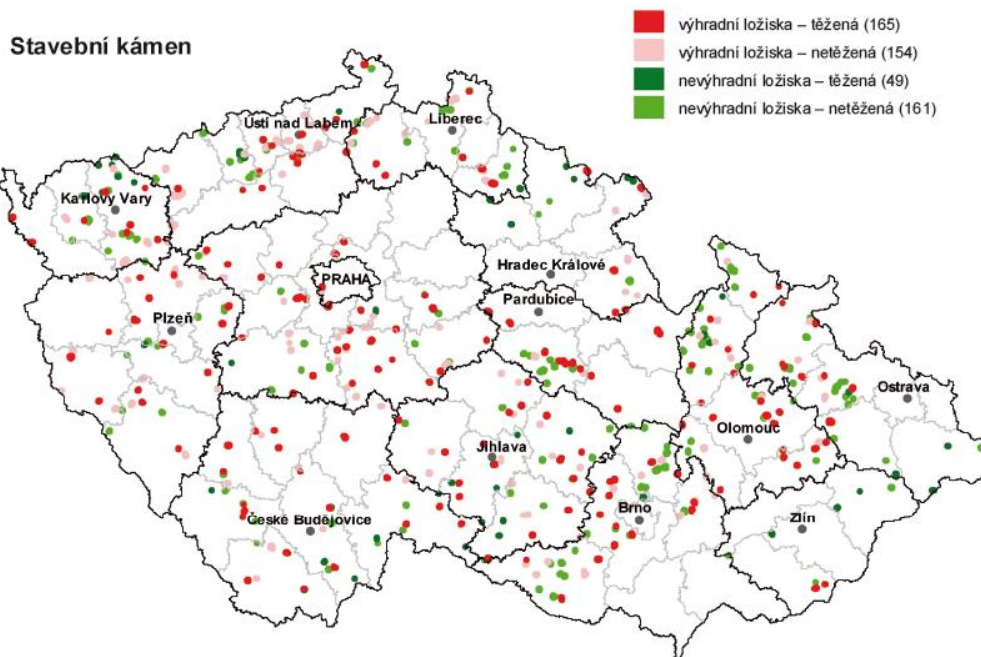
V České republice je bilancován velký počet ložisek dekoračního kamene, a proto jejich seznam není uveden. V současnosti je domácí produkce silně zatlačována importem.

### Stavební kámen

Stavební kámen tvoří všechny pevné magmatické, sedimentární i metamorfované horniny, pokud jejich technologické vlastnosti odpovídají podmínkám stanovených dle účelu použití. Musí mít určité fyzikálně-mechanické vlastnosti, které vyplývají z geneze, mineralogického složení, struktury, textury, druhotných přeměn a dalších charakteristik. Horniny se používají ve vytěženém stavu (lomový kámen) nebo převážně v upraveném stavu (drcené kamenivo). Škodlivinami jsou poruchové, drcené, navětralé nebo alterované zóny, polohy technologicky nevhodných hornin, vyšší obsahy sloučenin síry a amorfního  $\text{SiO}_2$  a další.

### Surovinové zdroje stavebního kamene v ČR

Průmyslově využitelná ložiska stavebního kamene jsou rozšířena na celém území Českého masivu, výrazně méně v jeho pánevních oblastech. Procentuální zastoupení je řádově následující 70 % vyvřeliny, 20 % metamorfika, 10 % sedimenty. Hlavním zdrojem suroviny pro výrobu drceného kameniva v ČR jsou ložiska výlevných hornin. Ložiska paleovulkanitů (výlevných hornin předterciárního stáří) se vyskytují prakticky jen v Barrandienu (zde jsou vhodná i zpevněná pyroklastika). Největší význam mají ložiska bazických (zejména čedičových) hornin. Jsou soustředěna především v Českém středohoří a v Doupovských horách.



Obr. 10.17: Evidovaná ložiska stavebního kamene v ČR. [30]

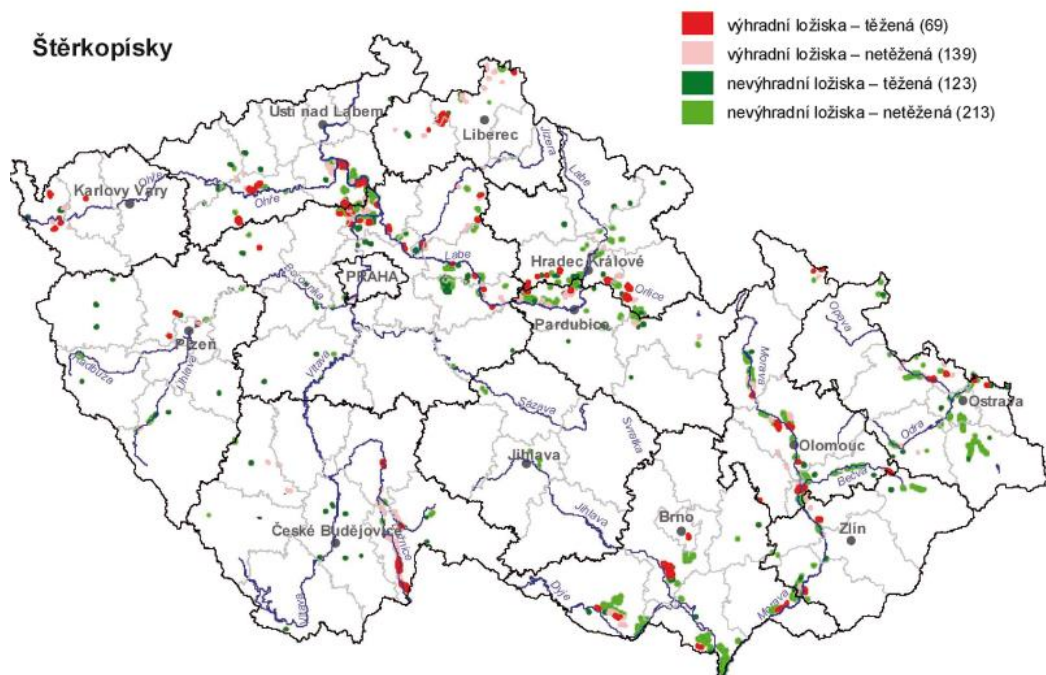
Životnost zásob stavebního kamene je přibližně 90 – 200 let.

### Štěrkopísky

Štěrkopísky jsou směsí štěrku a písku a patří k nejdůležitějším výchozím surovinám průmyslu stavebních hmot. Jsou to nezpevněné sedimenty, vzniklé snosem a usazením více nebo méně opracovaných úlomků (štěrky např. 2 až 128 mm, písky např. 0,063 až 2 mm) nebo větráním rozpadlých hornin. V jejich složení převažují valouny odolných hornin a nerostů (křemen, živec, křemenec, bulžník, žula apod.) nad méně odolnými (většina krystalických a sedimentárních hornin). Ložiska štěrkopísků jsou rozšířena po celém světě. Hlavní užití štěrkopísků je dáno velikostí a tvarem zrn, typem a stavbou hornin a minerálů, které je tvoří. Štěrky a štěrkopísky se jako přírodní kamenivo nejčastěji používají ve stavebnictví - pro betonářské směsi, drenážní a filtrační vrstvy, podsypy a stabilizaci komunikací. Písky mají ve stavebnictví hlavní použití v maltařských a betonářských směsích, kdy záleží na čistotě materiálu a je třeba dbát na případnou alkalickou reakci v betonech. Dále jako ostřívo při výrobě cihel, na omítky nebo jako základka důlních vydobytých prostor apod.

### Surovinové zdroje štěrkopísku v ČR

V ČR je naprostá většina ložisek kvartérních, a to fluviálního původu. Průmyslově využitelná ložiska jsou soustředěna především v povodí větších řek, jako jsou Labe, Vltava, Ohře, Morava, Dyje a Odra.



Obr. 10.18: Evidovaná ložiska štěrkopísku v ČR. [30]

Životnost zásob štěrkopísku je přibližně 50 – 60 let.

### 10.3 Rudy

Úroveň těžby rud a její rozvoj byl dlouhodobě ovlivňován tzv. limitními náklady kovů vyhlášenými centrálními orgány, jejichž prostřednictvím bylo rudní hornictví od roku 1965 dotováno. Tím lze také vysvětlit, že ještě v roce 1989 bylo vytěženo 932 kt rud, které obsahovaly 1 200 t Cu, 4 600 t Pb, 6 500 t Zn, 625 t Sn, 75 t W, 141 t Li, 20,8 t Ag, 253 t Sb a více než 105 kg Au. V důsledku zrušení dotací došlo v roce 1993 k zastavení těžby rudních ložisek. V prvním čtvrtletí roku 1994 byla definitivně ukončena těžba Au rud ve Zlatých Horách (DP Zlaté Hory I-západ), jako na posledním rudním ložisku v ČR (neuvažujeme-li U rudy, které jsou řazeny k palivoenergetickým surovinám).

#### Rudy železa

**V ČR nejsou žádná ekonomicky využitelná ložiska Fe rud.** Rudy vyskytující se na území republiky jsou chudé, vesměs mají obsahy Fe pod 40 %. Těžitelné **zůstalo jen ložisko FM Kovářská (14,8 mil. t)**. Na tomto ložisku proběhlo během roku 2004 přehodnocení zásob a nulové zásoby byly schváleny počátkem roku 2004. **Od 1. 1. 2005 tedy v ČR není evidováno již žádné ložisko železných rud.**

## **Rudy manganu**

Zásoby manganových rud jsou v Bilanci k 1. 1. 2011 tvořeny jedním problematicky využitelným primárním ložiskem chudých karbonáto-silikátových rud a dvěma odvaly (resp. odkališti) ve Chvaleticích s celkovým množstvím 134 mil. t nebilančních zásob.

## **Rudy mědi**

V ČR nejsou žádná ekonomicky využitelná ložiska Cu rud. Těžba Cu rud byla v ČR zastavena v roce 1990 a ložiska jsou postupně vyřazována z Bilance. V roce 2003 byly schváleny nulové zásoby na ložisku Tisová u Kraslic.

## **Polymetalické rudy**

Těžba polymetalických ložisek byla v ČR ukončena počátkem roku 1994. Finálním produktem těžby byl komplexní Pb-Zn koncentrát, který byl exportován, protože k jeho zhutnění neexistovaly domácí kapacity. Zásoby polymetalických rud jsou postupně vyřazovány z Bilance. V roce 2003 byly schváleny nulové zásoby na ložisku Zlaté Hory-západ.

## **Stříbro**

### **Charakteristika a užití**

Stříbro se nachází asi ze dvou třetin v polymetalických (Pb-Zn a Cu) a měděných ložiskách různých typů. Hlavním rudním minerálem na polymetalických ložiskách je Ag-galenit, z ostatních jsou to většinou sulfidy a sulfosoli Ag, jako jsou např. argentit, kerargyrit, polybazit, proustit, pyrargyrit, stromeyerit, tetraedrit (freibergit). Ryzost stříbra se udává v tisícinách obsahu kovu; nejobvyklejší slitina, tzv. sterlingové stříbro, obsahuje 92,5 % Ag (ryzost 925/1000). Stříbro se uplatňuje v řadě průmyslových i spotřebních oblastí, jako jsou elektrotechnika a elektronika, v barevném tiskárenství, ve výrobě deodorantů, ve zdravotnictví apod. Tradiční užití stříbra ve šperkařství si uchovává svůj význam. Stříbro má rovněž užití při čištění vody, výrobě baterií, výrobě zrcadel a speciálních odrazných povrchů (získávání solární energie), výrobě katalyzátorů a v jaderné energetice pro výrobu regulačních tyčí pro vodní reaktory (slitina 80 % Ag, 15 % In a 5 % Cd).

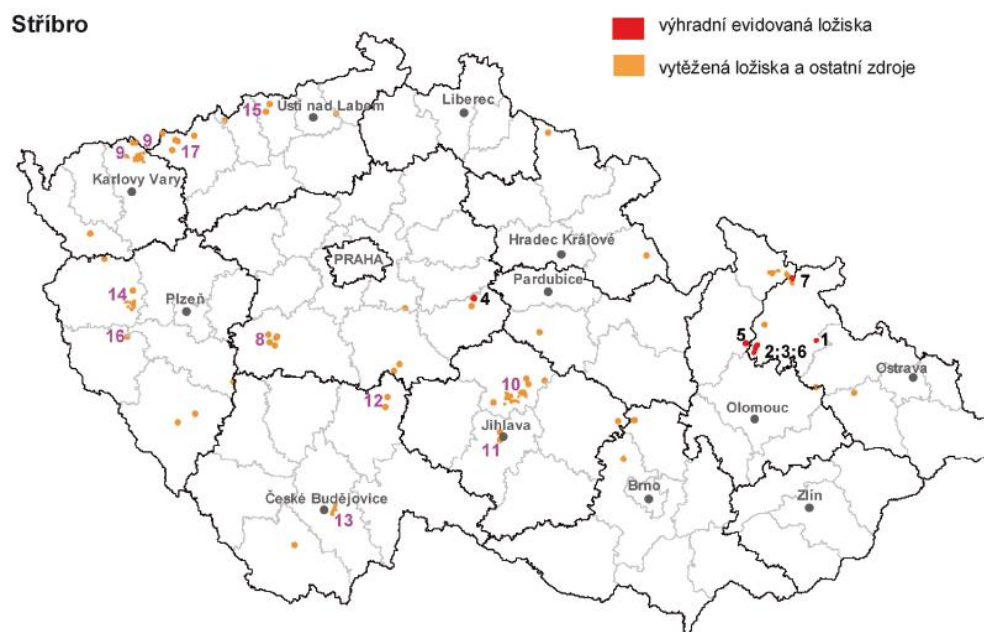
### **Surovinové zdroje stříbra v ČR**

Těžba stříbra v rozhodující míře založila tradici středověkého rudního hornictví v Čechách a rozkvět horních měst. Podstatný podíl zásob Ag v ČR je vázán jako izomorfní příměs v sulfidech polymetalických rud, především v galenitu. Část stříbra byla dříve získávána těžbou bohatých polymetalických rud Pb-Zn (58–70 ppm Ag) a rud U-Ag (ušlechtilé rudy včetně ryzího Ag s obsahy cca 480 ppm Ag) na příbramském uran-polymetalickém ložisku až do útlumu prací počátkem devadesátých let. Získatelná množství stříbra obsahovaly i polymetalické rudy ložisek Horní Benešov a Horní Město. Olověný 50 % koncentrát z těchto ložisek vykázal za léta 1963–1992 průměrný obsah 846 g/t Ag, 49 % zinkový koncentrát měl průměrný obsah 86,6 g/t. Ve zlatohorském revíru obsahovaly stříbro polymetalické rudy ložiska Zlaté Hory-východ. V Pb-Zn koncentrátu vyráběném z rud tohoto ložiska v letech 1988–1992 byl vykazován průměrný obsah stříbra 0,19 g/t. Řada dnes



opuštěných ložisek Pb-Zn-Ag rud a ložisek pětivrzkové formace (U-Bi-Co- Ni-Ag) v historických revírech (**Kutná Hora, Příbram, Jáchymov, Jihlava, Havlíčkův Brod, Stříbro, Stará Vožice, Ratibořské Hory, Rudolfov, Vejprty, Hrob atd.**) byla v minulosti významným zdrojem evropského stříbra a představuje klasické ložiskové typy.

V souvislosti s probíhající rebilancí polymetalických rud jsou i zásoby stříbra postupně vyřazovány z Bilancí. Evidovaná ložiska nejsou těžena.



Obr. 10.19: Evidovaná ložiska stříbra v ČR: 1. Horní Benešov, 2. Horní Město, 3. Horní Město-Šibenice, 4. Kutná Hora, 5. Oskava, 6. Ruda u Rýmařova-sever, 7. Zlaté Hory-východ, 8. Příbramsko, 9. Jáchymovsko, 10. Havlíčkobrodsko, 11. Jihlavsko, 12. Ratibořské hory + Stará Vožice, 13. Rudolfov, 14. Stříbro, 15. Hrob + Mikulov, 16. Nažovské hory, 17. Vejprty + Hora sv. Kateřiny. [30]

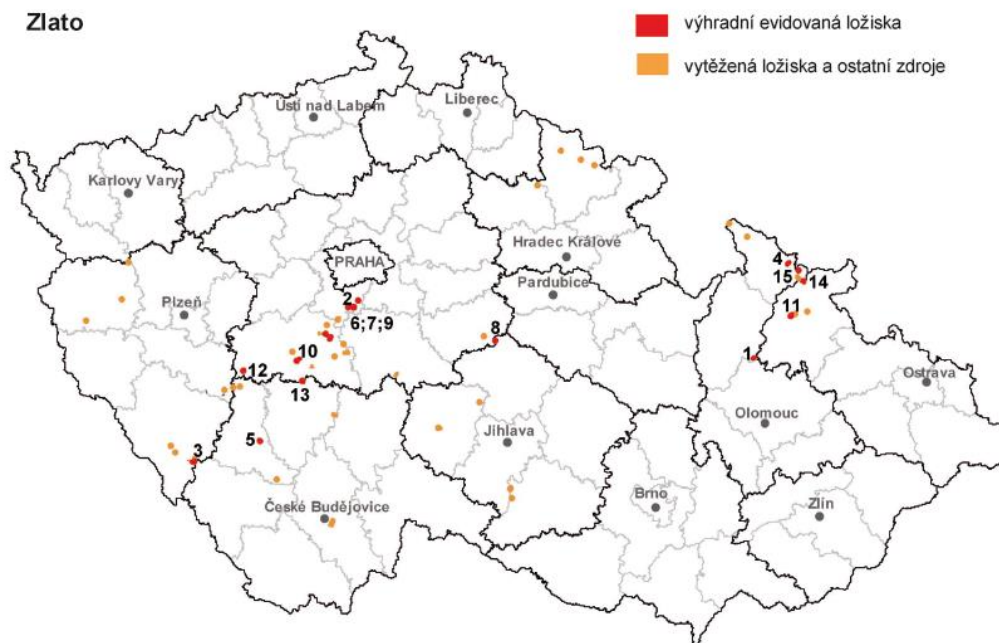
### Rudy cínu, wolframu a lithia

Těžba Sn rud v ČR skončila spolu s rudami W v roce 1991 uzavřením ložiska Krásno, na ložisku Cínovec-jih pak o rok dříve. Větší zbytkové zásoby chudých Sn-W rud zůstaly jen na ložiscích Krásno a Cínovec. Výjimkou je ložisko komplexních Au-W rud Kašperské Hory. Ačkoliv jsou veškeré jeho zásoby nebilanční z důvodů střetů zájmů s ochranou přírody, představuje ložisko jediné v současnosti ekonomicky využitelné ložisko Au a W rud v ČR. Jako ložisko je pak velké a významné i z evropského hlediska. V současné době označují němečtí geologové (Freiberg), Krušné hory na německé i české straně, jako největší světovou akumulaci lithia.

### Rudy zlata

Těžba zlata má v Čechách dlouhou historii, jedná se o 3 tis. let starou tradici. Ložiska rud zlata jsou jedinými ložisky rud v ČR, na kterých jsou vykazována významnější množství bilančních zásob. V ČR je registrováno 15 ložisek, těžba však byla na všech ložiscích ukončena v roce 1994. V současné době, po ukončení těžby na Sb-Au ložisku Krásná Hora v roce 1992 a polymetalickém ložisku Zlaté Hory-západ v roce 1994, se v ČR zlato netěží. Z

evropského hlediska zcela výjimečně velké i bohaté ložisko Au-W rud Kašperské Hory je nejvýznamnějším a nejperspektivnějším rudním ložiskem v ČR. Velmi slibná jsou při současných vysokých cenách zlata i velká povrchově těžitelná ložiska jako např. Mokrsko (odhad 750 mil dolarů) nebo Vacíkov. Využívání výše uvedených prozkoumaných zásob Au rud na ložiscích Mokrsko a Kašperské Hory (odhad 400 mil. dolarů) brání nedořešené střety zájmů s ochranou životního prostředí a zákaz používání úpravy rud kyanizací v ČR. (Horní zákon. Č.44/1988). Ložiska zlata jsou perspektivní komoditou se světovými zásobami. Evidovaná ložiska a ostatní zdroje nejsou těženy.



Obr. 10.20: Evidovaná ložiska zlata v ČR: 1. Břevenec, 2. Jilové u Prahy, 3. Kašperské Hory, 4. Mikulovice u Jesenika, 5. Modlešovice, 6. Mokrsko, 7. Mokrsko-východ, 8. Podmoky, 9. Prostřední Lhota-Čelina, 10. Smolotely-Horní Líšnice, 11. Suchá Rudná-střed, 12. Vacíkov, 13. Voltýřov, 14. Zlaté Hory-východ, 15. Zlaté Hory-Zlatý potok. [30]

**Světová zásoba:** Čína 11,6 %, JAR 10,6 %, Austrálie 10,3 %, USA 10 %

### Rudy stopových a vzácných prvků (germanium)

Rudy germania byly v 60. letech minulého století vyhodnoceny na některých ložiscích uhlí, většinou v sokolovské a kladensko-rakovnické pánvi. Zvýšené obsahy byly obsaženy v popelu. Spolu s odpisy zbytkových zásob uhlí je postupně odepisováno i germanium. Kapitola o rudách je smutným, ale výstižným nekrologem o kdysi světovém proslulém českém rudním hornictví.

## **11. Geologie a globální změny klimatu a ohrožená litosféra**

### **11.1 Klimatické změny na planetě**

Již v úvodu je třeba zmínit, že téma změn klimatu a počasí je velice složité a často kontroverzní téma. Toto téma diskutují odborníci, ale i politikové.

Jediné seriózní názory na změny klimatu a počasí, jsou na ty, které již proběhly v minulosti a která probíhají v současnosti. Změny na planetě Zemi a ostatních planetách naší Sluneční soustavy do budoucna, jsou pouze úvahy podložené různými vědeckými i často nevědeckými argumenty a modely.

Na základě studia z různých zdrojů, je možné dokumentovat historii klimatických změn. Ze zkušenosti několika málo generací zpět si můžeme udělat obrázek současného stavu, ale zde mluvíme spíše o změnách počasí. Vzhledem k různým, často diametrálně rozdílným názorům odborníků, klimatologů a dalších přírodovědců a také laiků politiků je budoucnost klimatických změn, jen velmi nejasná. Jedná se o spekulace a převážně o hypotézy.

Fenomén globálního oteplování je bezesporu klimaticko-politickým tématem číslo jedna naší moderní doby.

Politici tvrdí, že se jedná o přímou korelaci mezi množstvím antropogenně vyprodukovaných skleníkových plynů především oxidu uhličitého a teplotou. Z dlouhodobých pozorování jsou v současné době nejvyšší naměřené hodnoty CO<sub>2</sub> za posledních 750 000 let. Jako argumenty přejímají názory klimatologů, kteří pracují převážně se satelitními daty, která byla přístupná po roce 1975, tedy za necelých 40 let. Výzkum změn klimatu, zvláště jednoznačná podpora globálního oteplování není možné studovat bez dlouhodobých relevantních dat.

Druhá skupina klimatologů se zaměřuje na přírodní klimatické vlivy, jako je například solární aktivita versus teplota. Změny na Slunci (solární skvrny) jsou v přímé souvislosti s extrémními změnami klimatu, jako byly v období pleistocénu např. v dobách ledových (glaciálech).

*Důvodů čím mohou být změny klimatu způsobeny je řada.*

Změny klimatu mohou být vyvolány řadou faktorů, působících na klimatický systém z okolního prostoru i velkým množstvím činitelů působících uvnitř samotného klimatického systému, může jít i o malou změnu. [14]

Co může klimatické změny způsobovat:

#### **11.1.1 Přírozená variabilita klimatu za dobu historie Země**

#### **11.1.2 Člověk, jeho produkce skleníkových plynů (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC (freon), O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O)**

#### **11.1.3 Slunce, změny jeho intenzity teploty (skvrny)**

#### **11.1.4 Sopečná aktivita, změny oceánických a vzdušných proudů.**

#### **11.1.5 Změny v oběžné dráze Země kolem Slunce a ve sklonu osy planety.**

### 11.1.1 Přírozená variabilita klimatu za dobu historie Země

Klimatické výkyvy, které ovlivňovaly anorganický i organický svět během kvartéru (čtvrtohor), nejsou dodnes jednoznačně vysvětleny. Stejně tak i současné změny jsou vysvětlovány různými autory odlišně, často jsou jejich názory diametrálně rozdílné.

Za nejpravděpodobnější je možné považovat souhrn *astronomických příčin* (zvláště periodické změny (sklonu) zemské ekliptiky a faktorů *paleogeografických* tj. rozložení kontinentů, mladých horstev a režimu mořských a vzdušných proudů.

V pleistocénu odlišujeme pět chladných období neboli glaciálů (doby ledové), které byly od sebe odděleny výrazně teplejšími interglaciály neboli dobami meziledovými. [34]

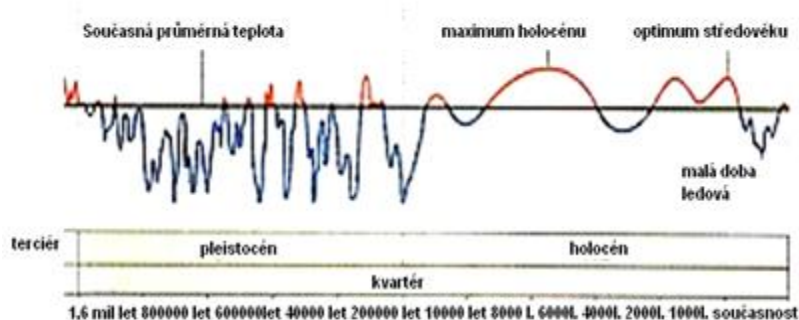
Celkový pokles teplot v **pleistocénu** vedl ke vzniku mohutných štítů kontinentálních ledovců v severní Evropě, Severní Americe, v Grónsku a v Antarktidě, kde mocnost ledu dosahovala několika kilometrových mocností. V chladných obdobích značně vzrostly i plochy horských ledovců, takže celková plocha zaledněných částí kontinentů vzrostla na 32% proti dnešní hodnotě 10%.

V glaciálech poklesla povrchová teplota vod oceánů o 4-7°C a také hladina světového oceánu výrazně poklesla (až o 100m proti dnešní úrovni). V interglaciálech byla průměrná teplota o 2 - 3°C vyšší než dnes a výška hladiny oceánu také přesahovala dnešní stav. Chladná období se v teplých klimatických pásmech vyznačovala zvýšením srážek. [34]

Počátek holocénu přibližně před 10 000 léty se vyznačoval výrazným oteplením a ústupem i táním ledovců. Již přibližně před 7000-8000 lety, v období označovaném jako *atlantik*, dosáhly průměrné roční teploty vyšší hodnoty než dnes a také vlhkost ovzduší byla větší.

Během holocénu docházelo i k dalším klimatickým výkyvům (období neolitu). Sušší a teplý interval nastává v období mezi 3200 - 2700 léty. (odpovídá době bronzové), následující ochlazení a zvýšení vlhkosti klimatu v době bronzové. Významné ochlazení nastává v tzv. malé době ledové v 15. – 18. století.

Zda je holocén skutečně dobou poledovou, nebo meziledovou nelze zatím rozhodnout. [34] (viz obr.11.1)



Průměrná teplota na Zemi

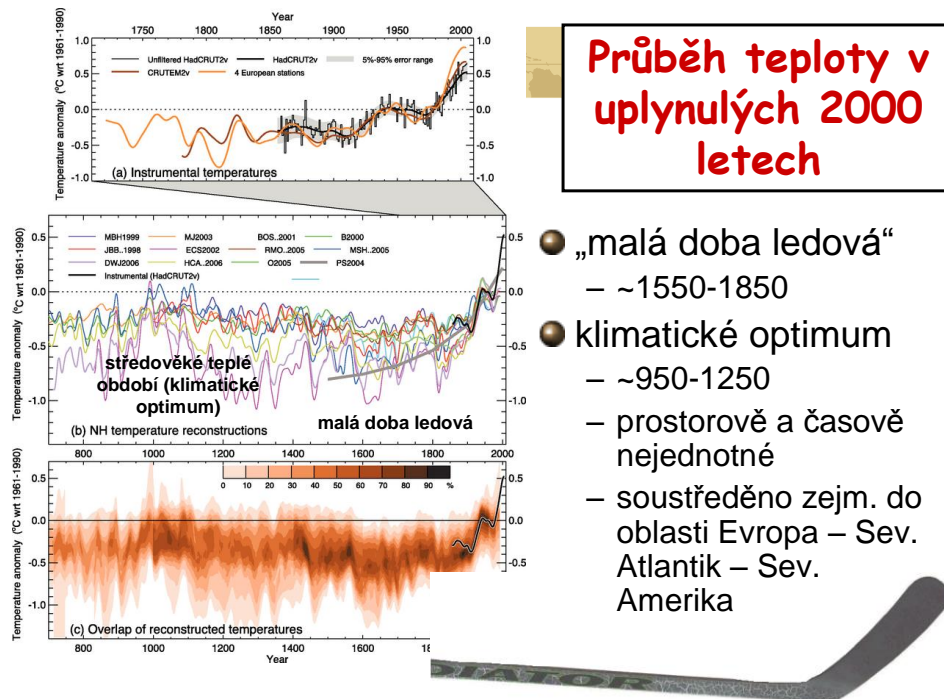
Obr. 11.1: Klimatické změny planety. [5]

## 11.1.2 Člověk, jeho produkce skleníkových plynů (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC, O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O)

Politici nenaslouchají názorům oponujících klimatologů.

Politici tvrdí, že jde o přímou a jedinou korelaci mezi CO<sub>2</sub> a teplotou.

V současné době jsou nejvyšší hodnoty CO<sub>2</sub> za posledních 750 000 let. Graficky je tento trend vyjádřen grafem, který připomíná „hokejku“ (viz obr. 11.2).

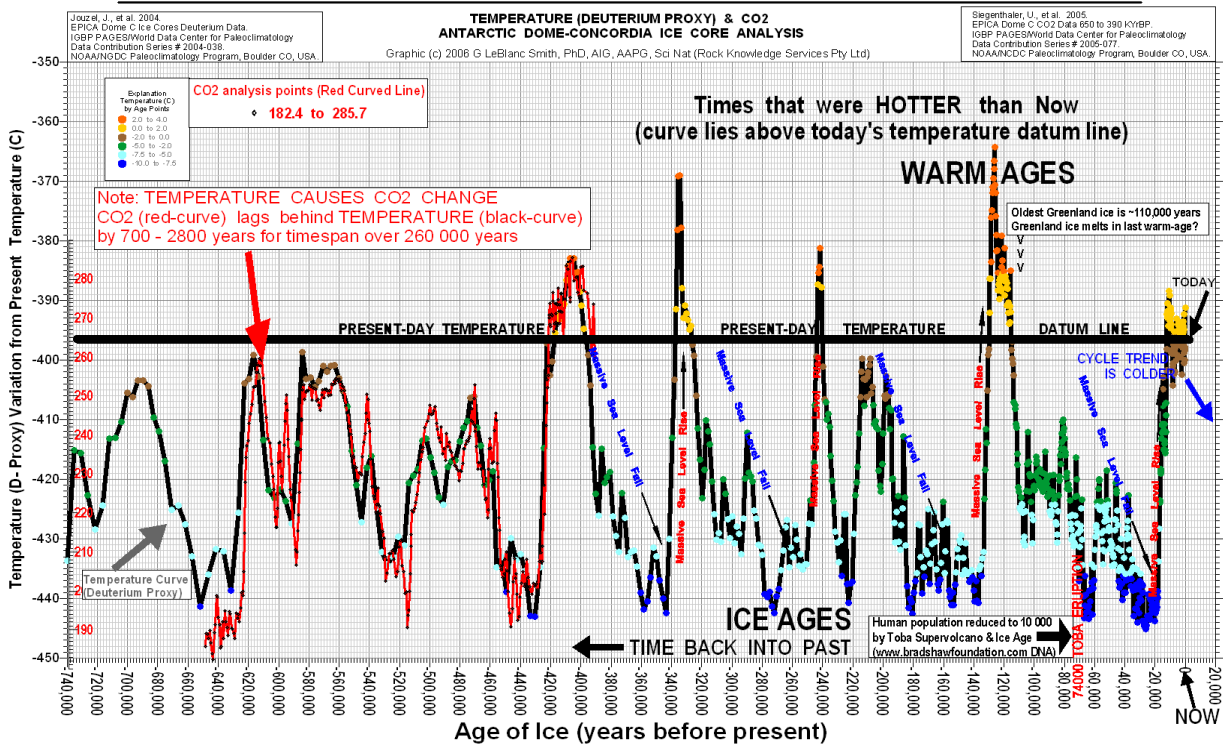


Obr. 11.2: Vývoj teplot během posledních 2000 let. [36]

Je to hlavní a jediný konkrétní argument „tvrdých“ zastánců klimatických změn, že klimatické změny jsou způsobeny člověkem.

Argumentují, že dnes máme nejvyšší hodnoty CO<sub>2</sub>. Největší nárůst je za posledních 750 000 let. Je to fakt, který je alarmující. Tato skupina také tvrdí, že korelace mezi CO<sub>2</sub> a teplotou jednoznačně existuje.

### GRAPH SHOWING MAJOR GLOBAL HOT-COLD CYCLES & LAG OF CO2 BEHIND TEMPERATURE



Obr. 11.3: Graf ukazuje hlavní globální teplé a studené cykly v souvislosti s přibývajícím CO<sub>2</sub>. [34]

Problematiku klimatických změn studuje mnoho vědců, výzkumných ústavů, vysokých škol a dalších institucí.

Světovou institucí je Mezivládní panel pro změnu klimatu IPCC (Intergovernment Panel, Climate Changes). Tato mezivládní organizace byla založena ve Stockholmu v devadesátých letech. Od té doby bylo vydáno 5 společných zpráv.

První zpráva v roce 1990 ovlivnila závěry konference v Riu de Janeiru, 2. zpráva přispěla k závěrům konference z Kjota. 3. zpráva nepřinesla výrazné nové informace, ale byl zde definován akční plán. Důležité jsou výsledky výzkumu o vlivu člověka na atmosféru. Ty jsou stále upřesňovány. Pravděpodobnost, že se člověk podílí svojí činností z 50% na složení atmosféry byla uváděna v prvních zprávách. Ve zprávě č. 3 tato pravděpodobnost narůstá na 65% a ve zprávě č. 4 je již na 90%.

Propagátoři klimatických změn, které vznikají v souvislosti s narůstajícím množstvím skleníkových plynů, především CO<sub>2</sub> mluví o jistotě z 95 %, že za většinu probíhajících klimatických změn mohou lidé. V případě neodkladného a razantního snížení emisí máme stále možnost udržet globální oteplení pod 2 °C, uvedl ve své nejnovější zprávě Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC). První desetiletí 21. století bylo nejteplejším od roku 1850, a to i přesto, že se rychlost oteplování ovzduší v poslední době mírně zpomalila, zato se více oteplely hlubiny oceánů a zrychlovalo se ubývání ledu v Grónsku a Antarktidě. Oceán se nebezpečně okyseluje a jeho hladina stoupá stále rychleji.

5. aktuální pracovní zpráva vydaná v září 2013 přináší následující výsledek. Pravděpodobnost, že člověk ovlivňuje klima nad 50% je 90 – 95%

### 11.1.3 Slunce, změny intenzity teploty (skvrny a sluneční cykly)

Jedním z názorů klimatických změn je i souvislost se změnami sluneční aktivity. Sluneční skvrny pozoruje lidstvo již od dob starověké Číny (4. století př.n.l).

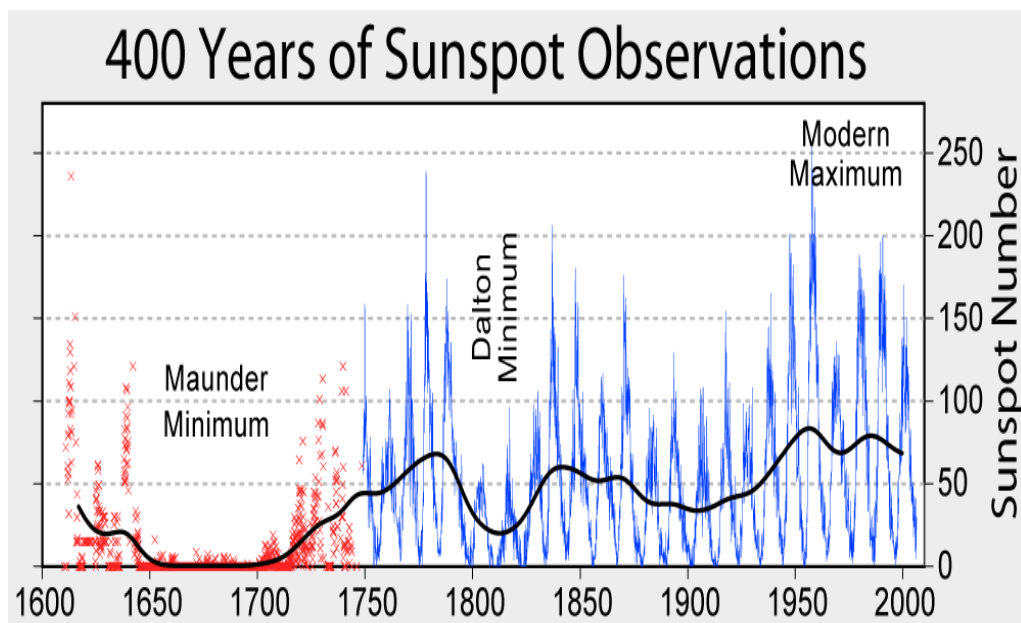
Pravidelné a seriózní záznamy slunečních skvrn však začínají až s vynálezem dalekohledu po roce 1608 (Galileo Galilei). První evropští astronomové počátkem 17. století věnují jejich pozorování hodně času (mnozí při tom oslepli), kreslí je na papír, odborně o nich debatují a zaznamenávají proměny jejich počtu i velikosti, při tom objevují jedenáctiletý sluneční cyklus (střídání minim a maxim sluneční aktivity).

Schwabe-Wolfův cyklus nebo také cyklus slunečních skvrn je cyklus jedenáctileté aktivity Slunce objevené roku 1843 německým hvězdářem Heinrichem Schwabem. Roku 1849 byl položen základ pozorování počtu slunečních skvrn. Cyklus je spojen s otočením sluneční magnetické polarity. Sluneční cyklus je v průměru definován 11 lety. V současné době se nacházíme ve 24 Slunečním cyklu. Sluneční cyklus 23 například trval 12,5 a naopak 22 sluneční cyklus byl výrazně kratší a to pouhých 9,6 roku.

Časy nejvyšší aktivity známé také jako sluneční maxima jsou charakterizovány vyšším počtem slunečních skvrn, než je tomu obvykle. Časy nejnižší aktivity, též známé jako sluneční minima, během nichž je magnetické pole Slunce téměř dipolární.

V letech 1645 až 1715, bylo klima nejchladnější za posledních 1000 let. Malá doba ledová bývá dávána do souvislosti s tzv. **Maunderovým slunečním minimem**. Po ní se zhruba na 100 let oteplilo, v letech 1800 až 1840 došlo k opětovnému ochlazení, které bylo stejně jako předchozí ochlazení odstartováno tzv. **Daltonovým slunečním minimem**. (1798 -1822) Maunderovo minimum, kdy v roce 1645 sluneční skvrny mizí a na Slunci se až na nepatrné výjimky neobjevují po následujících 70 let (viz obr. 11.4).

V celé Evropě dochází k prudkému ochlazení. Nastupují extrémně chladné a dlouhé zimy. Zamrzá řeka Temže v Londýně i moře mezi Anglií a Francií, Nizozemci objevují brusle, malíři v teplých krajích se učí malovat zimní motivy.



Obr. 11.4: Pozorování slunečních skvrn (400 let). [34]

K největší sluneční aktivitě tzv. **moderní sluneční maximum**, proběhlo v letech 1940 až 2000. Současně se zvýšením sluneční aktivity došlo v pořadí již ke čtvrtému globálnímu oteplování za posledních 4000 let. Toto globální oteplení trvalo až do roku 2005. Potom se planeta Země začíná znovu ochlazovat (viz obr. 11.4). [34]

Solární aktivita, versus teplota a doby ledové sedí dokonale. V souvislosti s teorií slunečních cyklů je třeba brát v úvahu, že globální oteplování není jedinou možnou změnou klimatu. Existují názory i opačné, tedy naopak globální ochlazení otevřeně hovoří o příchodu další a zároveň nejsilnější malé doby ledové za posledních 300 let (2010 až 2030). [35]

Následující názory vzhledem k obří kampani teorie oteplování je sice šokující, ale je nutné i s touto variantou počítat. V případě této teorie budou chybět peníze na eliminaci případných škod napáchaných globálním ochlazením, neboť ochlazení planety o jeden stupeň vyvolá několikanásobně větší škody (náklady) než oteplení o jeden stupeň. Při poklesu průměrných teplot o jeden stupeň **klesají zemědělské výnosy** v mírném až severním pásmu o desítky procent, zároveň dochází k **nárůstu spotřeby energie** na vytápění (elektřina, zemní plyn, uhlí, dřevo, topný olej). Dále je třeba si uvědomit blízké vyčerpání fosilních paliv (ropa, zemní plyn a zásoby uhlí), (2040 – 2100). Stavět udržitelnost ekonomiky pouze na ruském či norském zemním plynu, na jaderných, vodních a větrných elektrárnách nemusí být v čase globálního ochlazení výhodné ani bezpečné. Na globální ochlazení dnes nejsme připraveni ani psychicky ani energeticky. S touto variantou vůbec nepočítáme, globální ochlazení pro nás představuje něco na způsob sci-fi. Lidstvo přitom mělo v historii problémy právě s globálním ochlazením, každé globální oteplování vítalo s otevřenou náručí. Teplo představovalo snadný život a úrodu, zima nesnáze, neúrodu, hladomory a války. [35]



#### 11.1.4 Sopečná aktivita, změny oceánických a vzdušných proudů

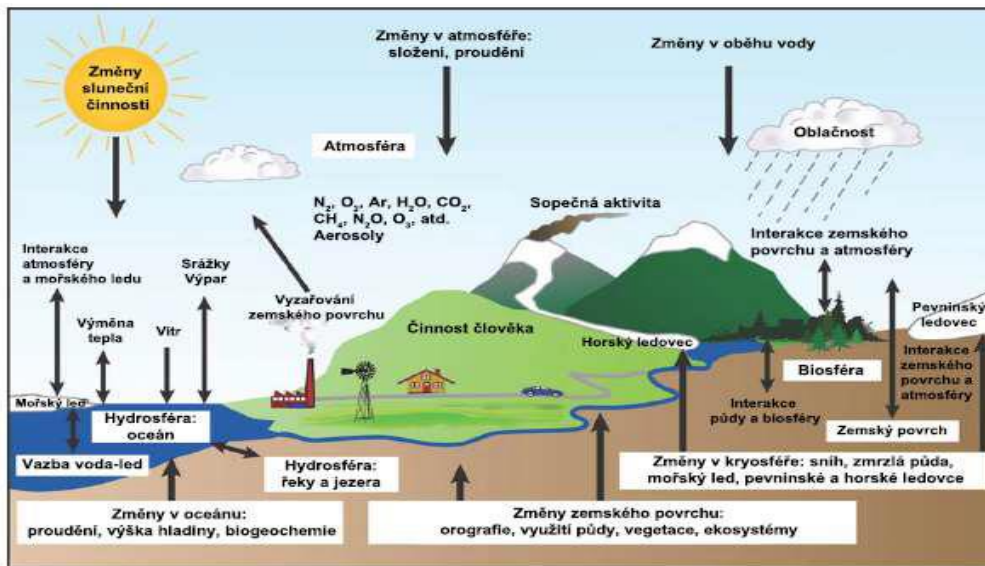
Vědci dnes nespekulují o existenci *oceánské tepelné paměti*, ale spíše o její velikosti a délce. Princip přenášení tepelné energie oceánskými proudy tedy stále čeká na své rozluštění. První funkční počítačové modely oceánské tepelné paměti mohou spatřit světlo světa někdy v letech 2020 až 2030. V současnosti není k dispozici potřebný výpočetní výkon ani dostatečné množství historických dat. Až funkční oceánský model vznikne, dokážeme si nejspíš odpovědět na otázku, proč se severní zemská polokoule v posledních 30 letech otepluje, zatímco jižní ochlazuje? V Arktidě led taje, Antarktida naopak zamrzá. Že by vliv sálání tepla z oceánů naakumulovaném v letech 1940 až 2000? Na severu oceán je (severní pól = Severní ledový oceán pokrytý tenkým ledem), na jihu oceán není (Antarktida je pevnina bezprostředně reagující na atmosférické tepelné podněty, oceán pouze omývá její břehy). Další množství skleníkových plynů pak produkuje *biosféra*. Významným zdrojem znečištění jsou na Planetě i *vulkanické erupce*. Z celkového průměrného množství je však uváděno pouze 1%. Při aktivním výbuchu se však jedná nárazově o obrovská zásadní množství především CO<sub>2</sub>.

#### 11.1.5 Změny v oběžné dráze Země kolem Slunce a ve sklonu osy planety

Při výzkumu klimatických změn a změn počasí je třeba počítat i s vlivem změn oběžné dráhy kolem Slunce a se sklonem zemské osy. Mechanismus proč došlo ke změnám teploty před 1,7 – 3 miliony lety tj. v dobách tzv. ledových není úplně objasněn. Vysvětlení se ale kloní k názoru, že k poklesu teploty došlo v souvislosti s úbytkem energie získávané od Slunce, ke kterému došlo při cyklických změnách vzdálenosti při oběžné dráze a změnách osy rotace planety. Osa není ve stejném úhlu při oběžné dráze kolem Slunce. Dochází k její změně při sezonním oběhu, jiný úhel je v létě, jiný v zimě. Sklon osy je v průměru 23,5 stupně, ale mění se periodicky mezi hranicemi 21,5 až 24,5 stupně. Tento fenomén je známý, sklon ekliptiky (obliquity of ecliptic) a má periodu 40 000 let. Oběžná dráha Země kolem Slunce má tvar elipsy, tento tvar se výrazně mění. Někdy má tvar elipsovité, někdy až kruhový. Tento jev je známý, jako ekcentricita (výstřednost) oběžné dráhy a má periodicitu 92 000 let. [37]

#### 11.1.6 Co je a jaké vlastnosti má klimatický systém

Na klimatické změny je třeba nahlížet z pohledu výše zmiňovaných příčin. Tento synergický přístup splňuje tzv. klimatický systém. Klimatický systém vychází z interakce atmosféry, světového oceánu, pevného zemského povrchu (litosféry), kryosféry a biosféry. Jde o mnoho vzájemně propojených procesů prostorových, časových a energetických. Vzájemné vztahy jsou patrné z obr. 11.5. [14]



Obr. 11.5: Klimatický systém.[14]

Klimatický systém je modelován v tzv. **Globálním klimatickém modelu (GCM)**. [14] Matematická reprezentace dějů probíhajících v klimatickém systému Země. Modely jsou podobné **numerickým modelům používaným k předpovědi počasí**, stejně jako ony vycházejí ze **základních fyzikálních zákonů zachování hmoty, energie a hybnosti** na rozdíl od numerických modelů využívaných k předpovědi počasí: **větší důraz na zákony zachování a na menší vliv počátečních podmínek. Projekce budoucího klimatu je** odezva klimatického systému na určitý scénář emisí počítaná klimatickým modelem. **Scénáře nejsou předpovědi** budoucích klimatických podmínek, popisují přijatelné alternativní stavy klimatu v budoucnosti, které mohou za předpokládaných okolností nastat. Účelem scénářů je osvětlit nejistoty budoucího vývoje, pomoci najít rámec či meze budoucího vývoje. [14]

Ve scénářích se předpokládá, že extrémní vysoké teploty budou častější a extrémní nízké teploty budou méně časté nad většinou pevninských oblastí. I když se nadále budou objevovat občasné extrémně chladné zimy. Rozdíl ve srážkových úhrnech mezi vlhkými a suchými oblastmi a mezi vlhkými a suchými obdobími se bude zvyšovat, ale mohou se objevovat i regionální výjimky. Globální oceán se bude v 21. století i nadále oteplovat, ovlivní to cirkulaci vody v oceánu. Je ale velmi nepravděpodobné, že by u Atlantické meridionální cirkulace (AMOC) došlo v 21. století k náhlé změně či kolapsu. Kryosféra se na konci 21. století bude nadále zmenšovat. Dojde k redukcí rozsahu i tloušťce arktického mořského ledu. [14]

### Závěry:

Je jasné, že globální klima není během vývoje planety stejné, (stálé). Dochází však ke střídání teplých a chladných období. Dodnes nejsou tyto periody objasněny. Hlavní důvod je, že nejsou k dispozici přesná data. Odhad trendů výskytu extrémních jevů a jejich zobecnění v globálním měřítku je obtížné. Chybí dostatečně dlouhé srovnatelné homogenní řady měření a různé statistické postupy. Klimatické změny vnímá člověk především jako extrémní změny počasí. Lidská společnost je proto díky výkyvům počasí velmi zranitelná. Mimořádná sucha, chladné zimy, přivalové deště a následně povodně přinášejí ekonomické ztráty i časté ztráty

na životech. Některých extrémů přibývá. Výskyt jednoho, byť velmi extrémního jevu, ale není sám o sobě ukazatelem změny klimatu. Globální změny klimatu na planetě Zemi určitě probíhají, ale není prokázáno, že rozhodujícím činitelem je člověk. Člověk má určitě svůj významný podíl na klimatických změnách, ale planeta Země a sluneční soustava, které jsme součástí má svůj vlastní neovlivnitelný vývoj. Klimatické změny probíhaly na planetě vždy a přežily je jen společenstva, která se jim dokázala přizpůsobit. Určitě bude efektivnější věnovat více pozornosti ochraně před klimatickými změnami případně eliminaci jejich důsledků, než se snažit tyto globální změny v zásadě ovlivňovat.

## 11.2 Ohrožená litosféra

### 11.2.1 Nebezpečí zneužití litosféry

Člověk je na litosféře závislý, přesto ji často využívá neracionálně a někdy je schopen uvažovat i o jejím zneužití.

Hlavní zásahy člověka do litosféry jsou zemědělská činnost a těžba nerostných surovin. To znamená velké zásahy do morfologie krajiny.

Negativní a neekonomická je například těžba nerostných surovin a jejich využívání pro účely méně hodnotné. Je to například spalování uhlí, které je cennou chemickou surovinou. Nebo užívání dekoračních mramorů pro pálení vápna a vysokoprocenních vápenců (cenná chemická surovina) na výrobu cementu. Drcení leštiteľných dekoračních granitů na šterky a podobně. Dalším negativním příkladem je využívání nerostných surovin ve zbrojním průmyslu. Odhad je asi 15 – 20% světové produkce, nebo zneužití ve válce na příkladu zapálení kuvajtských ropných vrtů v roce 1993.

Pro vojenské účely byl vymyšlen plán sovětských vědců, kteří chtěli pomocí vln tsunami, uměle vytvořených výbuchy na dně Atlantického oceánu, zničit hustě obydlenou východní část USA.

Dalšími nevhodnými zásahy do litosféry, v tomto případě v souvislosti s hydrosférou bylo budování závlahových systémů ve Střední Asii na řekách Amudarje a Syrdarje. Tento zásah způsobil pokles hladiny Aralského jezera a zmenšení jeho plochy o 26 000 km<sup>2</sup>. Podobný problém nastal při realizaci závlah z kanálu Volha – Don v dolním Povolží. Hladina v Kaspickém moři se snížila o 2m a jeho plocha zmenšila o 40 000 km<sup>2</sup>.

Jiným případem bylo svedení vody sítí kanálů ze Sierry Nevady a horního toku řeky Colorado do hustě zabydlených částí Kalifornie. V dolním toku Colorada se snížil průtok vody natolik, že nastalo takové znečištění (hlavně solí), že voda je nepoužitelná pro zemědělské zavlažování.

V podmínkách středních Čech došlo vlivem vodovodního přivaděče ze Želivky, který zásobuje Prahu, ke ztrátám velkých objemů vody v Sázavě a tím došlo k zásadním změnám vodního režimu v jejím povodí. [33]

### 11.2.2 Antropogenní geologické procesy

Antropogenními procesy se v 19. století zabýval A. Pavlov, později Fersmann. V 50 letech minulého století studuje antropogenní geologické procesy Radim Kettner. Jednou z jeho výsledných myšlenek je následující filosofická úvaha. *"Každý velký zásah do ustálených přírodních poměrů může vyvolat podstatné změny v přírodě jinde a ty mohou mít nakonec i katastrofální ráz"*(1955).[44]

Období, kdy se jedinečný systém Země, tj. litosféra, biosféra, hydrosféra a atmosféra rozšířil o člověka, nazýváme antropozoikem.

Člověk nemění jenom složení biocenóz (lovci zvěře), ale uvádí do chodu i dlouhodobé geologické děje, jako např. odnos a akumulaci v odlesněné krajině vznikají tak "kulturní stepi".

V 19. století, rozvojem průmyslu, dostává lidská společnost do ruky prostředky, které umožňují měnit tvář Země a to již velmi radikálně. [33]

Člověk se projevuje, jako exogenní (vnější činitel) na povrchu litosféry, ale antropogenní geologické procesy se zásadně liší od procesu přírodních. Jsou mnohem rychlejší a drastičtější. Lidskou činností jsou ovlivňovány zejména procesy zvětvávání a eroze, vznik půd, svahové pohyby, ale i tektonické procesy, petrogeneze, vznik minerálů nebo sedimentace. Eroze, je zrychlována vykácením lesů, špatným obhospodařováním na polích, která jsou na svahu.

**Antropogenní změny georeliéfu a svahové pohyby.** Svahové pohyby mohou být způsobeny změnou sklonu svahu nebo jeho výšky (zemní práce), zatížením svahu násypy, haldami, skládkami, změnou režimu spodní i povrchové vody, odlehčením paty svahu (zemní práce) apod.

Časté jsou i havárie lomových svahů. Známý příklad je z Elmu ve Švýcarsku. Zde byl špatně založen lom na pokrývačské břidlici. 10 mil. m<sup>3</sup> skalního materiálu sjelo rychlostí 180km/hod. na vzduchovém polštáři. Zavalilo 83 domů a 115 lidí do výšky 10 až 20m.

Z podobné havárie byla i obava při otvírání jámy povrchového uhelného lomu Československé armády na úpatí Krušných hor pod zámek Jezeří. Naštěstí byla zajištěna stabilita svahu dostatečným odstupem od tektonických poruch.

Významné jsou poklesy povrchu způsobené poddolováním. Ne jenom pozemky, ale i objekty na povrchu jsou ohroženy při sedání nadložních zemin, po vydobytí suroviny. Poruchy se projevují v rozsahu zálomového úhlu, který je cca 20° od svislice.

Člověk zasahuje do georeliéfu i změnami rozsahu souší na pobřežích moří. V Holandsku byla pevnina rozšiřována, již historicky. Zасыpáváním zálivů se rozšiřovala města jako např. Petrohrad, Sydney nebo San Francisco. [33]

### 11.2.3 Vliv člověka na geofyzikální pole

Všechna geofyzikální pole jsou ve vyspělých zemích velkoplošně ovlivněna antropogenními procesy. [33]

**Gravitační pole** je ovlivňováno porušením izostatické rovnováhy. Dochází k němu přemísťováním hmot, zatížením, nebo odlehčením materiálů. Zatížení se projevuje hlavně pod velkými městy v důsledku zástavby, velkými stavbami, jako jsou přehrady nebo tovární

komplexy. Důsledky těžby nerostných surovin, se projevují jak odlehčením povrchu při čerpání nerostů (ropy, zemního plynu, ale i vody), ale i zatížením hlušinou na odvalech a výsypkách.

**Geotermální pole** je ovlivňováno antropogenním zvyšováním a snižováním teploty litosféry. Ke zvyšování dochází např. při výrobě tepelné energie, podzemním zplyňováním uhlí nebo termickými melioracemi t.j. využitím zbytkového tepla k zahřívání polí, apod. Snižování teploty litosféry nastává při odstraňování vegetace, zvětšením hloubky promrzání při snížení hladiny spodní vody apod.

**Geoelektrické a magnetické pole** - k jeho ovlivnění dochází vlivem bludných proudů v důsledku elektrifikace železnic nebo dálkového vedení elektřiny. Bludné proudy mohou zesílit korozi, či vyvolat projevy elektroosmozy a elektroforezy. V magnetickém poli vznikají umělé magnetické anomálie. Kladné v průmyslových centrech, záporné při vytěžení ložiska kovů.

**Antropogenní zemětřesení** (vliv na seismické pole) jsou to například zemětřesení, způsobená důlní činností, zatížením povrchu těžkými stavbami nebo odčerpáváním vod (i termálních) z horninových masivů. K umělým zemětřesením dochází například v důsledku pokusných nukleárních explozí, vibracemi těžkých strojů a dopravy nebo geofyzikálních seizmických průzkumů.

**Antropogenní ovlivnění hydrodynamického pole.** Ke snížení hladiny podzemní vody dochází těžbou vody, odvodňováním, těžbou ropy, využíváním termálních vod, apod. Tyto změny způsobují sesedání v důsledku dehydratace, snížení vztlaku artézské vody nebo změny krasových procesů. Ke zvýšení hladiny dochází při zavlažování, zvodnění infiltrací z umělých nádrží a kanálů a vodohospodářskými úpravami. Významný vliv na změny v povodí má například vykáčení lesů. Známé jsou příklady z povodí Vltavy. Proto byl na Vltavě vybudován systém přehrad tzv. „vltavská kaskáda“.

**Geochemické pole**, je antropogenně ovlivňováno *nepřímo* a to znečišťováním vzduchu a vody, jejichž prostřednictvím se látky dostávají do litosféry. Nebo *přímo*, kdy je znečišťování litosféry způsobováno zejména průmyslovými a komunálními odpady, zemědělskou činností (prostřednictvím umělých hnojiv), zasolením v důsledku zavlažování mořskou vodou, solením komunikací podzemním vyluhováním rud apod. [33]

#### 11.2.4 Ochrana litosféry a litosférických zdrojů

Zásahy člověka do litosféry jsou spojeny se zemědělskou činností těžbou nerostných surovin. Devastací a znečištěním jsou ohroženy litosférické zdroje tj. zásoby vody a nerostných zdrojů. Velkým zásahem do litosféry jsou je i její zastavování území sídly, průmyslovými objekty a inženýrskými sítěmi.

**Devastace a ztráty zemědělské půdy** probíhají při jejím obdělávání a jejím využívání pro jiné účely. Ochrana půdního fondu je nutná. Realizuje se např. zamezením úbytku v důsledku výstavby sídel a infrastruktur. Zabráněním důsledků eroze, těžby nerostných surovin, zvyšováním stability půd a udržováním jejich fyzikálních vlastností. Zamezením jejich zasolování, nebo jiného znečišťování.

**Devastace litosféry způsobené těžbou nerostných surovin.** Hlavními problémy jsou antropogenní pohyby způsobené poddolováním, změny reliéfu, ovlivnění krajiny vlastní těžbou, ale i odpadem, jako jsou skrývky, haldy, úpravnický odpad.

Devastaci je možné zabránit zajištěním ochrany před nedokonalým vytěžením suroviny, před znehodnocováním suroviny při těžbě (např. nevyužívané doprovodné suroviny v SHP), nebo neúměrným vývoz surovin. Další opatření jsou například soustředění těžby do jednoho místa a neotevírání nových těžeben. Volba vhodného místa a postupu těžby a administrativní opatření (plány rekultivací - ekologický dohled nad těžbou). Náprava je patrná po ukončení těžby. Vhodné rekultivační metody navrácí území po těžbě k novému využití.

Haldy a výsypky. Jejich umístění vyžaduje citlivý přístup, tak aby nepoškodily ráz krajiny, nepřekrývaly zásoby určené k těžbě, nebyly příčinou antropogenních pohybů nebo znečištění litosféry, aby umožňovaly realizovat plánovaný způsob rekultivace. Zvláštní přístup si vyžadují *protierozní opatření*. Haldy a výsypky jsou tvořeny materiálem nehomogenním. Vzhledem k jejich nízké stabilitě je nutné je zakládat na dostatečně únosném podloží, s dostatečným odvodněním základny. Haldy a výsypky jsou v oblasti SHP rekultivovány na lesní a zemědělskou půdu, vytvářejí se nové vodní nádrže a území, která následně slouží k rekreaci.

**Znečištění litosféry různými zdroji.** Tato znečištění jsou různého typu *např. bodová, lineární, nebo plošná*. Bodová znečištění jsou například stavby a provoz zemědělských zařízení, havárie cisteren a nákladních aut, nebo průmyslové podniky a sklady. Jako lineární je možné uvést různé produktovody, jako jsou ropovody, plynovody a jiné. Plošné zdroje znečištění jsou například zemědělská a rostlinná výroba, letiště, velkosklady a atmosferický spad.

**Abiotické znečištění litosféry** je například *acidifikace, kontaminace kovovými prvky, ropnými látkami a jinými sloučeninami*.

**Acidifikace:** okyselování litosféry a povrchových vod je způsobováno tzv. kyselým deštěm. Kyselý déšť je způsoben oxidy síry pocházejícími ze sopečné činnosti a spalování fosilních paliv, nebo také oxidy dusíku pocházejícími například z automobilů. Jakmile se rozptýlí do atmosféry, začnou reagovat s vodou za tvorby sirných a dusíkatých kyselin, které padají na zem ve formě deště. Proti okyselování půd a jeho následkům (pokles hořčíku v půdě) se používá posyp mletým dolomitem, který slouží i k ochraně lesů před emisemi oxidu siřičitého a používá se i k neutralizaci povrchových vod.

**Kontaminace kovovými prvky** pochází z atmosférického spadu (Hg 91%, Pb a As 82%, Cd a Ni 60 %). Zdrojem kovů v atmosféře jsou zařízení na spalování fosilních paliv, jako jsou elektrárny nebo teplárny a mobilní zdroje tj. automobilová a železniční doprava.

Nejdůležitějšími opatřeními proti kontaminaci jsou opatření preventivní. Je to zamezení jejich úniku do atmosféry a hydrosféry. Pro absorpci např. Cd a Pb, dokonce i PCB jsou vhodné sorbenty jako jsou např. jíly vyžíhané nad 550°C, nebo některé organizmy (např. houby), které koncentrují Pb.

**Kontaminace ropnými látkami** je častá při zemědělském obdělávání v důsledku využívání mechanizace. Větší znečištění hrozí u ropovodů, skladů benzínu, na letištích, nebo při dopravních nehodách cisteren. K odstranění znečištění se používá např. skrývka znečištěných

hornin, čerpání kontaminované vody, nebo biodegradace. Je to sanace pomocí bakterií (*Pseudomonas* a *Nocardia*), které využívají ropné látky jako zdroj energie.

**Kontaminace jinými látkami** např. PCB (polychlorované bifenyly) a PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky), nebo zasolení půd při zavlažování mořskou vodou.

**Devastace litosféry způsobené zástavbou územními sídly, průmyslovými objekty nebo inženýrskými sítěmi.**

**Geologie a její podíl na tvorbě a ochraně krajiny** se projevuje při všech zásazích do ní. Ať to je otázka estetiky krajiny nebo zakládání a rozvoje sídel, budování velkých průmyslových komplexů, plánování a budování silniční i železniční sítě. Důležité je respektování geologických, lépe inženýrsko geologických podmínek. Jinak dochází k poruchám objektů i litosféry, nebo nákladným technickým opatřením. Často se zapomíná na zkušenosti našich předků. Ti nezastavovali inundační (záplavová) území, údolní niv, území náchylná k sesuvům, území se špatnými základovými poměry nebo území poddolovaná. Při rozhodování o umístění stavby je proto důležitá spolupráce inženýrské geologie a územního plánování. Zde jsou pak zajištěna různá hlediska, jako je posouzení vhodnosti území pro zástavby, základové poměry, nejbližší zdroj nerostných surovin potřebných pro stavbu nebo závažnost zásahu člověka do složitých geologických a geomorfologických poměrů.

## 12. Geologická legislativa

### 12.1 Geologická legislativa – historie

V bohaté historii hornictví v Českých zemích vznikaly jedny z prvních báňských a geologických zákonů. K podpoře hornické činnosti vydal král Václav II roku 1300 horní řád *Constitutiones iuris metallici*, první horní zákon v českých zemích. Platnost tzv. Kutnohorského řádu přetrvala až do počátku 17. století. [13]

Mezi báňskosprávní předpisy 13. a 14. století patřily jednak horní zákony, které upravovaly základní vztahy mezi účastníky báňského provozu, jednak báňské řády, které představovaly především provozní předpisy pro báňské a návazné provozy, a konečně výsady (privilegia) udělované různým osobám.

O změnách základních báňskosprávních předpisů se začalo uvažovat až v polovině 18. stol, kdy se Marie Terezie snažila o zvýšení produkce surovin.

Složitým vývojem pak prošel „obecný horní zákon“ (146/1854) pro celou monarchii. Byl schválen císařem Františkem Josefem I. 23. května 1854. Tento zákon byl převzat podle zákona č.11/1918 Sb. s malými úpravami i ČSR.

Velké změny nastaly v horním zákonodárství v roce 1945 a to zejména dekretem prezidenta republiky č.100/1945 Sb. o znárodnění dolů a některých průmyslových podniků. Znárodnovací proces byl ukončen v roce 1948. Do podstaty obecného horního zákona zasáhla rozhodujícím způsobem Ústava 9. 5. 1948 (par. 148), kde bylo nerostné bohatství prohlášeno národním majetkem. Nový horní zákon č.41/1957 Sb se nazýval „Zákon o využití nerostného bohatství (horní zákon). Ten nabyl účinnost od 1. 1. 1958. Tento zákon platil více než 25 let. Během doby platnosti nedošlo k výrazným změnám. Byla zde zemědělským a vodním záklonem vyňata ustanovení o rekultivaci a upraveny náhrady důlních škod.

V roce 1988 byl schválen nový horní zákon, který zrušil zákon č.41/1957 Sb. Účinnost od 1. 7. 1988. Nový zákon č.44/1988 (zákon o ochraně a využití nerostného bohatství – horní zákon), upravil a rozšířil pojem nerostného bohatství a upravil vlastnictví k ložiskům. Byly uzákoněny právní instituty, jako je ochrana nerostného bohatství, chráněné ložiskové území, využívání důlních vod apod.

### 12.2 Horní zákon 44/1988

Účelem tohoto zákona je stanovit zásady ochrany a hospodárného využívání nerostného bohatství, zejména při vyhledávání a průzkumu, otvírce, přípravě a dobývání ložisek nerostů, úpravě a zušlechťování nerostů prováděných v souvislosti s jejich dobýváním, jakož i bezpečnosti provozu a ochrany životního prostředí při těchto činnostech.  
*Úvodní ustanovení*

Vzhledem k problematice geologické i báňské činnosti, ekonomickým i politickým změnám v České republice, nebyl schválen do dnešních dnů (2014) nový horní zákon a stávající zákon je doplňován a aktualizován celou řadou doplňků.



**Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon),** jak vyplývá ze změn provedených zákonem č. 541/1991 Sb., zákonem č. 10/1993 Sb., zákonem č. 168/1993 Sb., zákonem č. 132/2000 Sb., zákonem č. 258/2000 Sb., zákonem č. 366/2000 Sb., zákonem č. 315/2001 Sb., zákonem č. 61/2002 Sb., zákonem č. 320/2002 Sb., zákonem č. 150/2003 Sb., zákonem č. 3/2005 Sb., zákonem č. 386/2005 Sb., zákonem č. 186/2006 Sb., zákonem č. 313/2006 Sb., zákonem, č. 296/2007 Sb., zákonem č. 157/2009 Sb., zákonem č. 227/2009 Sb., zákonem č. 281/2009 Sb. a **zákonem č. 85/2012 Sb.**

*V dalším textu jsou vybrány paragrafy některých ustanovení, která mají souvislost s tématem předmětu, pro který byla předložena skripta zpracována tj. Environmentální geologie. V plném znění je zákon uveden ve Sbírce zákonů.*

## **§ 2- Nerosty**

- (1) Za nerosty se podle tohoto zákona považují tuhé, kapalné a plynné části zemské kůry.
- (2) Za nerosty se podle tohoto zákona nepovažují
  - a) vody s výjimkou mineralizovaných vod, z nichž se mohou průmyslově získávat vyhrazené nerosty,
  - b) přírodní léčivé vody a přírodní stolní minerální vody, i když se z nich mohou průmyslově získávat vyhrazené nerosty, dále léčivá bahna a ostatní produkty přírodních léčivých zdrojů,
  - c) rašelina,
  - d) bahno, písek, štěrk a valouny v korytech vodních toků, pokud neobsahují vyhrazené nerosty v dobyvatelném množství,
  - e) kulturní vrstva půdy, která je vegetačním prostředím rostlinstva.

## **§ 3 -Rozdělení nerostů na vyhrazené a nevyhrazené.**

- (1) Vyhrazené nerosty jsou
  - a) radioaktivní nerosty,
  - b) všechny druhy ropy a hořlavého zemního plynu (uhlovodíky), všechny druhy uhlí a bituminosní horniny,
  - c) nerosty, z nichž je možno průmyslově vyrábět kovy,
  - d) magnezit,
  - e) nerosty, z nichž je možno průmyslově vyrábět fosfor, síru a fluór nebo jejich sloučeniny,
  - f) kamenná sůl, draselné, borové, bromové a jodové soli,
  - g) tuha, baryt, azbest, slída, mastek, diatomit, sklářský a slévárenský písek, minerální barviva, bentonit,
  - h) nerosty, z nichž je možno průmyslově vyrábět prvky vzácných zemin a prvky s vlastnostmi polovodičů,
  - i) granit, granodiorit, diorit, gabro, diabas, hadec, dolomit a vápenec, pokud jsou blokově dobyvatelné a leštitelné, a travertin,
  - j) technicky využitelné krystaly nerostů a drahé kameny,

- k) halloyzit, kaolin, keramické a žáruvzdorné jíly a jílovce, sádrovec, anhydrit, živce, perlit a zeolit,
  - l) křemen, křemenec, vápenec, dolomit, slín, čedič, znělec, trachyt, pokud tyto nerosty jsou vhodné k chemicko-technologickému zpracování nebo zpracování tavením,
  - m) mineralizované vody, z nichž se mohou průmyslově získávat vyhrazené nerosty, technicky využitelné přírodní plyny, pokud nepatří mezi plyny uvedené pod písmenem b).
- (2) Ostatní nerosty jsou nerosty nevyhrazené.
- (3) V pochybnostech, zda některý nerost je nerostem vyhrazeným nebo nevyhrazeným, rozhodne Ministerstvo průmyslu a obchodu v dohodě s Ministerstvem životního prostředí České republiky.

#### **§ 4 -Ložisko nerostů**

Ložiskem nerostů podle tohoto zákona (dále jen „ložisko“) je přírodní nahromadění nerostů, jakož i základka v hlubinném dole, opuštěný odval, výsypka nebo odkaliště, které vznikly hornickou činností a obsahují nerosty.

#### **§ 5 -Nerostné bohatství**

- (1) Nerostné bohatství podle tohoto zákona tvoří ložiska vyhrazených nerostů (dále jen „výhradní ložiska“).
- (2) Nerostné bohatství na území České republiky je ve vlastnictví České republiky.

#### **§ 12 -Oznamování přírodního nahromadění vyhrazeného nerostu**

Kdo zjistí mimo povolené vyhledávání (§ 11) přírodní nahromadění vyhrazeného nerostu, je povinen to bezodkladně oznámit Ministerstvu životního prostředí a Ministerstvu průmyslu a obchodu.

#### **§ 16 - Chráněné ložiskové území**

- (1) Ochrana výhradního ložiska proti znemožnění nebo ztížení jeho dobývání se zajišťuje stanovením chráněného ložiskového území.
- (2) Chráněné ložiskové území zahrnuje území, na kterém stavby a zařízení, které nesouvisí s dobýváním výhradního ložiska, by mohly znemožnit nebo ztížit dobývání výhradního ložiska.
- (3) Pro ložisko vyhrazeného nerostu se stanoví chráněné ložiskové území v období vyhledávání nebo průzkumu po vydání osvědčení o výhradním ložisku (§ 6).
- (5) Hranice chráněného ložiskového území se vyznačí v územně plánovací dokumentaci.

#### **§ 18 - Omezení některých činností v chráněném ložiskovém území**

- (1) V zájmu ochrany nerostného bohatství lze v chráněném ložiskovém území zřizovat stavby a zařízení, které nesouvisí s dobýváním výhradního ložiska, jen na základě závazného stanoviska dotčeného orgánu podle tohoto zákona.

## **§ 25 - Dobývací prostor**

(1) Dobývací prostor se stanoví na základě výsledků průzkumu ložiska podle rozsahu, uložení, tvaru a mocnosti výhradního ložiska se zřetelem na jeho zásoby a úložní poměry tak, aby ložisko mohlo být hospodárně vydobyto. Při stanovení dobývacího prostoru se vychází ze stanoveného chráněného ložiskového území a musí se přihlídnout i k dobývání sousedních ložisek a k vlivu dobývání.

(2) Dobývací prostor může zahrnovat jedno nebo více výhradních ložisek nebo, je-li to vzhledem k rozsahu ložiska účelné, jen část výhradního ložiska.

(3) Dobývací prostor se stanoví pro dobývání výhradního ložiska určitého nerostu nebo skupiny nerostů. Současně se stanoví, které nerosty výhradního ložiska budou dočasně ukládány. Je-li oddělené dobývání jiného nerostu nebo skupiny nerostů jinou organizací racionálnější, stanoví se pro jejich dobývání zvláštní dobývací prostor.

## **§ 26 - Hranice dobývacího prostoru**

Hranice dobývacího prostoru na povrchu se stanoví uzavřeným geometrickým obrazcem s přímými stranami, jehož vrcholy se určují souřadnicemi, udanými v platném souřadnicovém systému. Jeho prostorové hranice pod povrchem se zpravidla stanoví svislými rovinami, které procházejí povrchovými hranicemi. Výjimečně se tyto prostorové hranice mohou stanovit podle přirozených hranic. Dobývací prostor může být vymezen i hloubkově.

## **§ 30 - Hospodárné využívání výhradních ložisek**

(1) Výhradní ložiska se musí využívat hospodárně. Hospodárným využíváním výhradních ložisek se rozumí jejich dobývání a úprava a zušlechťování vydobytych nerostů k současným technickým a ekonomickým podmínkám; přitom musí být dodrženy zásady báňské technologie, bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu a vyloučeny neodůvodněné nepříznivé vlivy na pracovní a životní prostředí.

(2) Při úpravě a zušlechťování nerostů, z nichž lze průmyslově vyrábět kovy, je zakázáno využití technologie kyanidového loužení nebo i jiných postupů využívajících kyanidové sloučeniny. Tento zákaz platí pro samostatné použití kyanidového loužení v jakémkoli měřítku i pro jeho použití v kombinaci s jinými metodami úpravy a zušlechťování nerostů.

## **§ 32 - Plány otvírky, přípravy a dobývání výhradních ložisek a plány zajištění a likvidace hlavních důlních děl a lomů**

(1) Organizace, jíž vzniklo oprávnění k dobývání výhradních ložisek je povinna vypracovat plány otvírky, přípravy a dobývání těchto ložisek.

(2) Plány otvírky, přípravy a dobývání musí zajišťovat dostatečný předstih otvírky a přípravy výhradního ložiska před dobýváním a jeho hospodárné a plynulé dobývání při použití vhodných dobývacích metod a zajištění bezpečnosti provozu. Součástí plánů otvírky, přípravy a dobývání je vyčíslení předpokládaných nákladů na vypořádání důlních škod vzniklých v souvislosti s plánovanou činností a na sanaci a rekultivaci dotčených pozemků včetně návrhu na výši a způsob vytvoření potřebné finanční rezervy (§ 31 odst. 6 a § 37a).

### **§ 32a - Úhrady**

(1) Organizace je povinna zaplatit na účet příslušného obvodního báňského úřadu roční úhradu z dobývacího prostoru za každý i započatý hektar plochy dobývacího prostoru ve vymezení na povrchu. Výši úhrady z dobývacího prostoru v rozmezí 100 Kč až 1 000 Kč na hektar, odstupňovanou s přihlédnutím ke stupni ochrany životního prostředí dotčeného území, charakteru činnosti prováděné v dobývacím prostoru a jejímu dopadu na životní prostředí, stanoví vláda nařízením. Tuto úhradu převede obvodní báňský úřad obci, na jejímž území se dobývací prostor nachází. Je-li dobývací prostor umístěn na území více obcí, rozdělí obvodní báňský úřad příjem podle poměru částí dobývacího prostoru na území jednotlivých obcí.

(2) Organizace je povinna zaplatit na účet příslušného obvodního báňského úřadu roční úhradu z vydobytých nerostů na výhradních ložiskách nebo nerostů na výhradních ložiskách po jejich úpravě a zušlechtění, provedeném v souvislosti s jejich dobýváním (dále jen „vydobyté nerosty“); úhrada se stanoví z těch nerostů, pro jejichž dobývání byl stanoven dobývací prostor. Úhrada činí nejvýše 10 % z tržní ceny vydobytých nerostů. Rozhodná je průměrná tržní cena v roce, ve kterém byly nerosty vydobuty. Ministerstvo průmyslu a obchodu po projednání s Ministerstvem životního prostředí a Ministerstvem financí České republiky stanoví pro nerosty, u nichž není známa tržní cena, základ pro vyměření úhrady z vydobytých nerostů.

(3) Ministerstvo průmyslu a obchodu v dohodě s Českým báňským úřadem, s Ministerstvem životního prostředí a v součinnosti s dotčenými orgány státní správy a se souhlasem obcí, jejichž území jsou dotčena, může v odůvodněných případech, zejména na podporu hornické činnosti a v zájmu využívání nerostného bohatství, na žádost organizace snížit úhradu z vydobytých nerostů, popřípadě i povolit osvobození od této úhrady.

(4) Z výnosu úhrady podle odstavce 2) převede obvodní báňský úřad 25 % do státního rozpočtu České republiky, ze kterého budou tyto prostředky účelově použity k nápravě škod na životním prostředí způsobených dobýváním výhradních i nevyhrazených ložisek, a zbývajících 75 % převede obvodní báňský úřad do rozpočtu obce.

### **§ 34 - Zvláštní zásahy do zemské kůry**

(1) Zvláštními zásahy do zemské kůry se podle tohoto zákona rozumí zřizování, provoz, zajištění a likvidace zařízení pro

- a) uskladňování plynů nebo kapalin v přírodních horninových strukturách a v podzemních prostorech (podzemní zásobníky plynů a kapalin),
- b) ukládání radioaktivních a jiných odpadů v podzemních prostorech,
- c) průmyslové využívání tepelné energie zemské kůry s výjimkou tepelné energie vody vyvedené na povrch,

### **§ 35 - Stará důlní díla**

(1) Starým důlním dílem se podle tohoto zákona rozumí důlní dílo v podzemí, které je opuštěno a jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám.

(2) Starým důlním dílem je také opuštěný lom po těžbě vyhrazených nerostů, jehož původní provozovatel ani jeho právní nástupce neexistuje nebo není znám.

- (3) Ministerstvo životního prostředí České republiky zabezpečuje zjišťování starých důlních děl a vede jejich registr. Vedením registru může pověřit jinou právnickou osobu. Údaje z registru poskytuje na vyžádání do 30 dnů příslušným orgánům územního plánování.
- (4) Kdo zjistí staré důlní dílo nebo jeho účinky na povrch, oznámí to bezodkladně Ministerstvu životního prostředí České republiky.
- (5) Zajišťování nebo likvidaci starých důlních děl a jejich následků, která ohrožují zákonem chráněný obecný zájem zabezpečí v nezbytně nutném rozsahu Ministerstvo životního prostředí České republiky. Ministerstvo životního prostředí České republiky vypořádá i případné škody na hmotném majetku způsobené při zajišťování nebo likvidaci starých důlních děl.
- (6) Ministerstvo životního prostředí České republiky zajišťuje v nezbytně nutném rozsahu likvidaci starých důlních děl uvedených v odstavcích 1 a 2, pokud existence takových děl brání dalšímu rozvoji území a je v souladu s územním plánem velkého územního celku. V ostatních případech o tom, zda tato skutečnost nastala, rozhodne Ministerstvo životního prostředí České republiky v dohodě s Ministerstvem pro místní rozvoj České republiky a Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky.
- (7) Ministerstvo životního prostředí České republiky podrobněji upraví obecně závazným právním předpisem zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru.

### **§ 36 - Důlní škody**

- (1) Za důlní škody se považují škody způsobené na hmotném majetku vyhledáváním a průzkumem ložisek, pokud se provádí důlními díly, dobýváním výhradních ložisek, zřizováním, zajišťováním a likvidací důlních děl a lomů, včetně jejich zařízení, odvalovým, výsypkovým a kalovým hospodářstvím organizací, úpravou a zušlechťováním nerostů, prováděnými v souvislosti s jejich dobýváním, jakož i škody způsobené zvláštními zásahy do zemské kůry.
- (2) Za důlní škodu se považuje i ztráta povrchové a podzemní vody, podstatné snížení vydatnosti jejich zdrojů a zhoršení její jakosti, k němuž došlo v důsledku činností uvedených v odstavci 1.
- (3) Za důlní škodu odpovídá organizace, jejíž činností byla škoda způsobena s výjimkou případů uvedených v § 37 odst. 7. Odpovědnosti za důlní škodu se organizace zproští jen prokáže-li, že škoda byla způsobena okolnostmi, jež nemá původ v činnosti uvedené v odstavci 1).

### **§ 37 - Náhrada důlních škod**

- (1) Na vypořádání důlní škody se vztahují obecné předpisy o náhradě škody, pokud tento zákon nestanoví jinak.
- (2) Organizace, která způsobila ztrátu vody, podstatné snížení vydatnosti jejího zdroje nebo zhoršení její jakosti, je povinna zajistit poškozenému náhradní zdroj nebo dodávku vody, popřípadě nahradit škodu úhradou nákladů spojených s jejím obstaráním, jestliže je poškozený účelně a hospodárně vynaložil sám, jinak o náhradě ztráty podzemní vody platí zvláštní předpisy.

### **§ 37a - Vytváření finančních rezerv**

(1) K zajištění vypořádání důlních škod je organizace povinna vytvářet rezervu finančních prostředků. Výše rezervy vytvářené na vrub nákladů musí odpovídat potřebám na vypořádání důlních škod v časovém průběhu podle jejich vzniku, popřípadě v předstihu před jejich vznikem (§ 37 odst. 4). Tato rezerva je nákladem na dosažení, zajištění a udržení příjmů.

### **Bezpečnost provozu**

Při hornické činnosti jsou organizace a orgány povinny zajišťovat bezpečnost provozu včetně havarijní prevence a plnění úkolů báňské záchranné služby, bezodkladně odstraňovat nebezpečné stavy ohrožující zákonem chráněný obecný zájem, zejména bezpečnost a ochranu zdraví při práci a učinit včas potřebná preventivní a zajišťovací opatření.<sup>15)</sup>

### **§ 40 -Důlní vody**

(1) Důlními vodami jsou všechny podzemní, povrchové a srážkové vody, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů bez ohledu na to, zda se tak stalo průsakem nebo gravitací z nadloží, podloží nebo boku nebo prostým vtékáním srážkové vody, a to až do jejich spojení s jinými stálými povrchovými nebo podzemními vodami.

### **§ 43a**

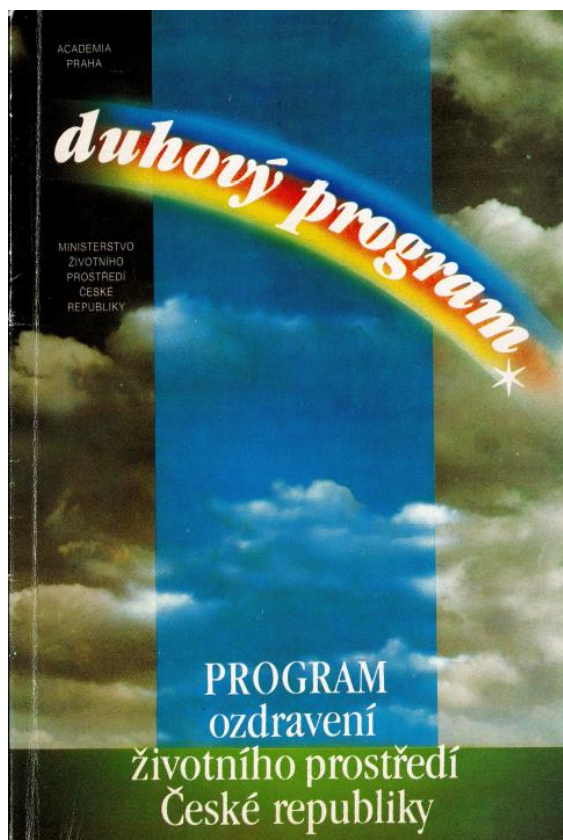
(8) Za sanaci se považuje odstranění škod na krajině komplexní úpravou důlní činností narušeného území a územních struktur.

## **12.3 Státní politiky životního prostředí**

Problematika geologie, ochrany nerostných surovin a ekologického dohledu nad těžbou tedy otázek týkajících se „horninového prostředí“ se vedle výše uvedených zákonů geologických a báňských, promítá do dokumentů „Státní politiky životního prostředí“. Prvním dokumentem, který byl základem všech dalších „Státních politik životního prostředí“ byl: **Duhový program MŽP ČR z roku 1991. (viz obr. 12.1)**

Hlavním zpracovatelem byl prof. Bedřich Moldán s týmem spolupracovníků MŽP. V tomto roce a následujících začíná tvorba nové legislativy pro ochranu životního prostředí v ČR. Duhový program analyzuje problematiku životního prostředí a to ve všech jeho složkách a stanovuje priority nápravy jeho kvality. Ve vztahu ke geologii je definováno „horninové prostředí“ a geologické jevy (geofactory), které se zde projevují kladně (výskyt nerostných surovin a zásob podzemní vody, dobré základové podmínky pro stavby), ale i negativně (ohrožující životy a majetek lidí jako je zemětřesení, vulkanická činnost, sesuvy). Jsou zde doporučení pro zlepšení péče o „horninové prostředí“. viz plné znění.

*Obr. 12.1: Duhový program MŽP ČR.*



První dokument nazvaný „**Státní politika životního prostředí ČR**“ byl schválen Usnesením vlády č. 472 ze dne 23. 8. 1995. Materiál byl zpracován náměstkem ministra ŽP Ing. Vladislavem Bízem CSc a jeho spolupracovníky z MŽP. Tento dokument již definuje problémy v jednotlivých složkách ŽP a vyjmenovává nástroje k jejich nápravě.

Následující **Státní politika životního prostředí ČR** byla schválena Usnesením vlády č. 323 ze dne 14. dubna 1999. Její zpracování bylo vyvoláno novými podmínkami vzniklými v ČR a to změnami politickými hospodářskými a mezinárodními. Jednalo se o vznik nových institucí například nevládních organizací - NG'Ō (650). Mění se struktura státu, z Federálního ministerstva MŽP (1990 - 1992) vzniká České ministerstvo životního prostředí. Nově vzniká Inspekce životního prostředí, Státní fond ŽP (1990 - 1992) - Český ekologický ústav, přibýly národní parky Českosaské Švýcarsko a Podyjí. Jsou zde nová právní východiska například - čl. 7 Ústavy ČR - šetrné využívání přírodních zdrojů, zákon o ŽP č. 17/1992 Sb., zákon EIA o posuzování vlivů na ŽP č. 244/1992, o ochraně ovzduší, odpadech atd. V tomto duchu byla

stanovena nová „opatření a cíle v rámci jednotlivých složek ŽP“. Horninové prostředí je řešeno především z hlediska využívání a těžby nerostných surovin a jejich vlivy na krajinu a ochrana půdy. Opatření a cíle této problematiky jsou zahrnuty v sektorových politikách.

V lednu 2001 byla schválena další **Státní politika životního prostředí ČR (SPŽP ČR)** a to Usnesením vlády č. 38 dne 10. ledna 2001. Její zpracování bylo vyvoláno stanovováním priorit ČR a jejich harmonizací s nadcházejícím vstupem do EU. SPŽP ČR je proto propojena s Národním programem přípravy na členství v EU, Aproximační strategií pro oblast “ŽP”, Státním programem Ochrany Přírody a krajiny ČR. SPŽP bylo nutné promítnout do národních politik (energetická politika apod.), strategií a programů. Otázky horninového prostředí jsou řešeny stejně jako v SPŽP (1999).

Další **Státní politika životního prostředí ČR** byla schválena Usnesením vlády č. 235 ze dne 17. března 2004. Její platnost byla rozložena na léta 2004 až 2010. V tomto dokumentu jsou promítnuty změny na přelomu druhého a třetího tisíciletí. Globalizace zesílila a projevila se vzájemnou provázaností vývoje životního prostředí, ekonomiky i sociálních podmínek. V SPŽP ČR byl vymezen rámec pro dlouhodobé a střednědobé směřování rozvoje environmentálního rozměru trvale udržitelného rozvoje. (TUR). Hlavní myšlenka byla uchovat a pokud možno zlepšovat kvalitní život dalších generací obyvatel ČR v návaznosti na závazky ČR, jako člena EU, OSN, OECD atd.

Mezi priority v otázkách horninového prostředí patří trvale udržitelné využívání přírodních zdrojů, materiálové toky a nakládání s odpady.

Současně platná **Státní politika životního prostředí ČR (SPŽP)** byla zpracována a schválena na roky 2011 – 2020. SPŽP vymezuje plán na realizaci efektivní ochrany životního prostředí v České republice do roku 2020. Hlavním cílem je zajistit zdravé a kvalitní životní prostředí pro občany žijící v České republice, výrazně přispět k efektivnímu využívání veškerých zdrojů a minimalizovat negativní dopady na životní prostředí přesahující hranice státu a přispět tak k zlepšování kvality života v Evropě i celosvětově.

#### **Tematické oblasti SPŽP jsou Ochrana:**

- **a udržitelné využívání zdrojů** včetně ochrany přírodních zdrojů, zajištění ochrany vod a zlepšování jejich stavu, omezování vzniku odpadů a jejich negativního vlivu na životní prostředí, ochranu a udržitelné využívání půdního a horninového prostředí.
- **a zlepšení kvality ovzduší** s cílem snižování emisí skleníkových plynů a omezování negativních dopadů klimatické změny na území ČR, snížení úrovně znečištění ovzduší a podpory efektivního a vůči přírodě šetrného využívání obnovitelných zdrojů energie a energetických úspor.
- **přírody a krajiny** spočívající především v ochraně a posílení ekologické stability krajiny, ochraně biodiverzity a zlepšení kvality prostředí ve městech.
- **Bezpečné prostředí** zahrnující jak předcházení následkům přírodních nebezpečí (povodně, sucha, svahové nestability, eroze, apod.), tak i předcházení vzniku antropogenních rizik.



**Zastřešujícím dokumentem je „Strategický rámec udržitelného rozvoje ČR“, který vláda schválila v lednu 2010. Rámec určuje dlouhodobé cíle pro tři základní oblasti rozvoje moderní společnosti – ekonomickou, sociální a environmentální v pěti prioritních osách:**

- Společnost, člověk a zdraví;
- Ekonomika a inovace;
- Rozvoj území;
- Krajina, ekosystémy a biologická rozmanitost;
- Stabilní a bezpečná společnost.

Aktualizovaná Státní politika přispěje k naplňování Strategického rámce, a to průřezově ve všech jeho prioritních osách. Strategický rámec udržitelného rozvoje ČR zároveň slouží jako dlouhodobý rámec pro politické rozhodování v kontextu mezinárodních závazků, které ČR přijala nebo hodlá přijmout při respektování specifických podmínek a potřeb ČR.

### **Současný stav životního prostředí v ČR a jeho předpokládaný vývoj do roku 2020 (výňatek z SPŽP 2011 až 2020)**

Stav životního prostředí se za posledních 20 let výrazně zlepšil, stále však není, zejména pokud jde o kvalitu ovzduší, vyhovující a představuje v zasažených oblastech rizika pro lidské zdraví a ekosystémy. Neuspokojivý stav životního prostředí je na plošně nevelkých územích (především městské aglomerace a průmyslové regiony), kde však žije značná část obyvatel.

Tématická oblast	Priorita
1) Ochrana a udržitelné využívání zdrojů	1.1 Zajištění ochrany vod a zlepšování jejich stavu
	1.2 Omezování vzniku odpadů a jejich negativního vlivu na životní prostředí a podpora jejich využívání jako náhrady přírodních surovin
	1.3 Ochrana a udržitelné využívání půdního a horninového prostředí
2) Ochrana klimatu a zlepšení kvality ovzduší	2.1 Snižování emisí skleníkových plynů a omezování negativních dopadů klimatické změny
	2.2 Snížení úrovně znečištění ovzduší
	2.3 Efektivní a přírodě šetrné využívání obnovitelných zdrojů energie
3) Ochrana přírody a krajiny	3.1 Ochrana a posílení ekologické stability krajiny a udržitelné hospodaření v krajině
	3.2 Zachování přírodních a kulturně-historických hodnot krajiny a jejích přirozených funkcí
	3.3. Zlepšení kvality prostředí v sídlech
4) Bezpečné prostředí	4.1 Předcházení rizik
	4.2 Ochrana prostředí před negativními dopady krizových situací způsobenými antropogenními nebo přírodními hrozbami

Tab. 1: Technické oblasti a cíle.(SPŽP 2011 – 2020)

## **Ochrana a udržitelné využívání půdního a horninového prostředí**

Cílem je snižování negativních vlivů na životní prostředí a zdraví lidí u kontaminovaných míst, příp. odstraňování kontaminovaných míst zahrnujících i staré ekologické zátěže vzniklé před privatizací, lokality po Sovětské armádě, lokality řešené v rámci operačního programu Životní prostředí (OP ŽP) a předcházení ekologické újme anebo její náprava.

### **Horninové prostředí**

Využívání místních nerostných zdrojů a vod je reálnou podmínkou udržení chodu naší společnosti. Zejména v oblasti palivo-energetických nerostných surovin je důraz na přiměřenou soběstačnost ČR, odpovídající jejím možnostem, výrazem nerezignování státu na zajištění zásobování obyvatelstva i výrobní sféry elektřinou a teplem a přihlášením se k zodpovědnosti státu za bezpečnost v této oblasti. Zajišťování co nejnižšího negativního vlivu na životní prostředí během těžby a po těžbě je naplněním hlavního cíle pro ochranu a udržitelné využívání horninového prostředí.

### **Cíle a opatření týkající se horninového prostředí**

Omezení nezvratných záborů zemědělské půdy

#### **Opatření:**

- Aktualizovat systém odvodů.
- Snižít úbytek zemědělské půdy využíváním pozemků brownfields.
- Prosadit návrh novely zákona o ochraně zemědělského půdního fondu, který umožní účinnější systém ochrany půdy před záboru a působením degradačních faktorů a navýší poplatky za odnětí půdy ze zemědělského půdního fondu.

Zahlazování a předcházení následkům po hornické činnosti a těžbě nerostných surovin

#### **Opatření:**

- Snižít rozsah krajiny narušené dobýváním nerostů, otvírku nových směřovat přednostně mimo přírodně a krajinně hodnotné lokality.
- Minimalizovat negativní dopady dobývání nerostů s využitím přírodě blízkých postupů rekultivace (a zachováním samovolně vzniklých přírodních hodnot v dotčených územích).
- Revitalizovat území postižená těžbou černého a hnědého uhlí, těžbou uranu a dalších nerostných surovin s ponecháním částí ploch (dostatečných z hlediska ekologických funkcí) samovolné nebo řízené sukcesí.
- Mapovat lokality s potenciálním únikem rizikových anorganických nebo organických látek, toxických kovů do životního prostředí z dolů, odvalů a výsypek a nebo metanu z hlubinných dolů v obydlené oblasti.
- Zasadit se o zachování územních limitů těžby hnědého uhlí a jejich legislativní zajištění.
- Předložit novelu horního zákona, která zajistí hospodárné využívání zásob nerostných surovin.
- Podporovat efektivní využití nerostných i druhotných surovin.
- Posílit výzkum, vývoj a využívání environmentálně šetrných technologií a postupů při těžbě, dopravě a zpracování surovin.

Ochrana prostředí před negativními dopady krizových situací způsobenými antropogenními nebo přírodními hrozbami, environmentální bezpečnost.

Hlavními hrozbami vzniku krizových stavů jsou jednak hrozby přírodního původu (zejména rozsáhlé povodně, sucho, dlouhodobá inverzní situace, sněhové kalamity, sesuvy půd, silné větry, šíření invazních rostlin a živočichů) a jednak hrozby způsobené činností člověka, (zejména rozsáhlé úniky nebezpečných látek, závažné průmyslové havárie, terorismus a poruchy kritické infrastruktury).

## **12.4 Předpisy z oblasti geologie a ochrany horninového prostředí**

### **Geologie a hornictví**

**Nařízení** 295/2011, Nařízení vlády o způsobu hodnocení rizik ekologické újmy a bližších podmínkách finančního zajištění

**Vyhlášky** 15/1995 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o oprávnění k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jakož i k projektování objektů a zařízení, které jsou součástí těchto činností

17/2009 Sb., Vyhláška o zjišťování a nápravě ekologické újmy na půdě

18/2009 Sb., Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek

52/1997 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu, kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl

104/1988 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o racionálním využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem

172/1992 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o dobývacích prostorech

175/1992 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o podmínkách využívání ložisek nevyhrazených nerostů

206/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce

282/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o evidenci geologických prací

340/1992 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o požadavcích na kvalifikaci a odbornou způsobilost a o ověřování odborné způsobilosti pracovníků k hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem a o změně některých předpisů vydaných Českým báňským úřadem k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem

363/1992 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky o zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru

364/1992 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí České republiky o chráněných ložiskových územích

368/2004 Sb., Vyhláška o geologické dokumentaci

415/1991 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o konstrukci, vypracování dokumentace a stanovení ochranných pilířů, celíků a pásem pro ochranu důlních a povrchových objektů

435/1992 Sb., Vyhláška Českého báňského úřadu o důlně měřické dokumentaci při hornické činnosti a některých činnostech prováděných hornickým způsobem

497/1992 Sb., Vyhláška Ministerstva pro hospodářskou politiku a rozvoj České republiky o evidenci zásob výhradních ložisek nerostů

617/1992 Sb., Vyhláška Ministerstva hospodářství České republiky o podrobnostech placení úhrad z dobývacích prostorů a z vydobytých vyhrazených nerostů

**Zákony:** 44/1988 Sb., Zákon Federálního shromáždění o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), (viz doplňky zákona str. 181)

61/1988 Sb., Zákon České národní rady o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě

62/1988 Sb., Zákon o geologických pracích

167/2008 Sb., Zákon o předcházení ekologické újmy a o její nápravě a o změně některých zákonů

Zákon č. 85/2012, o ukládání oxidu uhličitého do přírodních struktur .

## Závěr

Ve dvanácti kapitolách byly propojeny obory týkající se předmětu „Environmentální geologie“. Jedná se o geologické obory, prezentované z pohledu Environmentalisty.

Publikace je předkládána, jako stručná informace jednotlivých oborů, „stavebních kamenů“ které pak společně vytváří mozaiku tohoto poměrně mladého předmětu. Student, nebo jiný zájemce, má možnost, pokud se v praxi setká s nějakým podobným problémem, využít uvedené základní informace, které si pak může sám nastudovat z jiných zdrojů, v dalších podrobnostech.

Jistě by bylo možné jít i v této práci hlouběji do vybraných problematik, ale stanovený rozsah knihy to v zásadě neumožňuje a není to také jejím smyslem. Hlavním cílem bylo vytvořit publikaci „intergeologickou“ napříč geologickými obory, využitelnou v problematice životního prostředí.

Jedna z laskavých připomínek vědeckého redaktora, pana prof. RNDr Františka Fediuka ,CSc byla, že by stálo za to doplnit práci v duchu „Geologické budoucnosti naší planety“.

V závěru tedy, alespoň stručně přehled dalších témat, která by však jistě vydala na novou publikaci. Je to například problematika rozšiřující se dezertizace (rozšiřování pouští), nebo zaplavování nízko položených přímořských oblastí (kolísání hladiny oceánů).

Zásadní problém a tou je velice blízká hrozba deficitu vody na Zemi. Množství volných světových zásob vody bylo odhadováno v roce 1950 17 000m<sup>3</sup> na člověka v roce 2000 to bylo již jen 7 800m<sup>3</sup>.

Ztenčování ozonové vrstvy, katastrofické riziko dopadu velkých kosmických těles nebo vychládání vnitřního tepla Země. Dále možného nebezpečí uvolnění metanu, nebo naopak jeho využití z klatrátových akumulací,

Hydrát nebo taky klatrát metanu, případně poeticky „hořící led“, je vlastně led obsahující spoustu uvězněných molekul metanu.) Původně se myslelo, že se může vyskytovat jen ve vnějších oblastech Sluneční soustavy, pak byl ale nalezen v ohromném množství i na Zemi. Podle toho, co zatím víme, jsou ložiska klatrátu metanu v hloubce maximálně do 2 kilometrů, přičemž bývají v usazených horninách polárních oblastí, kde teplota na povrchu nepřesahuje 0 stupňů Celsia, pode dnem oceánů, když je nad nimi minimálně 300 metrů vody a také pod hlubokými sladkovodními jezery, jako je například Bajkal.

Podle současných odhadů jejich světová ložiska 2 až 10 krát převyšují známé zásoby zemního plynu, což z nich dělá potenciálně velmi významný zdroj energie pro budoucnost. Až doposud však ale ložiska klatrátů nikdo komerčně nevyužil.

Zajímavá, i když kontroverzní je existence a šíření myšlenek Římského klubu, který byl založen v dubnu 1968 a celosvětovou pozornost získal v roce 1972 svou zprávou *Meze růstu* (Limits to Growth). Tato zpráva upozorňovala, že je třeba zastavit hospodářský růst a že svět stojí před vyčerpáním přírodních zdrojů, především ropy do roku 1992. Mezi témata Římského klubu patří, například i diskuze o redukci populace na Zemi.

Významné jsou i názory Eduarda Kočárka v jeho publikaci „Vědy o zemi a medicina“, (Vybrané kapitoly z lékařské geologie, geografické medicíny, balneogeografie) [45]. Z hlediska těchto, ale i dalších témat je patrné, že „Environmentální geologie“ že se stále vyvíjí, má své významné místo ve vědách přírodních a je důležitou vědou při studiu horninového prostředí a jeho interakce s životním prostředím.

## Literární zdroje:

- [1] Mare, S., a kol.: Geofyzikální metody v ochraně a tvorbě životního prostředí. VŠB –TU Ostrava, 1996.
- [2] Gruntorád, J.: Geofyzikální metody při vyhledávání ložisek rud a nerud, díl I. Univerzita Karlova, Praha. 1993.
- [3] Gruntorád, J., et al.: Principy metod užití geofyziky. SNTL, Praha. 1985.
- [4] Mareš, S.: Úvod do užití geofyziky. SNTL, Praha. 1990.
- [5] Blažková, M.: Geologie a životní prostředí. VŠB – TU, Ostrava. 1996.
- [6] Woodcock, N.: Geology and Environment in Britain and Ireland. University College. London. 1994.
- [7] Kukul, Z., a kol.: Člověk a kámen. ÚÚG v ČAV, Praha. 1989.
- [8] Kukul, Z., Reichmann, F.: Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana. ČGÚ, Praha. 2000.
- [9] Beazley, M.: Anatomie Země. Londýn. 1976. Albatros, Praha. 1995.
- [10] Blažková, M.: Základy geomorfologie. FŽP UJEP, Ústí nad Labem 2010.
- [11] Blažková, M.: Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří. FŽP UJEP, Ústí nad Labem. 2010.
- [12] Kofroňová B.: Fotoarchív 2012
- [13] Sine (kolektiv autorů): Rudné a uranové doly České republiky. Anagram. 2003.
- [14] Halenka, T., Kalvová, J.: Změna klimatu a extrémní projevy počasí. KMOP, MFF UK, Praha. 2014.
- [15] Lovelock, J.: Healing GAIA – Practical medicine for the Planet. New York. 1991.
- [16] Sine (Norwest): Cross section and reclamation study. North Bohemia Mining, Praha. 1993.
- [17] Blažková, M.: Fotoarchiv (1995-2014).
- [18] Demek, J.: Obecná geomorfologie. Academia, Praha. 1988.
- [19] Olbert, G., (Fediuk František - překlad 2001): Tvary zemského povrchu, Scientia s r.o., Praha. 1995.
- [20] Bouška, V., Kouřimský, J.: Drahé kameny kolem nás. SPN, Praha. 1976.
- [21] Hazdrová, M. et al.: Geotermální energie a její využití. ÚÚG, ČSAV, Praha. 1981.
- [22] Sine (Myslil, V.): Obnovitelné zdroje energie. Profipress s r.o., Praha. 2012.
- [23] Myslil, V., Pošmourný, K.: Geotermální hodnocení potenciálu okresů Ústí nad Labem, Teplice, Most a Chomutov. Geoterm, Praha. 2008.
- [24] Myslil, V., Kukul, Z., Pošmourný, K., Frydrych, Z.: Ekologická energie z hlubin Země – současné možnosti využívání. Planeta. Roč. XV, č. 4/2007. MŽP ČR, Praha.
- [25] Myslil, V., Pošmourný, K.: Geotermální hodnocení Podkrušnohoří (Podkrušnohorské riftové struktury od Doupovských vrchů po České středohoří). 2009.
- [26] Burda, J., Myslil, V.: Geotermální atlas zemí Evropské unie. 2002.
- [27] Ryška, J.: Možnosti využití horninového prostředí pro získávání nízkopotencionálního tepla – zkušenosti OKD, DPB a.s., VŠB TU, Ostrava. 2005.
- [28] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon)
- [29] Moldán, B.: Koloběh hmoty v přírodě. ČSAV, Praha. 1983.

- [30] Sine: Surovinové zdroje ČR - nerostné suroviny. MŽP ČR. 2012.
- [31] Řezníček, T., Pašek, J., Zeman, M.: Geologie v územním plánování. Academia, Praha. 1980.
- [32] Šimová, H.: Seismická činnost na Chebsku, historie a její vliv na životní prostředí. Bakalářská práce FŽP, Ústí nad Labem. 2011.
- [33] Suk, M.: Geologické faktory v ochraně životního prostředí, Úvod do geologické mesologie. Brno. 1996.
- [34] Archibald, D.: The Past and Future of Climate. Westways Colorgrafix. 2010.
- [35] Archibald, D.: Solar Cycle 24: Implications for the United States. Westways Colorgrafix. 2008.
- [36] Hut, R.: Přednáška – Výukový blok KLIPRO. Ústí nad Labem. 2013.
- [37] Estaf, J.D.: Land use and Geology. Universita of Salford. 2005.
- [38] Mužák, J.: Přednášky DIAMO, Stráž pod Ralskem. 2014.
- [39] Bouška, V., et all.: Geochemie. Academia, Praha. 1980.
- [40] Košler, J., Jelínek, E., Pačesová, M.: Základy izotopové geologie a geochronologie – radiogenní izotopy. Karolinum, Praha. 1997.
- [41] Gregerová, M., Hovorka, D., Suk, M.: Geochemie geologických procesů v litosféře. PřMU, Brno. 1995.
- [42] Budínský, V.: Surovinová politika ČR z pohledu Severočeských dolů Chomutov – přednáška. 2012.
- [43] Bartoš, P., O.: Mapy světa k 18. 10. 2011, seminární práce FŽP UJEP.
- [44] Kettner, R.: Všeobecná geologie, díl 4., ČSAV, Praha. 1955
- [45] Kočárek, E.: Vědy o Zemi a medicína, Karolinum. 2004.

## **Internetové zdroje**

- [46] [www.ig.cas.cz/userdata/pictures/geopark/postery/Zeme-o07.png](http://www.ig.cas.cz/userdata/pictures/geopark/postery/Zeme-o07.png)
- [47] [mfweb.wz.cz](http://mfweb.wz.cz)
- [48] [upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Pacifick%C3%BD\\_ohniv%C3%BD\\_kruh.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Pacifick%C3%BD_ohniv%C3%BD_kruh.png)
- [49] [www.zmenyklimatu.estranky.cz/clanky/sopecne-erupce/sopka-katla-a-zlom-san-andreas.-nadesel-uz-jejich-cas-.html](http://www.zmenyklimatu.estranky.cz/clanky/sopecne-erupce/sopka-katla-a-zlom-san-andreas.-nadesel-uz-jejich-cas-.html)
- [50] [www.matrix-2012.cz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=567:10-nejvtich-sopenych-vybuch&catid=71:katastrofy&Itemid=97](http://www.matrix-2012.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=567:10-nejvtich-sopenych-vybuch&catid=71:katastrofy&Itemid=97)
- [51] [gnosis9.net/rservice.php?akce=tisk&cisloclanku=2010030016](http://gnosis9.net/rservice.php?akce=tisk&cisloclanku=2010030016)
- [52] [www.radonovastezka.cz/download/images/cz\\_obr\\_9\\_01.jpg](http://www.radonovastezka.cz/download/images/cz_obr_9_01.jpg)
- [53] [www.geology.cz](http://www.geology.cz)
- [54] [www.gpz.cz/gpz.htm](http://www.gpz.cz/gpz.htm), [www.matrix-2012.cz](http://www.matrix-2012.cz)
- [55] [www.radon-expert.cz/images/stavebni\\_povoleni.jpg](http://www.radon-expert.cz/images/stavebni_povoleni.jpg)
- [56] [geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/3\\_obrazky/3\\_14\\_Cyklus.jpg](http://geologie.vsb.cz/geomorfologie/Prednasky/3_obrazky/3_14_Cyklus.jpg)
- [57] [www.svatymaur.cz/data/media/foto/medium/file00062.jpg](http://www.svatymaur.cz/data/media/foto/medium/file00062.jpg)
- [58] [prazsky.denik.cz/kultura\\_region/vystava\\_lucemburkove20090819.html](http://prazsky.denik.cz/kultura_region/vystava_lucemburkove20090819.html)



- [59] [cestovani.idnes.cz/sperky-goethovy-milenky-vyjimecne-vystavuje-muzeum-v-moste-p5u-/po-cesku.aspx?c=A091105\\_105712\\_igcechy\\_tom](http://cestovani.idnes.cz/sperky-goethovy-milenky-vyjimecne-vystavuje-muzeum-v-moste-p5u-/po-cesku.aspx?c=A091105_105712_igcechy_tom)
- [60] [www.geothermalenergy.org](http://www.geothermalenergy.org)
- [61] [geothermal.marin.org/geopresentation/images/img052.jpg](http://geothermal.marin.org/geopresentation/images/img052.jpg)
- [62] [globalwarmingsolved.com/wp-content/uploads/2013/11/map\\_plate\\_tectonics\\_world.gif](http://globalwarmingsolved.com/wp-content/uploads/2013/11/map_plate_tectonics_world.gif)
- [63] [www.maltop-eko.cz/foto/article/min\\_1242583190-0.jpg](http://www.maltop-eko.cz/foto/article/min_1242583190-0.jpg)
- [64] [zip42.rajce.idnes.cz/Mostecko\\_-\\_povrchovy\\_dul\\_koreckove\\_rypadlo/](http://zip42.rajce.idnes.cz/Mostecko_-_povrchovy_dul_koreckove_rypadlo/)
- [65] Beránek, K.: Mostecko – exsistující a chybějící podklady pro regulaci územního rozvoje (T-plan, Praha), Modelové řešení revitalizace průmyslových region a území po těžbě uhlí na příkladu Podkrušnohoří, elektronický sborník – conference FŽP UJEP, 2010.