

Minerogenetické(= nerostotvorné) procesy

Procesy vedoucí ke vzniku minerálů můžeme rozdělit do 2 skupin:

- **Endogenní (hypogenní) nerostotvorné procesy**

Jsou spjaty s vnitřními geologickými silami.

Probíhají hlavně ve svrchním zemském plášti a hlubších částech zemské kůry

Do této skupiny patří především **magmatické, metamorfní a hydrotermální procesy**

- **Exogenní (hypergenní, supergenní) nerostotvorné procesy**

Jsou vyvolávány vnějšími geologickými silami a dochází k nim v přípovrchových částech zemské kůry, v kontaktu s hydrosférou, atmosférou, případně i biosférou.

Patří sem **procesy zvětrávání hornin a minerálů, transportu a sedimentace.**

Magmatické procesy

- **Vedou ke vzniku magmatických hornin**

Magmatický proces zahrnuje vznik magmatu natavením nebo roztavením pevných hornin, jeho výstup do svrchních částí zemské kůry (případně až na zemský povrch), jeho diferenciaci a krystalizaci.

Magma je přírodní, zpravidla silikátová tavenina

Hlavními složkami magmatu jsou SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , CaO , MgO , Na_2O a K_2O , rozpuštěná voda

Uvedené složky jsou základem většiny minerálů magmatických hornin (příklady)

Existují i magmata zcela odlišného chemického složení (karbonátové, sulfidické taveniny).

V určitém množství je v magmatu přítomna plynná fáze :

H_2O , CO_2 , HCl , HF , H_2S , H_2 , CO , SO_3 a N_2 (tyto látky jsou zčásti absorbovány v kapalné fázi, zčásti jsou v ní chemicky vázány)

Magma může obsahovat do 10 % pevné fáze :

- **minerály z počátečních stadií krystalizace magmatu**
- **relikty (zbytky) původních hornin, jejichž roztavením magma vzniklo**

Asimilace – proces, při němž magma pohlcuje okolní horniny a rozpouští je v sobě

Př. Co se stane při pohlcení karbonátových hornin?

Procesy diferenciace magmatu:

- frakční krystalizace
- gravitační
- filtrační
- var magmatu (oddělení plynné fáze)

Základní typy magmat (dle četnosti na povrchu zemské kůry):

- **kyselé magma (granitové)**
obsah SiO_2 65-75 i více %
hlavní minerály: K-živce, plagioklasy, křemen, slídy
- **bazické (bazaltové magma)**
obsah SiO_2 45-55 %
hlavní minerály: plagioklasy, pyroxeny
- **magma intermediárního složení (andezitové magma)**
obsah SiO_2 55-65 %
hlavní minerály: plagioklasy, pyroxeny, amfiboly, slídy
- **ultrabazické magma (peridotity)**
obsah SiO_2 35-45 %
hlavní minerály: olivín, pyroxeny

Likvace

- rozdělení původně homogenní taveniny na dvě vzájemně nemísitelné taveniny (silikátovou a sulfidickou), při teplotě cca 1500 °C

Sulfidická tavenina díky vysoké hustotě klesá k bázi magmatického tělesa, poté při ochlazování krystalizují horninotvorné minerály a formují se horniny.

Sulfidická tavenina tuhne až při nižší teplotě – ložní tělesa, pásky, kumulace.

Pyrhotin, chalkopyrit, pentlandit.

Může pod tlakem také vystupovat po tektonice do již utuhlých matečných hornin.

Příklady:

Sudbury - Kanada

Staré Ransko

Krystalizace magmatu

- **počáteční krystalizace (akcesorické minerály) – zirkon, apatit, pyrop, almandin-spessartin, spinelidy, ilmenit,**

Ranně krystalující minerály s větší hustotou, krystalující z ultrabazických (peridotity) nebo bazických (gabra) magmat, se hromadí ve spodních partiích magmatického tělesa jako „**kumuláty**“.

Hovoříme o gravitační krystalizační diferenciaci.

- ***chromit –chromspinelidy***
- ***ilmenit (titanomagnetit)***
- ***platinoidy (Pt + příměsi Ir, Os, Ru, Rh, Fe, Pd)***

Chromit a platinoidy jsou převážně koncentrovány v dunitech a peridotitech, mnohdy serpentinizovaných.

Chromit se zde nachází v páscích, šlírách a hrudkách, při menších koncentracích v jednotlivých zrnech.

Př. Bushveldský komplex, Jižní Afrika

- hlavní krystalizace (Bowenovo reakční schema – idealizace) – obr.

Plagioklasy

Olivín

Pyroxeny

Amfiboly

Biotit

K-živec

Muskovit

Křemen

Produkty – horniny – viz. petrologické poznatky

Recentní poznatky o krystalizaci magmatu

Vznik minerálů ze sopečných exhalací (postvulkanogenní mineralizace)

- *exhalační ložiska* -

fumaroly (100-800 °C)

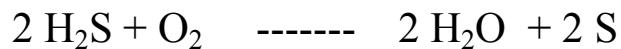
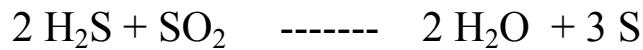
solfatary (100-200 °C)

Hlavní složky sopečných plynů: H₂O (pára), HCl, NH₄Cl, H₃BO₃, H₂S, SO₂ a CO₂

Sopečné sublimáty (fumarolové nebo solfatarové) vznikají mimo sublimaci:

- chemickými reakcemi mezi plynnými složkami exhalátů při jejich ochlazování
- chemickými reakcemi mezi sožkami exhalátů a atmosferickým kyslíkem

př: vznik ložiskových akumulací síry:



Typické sublimáty: *salmiak (NH₄Cl)*, *sassolin (H₃BO₃)*, *halit, sylvín, thenardit (Na₂SO₄)*

- lokálně: hematit, magnetit, pyrit, realgar, auripigment, antimonit, cinnabarit

Minerály vznikající přeměnou vulkanických hornin interakcí s exhalacemi:
sírany - *alunit KAl₃/SO₄/OH/₆, sádrovec*

Podobný charakter mají druhotné „mineralizace“ na hořících haldách uhelných dolů

Hydrotermální procesy

- dochází ke krystalizaci minerálů z hydrotermálních roztoků

V podmínkách zemské kůry mají hydrotermální roztoky charakter vodných roztoků o teplotě cca 50 – 700 °C.

Teplotní dělení:

- vysokoteplotní (katatermální) roztoky :	700 – 300 °C
- středně teplotní (mezotermální) roztoky:	300 – 200 °C
- nízkoteplotní (epitermální) roztoky:	200 – 50 °C
/teletermální roztoky/	
alpské parageneze	350 - 50

pozn. ve starší literatuře se setkáváme s termínem *pneumatolytické roztoky*.

Jde o vysokoteplotní roztoky, jejichž teplota je vyšší než kritická teplota čisté vody – t.j. 374 °C za tlaku 22 Mpa.

- **kritická teplota hydrotermálních roztoků je vyšší v závislosti na obsahu rozpuštěných látek**
(např. 20% rozpuštěných solíkritický bod 600 °C)

Původ vody hydrotermálních roztoků:

- magmatogenní
- diagenetický
- metamorfní
- povrchový (meteorické, - vadózní vody), nasávání mořské vody v oblasti riftů a jejich ohřev, mineralizace

Zdroje mineralizace

- podobně jako zdroje vody roztoků

Formy transportu látek

- největší význam má transport nerostných látek v podobě lehce rozpustných sloučenin, disociovaných na jednoduché ionty **nebo polymerní molekuly**

Informace o látkovém složení hydrotermálních roztoků dostáváme:

- *výzkumem plynokapalných uzavřenin v hydrotermálních minerálech*
- *studiem nerostných paragenezí hydrotermálního původu*
- *izotopický výzkum O, C, S*

- přímo lze zkoumat hydrotermální roztoky v oblastech s doznívající sopečnou aktivitou (roztoky výrazně ovlivněny meteorickou vodou)

Složení hydrotermálních roztoků je velmi variabilní, zpravidla obsahují 2 – 16 hm.% rozpuštěných solí,

- maximálně kolem 40 %

Kationty: Na, K, Ca, Mg, Ba

Anionty: Cl, HCO₃, CO₃, SO₄, F

Pro transport chalkofilních prvků (Pb, Zn, Ag, Cu,.....) mají velký význam ionty HS⁻ a S²⁻.

Schematická řada vylučování sulfidů jednotlivých kovů s klesající teplotou hydrotermálního roztoku:

Bi - As - Au, Cu, U - Zn - Pb, Ag - Sb - As - Hg

Hydrotermální ložiska sulfidických rud tvoří jednak:

- **rudní žily** (vyplňování puklin nebo trhlin v horninách)
- **metasomatická ložiska** (zatlačení původního nerostu a nahrazení jiným nerostenem)
- **ložiska impregnační** (sulfidy a doprovodné minerály se vylučují většinou v porézních horninách)

Formace sulfidických ložisek lze rozlišit podle charakteristických minerálů a dle klesající teploty vzniku:

1. Zlatá a zlato-stříbrná formace

Hlavním nerostem křemen, tvořící hlušinu žil.

Z rudních minerálů pyrit, arzenopyrit, chalkopyrit, vzácněji antimonit. Sulfidy jsou nositeli malých obsahů zlata.

Zlato bývá také v ryzí formě v křemenu.

2. Ag-Co-Ni-Bi-U formace

Je zde několik typů, v nichž převládá některý z jmenovaných prvků (Jáchymov).

- typ stříbrných rud: argentit, proustit a pyrargyrit, sternbergit, stefanit, též ryzí stříbro (Kongsberg). V menším množství ryzí As, Sb, dále chloantit, smaltnit, nikelín, löllingit.

Hlušinou žil bývá kalcit, dolomit (s pigmentem hematitu), křemen, fluorit, baryt.

- typ s převládajícími arzenidy Co a Ni: smaltnit, arzenopyrit, Bi

- typ s uranem a Bi: vedle arzeniků sloučeniny Bi (bismutin). Uraninit (smolinec). Vedlejšími minerály Hg, pyrit, chalkopyrit nebo Ag-rudy a galenit.

Hlušinou žil bývají vedle křemene kalcit, dolomit, méně baryt, vzácněji fluorit.

3. Pyritová a chalkopyritová formace

Ložiska s převládajícím pyritem a celkově chudou paragenezí nerostů (podružný chalkopyrit, arzenopyrit, sfalerit, galenit).

Nerudní složkou je siderit nebo baryt, řídce kalcit

Druhým typem jsou ložiska s převládajícím chalkopyritem, často s bornitem, pyritem a tetraedritem. Přecházejí do ložisek polymetalického charakteru : + sfalerit a galenit.

4. Pb-Zn-Ag formace

Galenit a sfalerit. Galenit je stříbrnosný a sfalerit obsahuje Cd. Vzácnější Ag-minerály.

Někdy přechod do výše temperované chalkopyrit- pyritové formace, či níže temperované antimonitové formace

Nerudní výplní žil bývá baryt, siderit a kalcit.

5. Sb-As-Se formace

Převládá antimonit, provázený pyritem. Vzácněji galenit nebo sfalerit.

Ložiska arzénu pak obsahují hlavně realgar a auripigment.

V obou případech kalcit

6. Hg formace

Obsahuje jako hlavní a v podstatě jediný rudní minerál rumělku.

Hlušinovou komponentou je kalcit.

Teploty vzniku se blíží atmosferickým teplotám.

Vznik nerostů z nadkritických fluid, vznik greisenů

(dříve pneumatolytické pochody)

Vysokoteplotní hydrotermální mineralizace

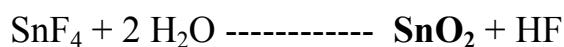
V procesu krystalizace pegmatitů (z taveniny) se vyloučí zbývající část silikátů, v minerálech se realizují vzácné plyny a prvky, převážná část manganu a fosfátů.

Koncentrace lehkých těkavých komponent se opět zvýší. Z kovových prvků ve fluidech přetrvávají a koncentrují se těžké kovy (Pb, Zn, Cu...) a prvky, které tvoří sloučeniny především s F a Cl.

Teplota zůstává nad kritickým bodem vody, systém obsahuje velká množství rozpuštěného SiO₂.

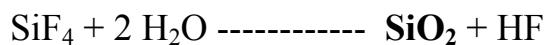
V této etapě krystalizace se vylučují zejména prvky Sn, W a Mo.

Sn je mobilní jako fluorid Sn a hydrolyzuje se v oblastech nižších teplot:



Vzniká kasiterit (cínovec) a uvolňuje se fluorovodík. Ten je velmi agresivní ke svému okolí, vyvolává greisenizaci žul – tvorbu topazu z původních živců.

Podobně se vylučuje křemen:

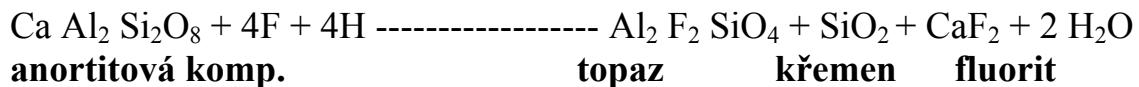


Následně se formují vysokoteplotní (katatermální) hydrotermální roztoky, obsahující část prvků z pegmatitové fáze (B, F, Li, Be, Mn, P).

Krystalizuje význačná parageneze minerálů:

- křemen
- topaz
- cínvaldit K, Li, Fe, Al - slída
- apatit (fluorapatit)
- triplít $(\text{Mn}, \text{Fe})_2 \text{F PO}_4$
- fluorit
- beryl
- turmalín

Tvorba typické parageneze greisenů:



Pozn. cínovec se objevuje již v pegmatitech, zejména Li-pegmatitech (Rožná).

(není ostré hranice mezi pegmatitovým stádiem a pneumatolytickým stádiem)

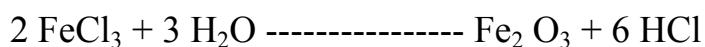
Kasiterit je většinou doprovázen wolframitem. Na úkor wolframitu se někdy tvoří mladší scheelit.

Z nadkritických fluid krystalizují i některé sulfidy. Typický je molybdenit. Z následných vysokoteplotních hydrotermálních roztoků se nejčastěji vylučují chalkopyrit a arzenopyrit.

Formace Sn – W

Formace Sn – W - Li

Pneumatolytickým minerálem může být také **hematit**. Železo mobilní v podobě chloridu Fe podléhá za poklesu teploty hydrolýze:



Takto vznikající hematit tvoří obvykle krásné drúzy krystalů (Elba).

Popsané procesy mineralizace z nadkritických fluid a vysokoteplotních hydrotermálních roztoků jsou fungující jen za vyšších tlaků, jinak dojde k úniku těkavých komponent.

Příklady z oblasti Krušných Hor a Slavkovského lesa

- oblast je charakterizována mladovariskou Sn-W mineralizací (***asociace li-snw dle Bernarda***) se silnými pneumatolytickými jevy (silně alterované kyselé žuly „mladšího“ komplexu: 256 M.A.)

Horní Slavkov - Krásno – Sn-W

Geologie:

- karlovarský žulový pluton, pararuly, migmatity, ortoruly

Huberův či Hubský peň (obr.), Schnödův peň, Vysoký kámen, Klinge

- elevace žul silně přeměněné v greisenové pně (také topazizace, kaolinizace, sericitizace, cinvalditizace, albitizace, fluoritizace)
- křemenné žíly: slídy, Sn-W minerály, molybdenit, chalkopyrit
- aplitové žíly s turmalínem

Minerály:

- kasiterit – 1 až 15 cm velké XX, jedny z nejkrásnějších celosvětově, převládají dvojčata
- wolframit – štěpné tabulky v křemenných žilách
- scheelit – bílá, až 5 cm velká zrna, zaměnitelný s křemenem
- apatit – typický, zelené a fialové sloupečky až 3 cm velké
- topaz – sloupcovité XX, nejhezčí v ČR

- fluorit – zonálně zbarvené XX
- cinwaldit – jemněji lupenité agregáty než na Cínovci
- beryl
- albit
- **karfolit** – nový minerál (slámově žluté jehlicovité agregáty, radiálně paprsčité)
- fosfáty: triplít
- **sulfidy: molybdenit, arzenopyrit**, černý sfalerit, stanin, bismutin
- **bismut**
- **sekundární minerály:** W a Mo-okry, mnoho dalších

Cínovec, s. od Teplic – na hranicích s SRN (viz mapka) – Li -Sn-W

Geologie:

- komplex křemenného teplického porfyrů, albitické žuly klenbovitě stavby
- mikroklinizace, albitizace, fluoritizace
- nepravidelná greisenová tělesa v žule

Ploché křemenné žily s výplní:

- křemennou
- cinvalditovou
- topazovou
- K-živcovou

Minerály:

- **křemen (XX záhněda, morion)**
- **kasiterit** – 1 až 3 cm velké XX, muzejní ukázky, převládají dvojčata
- **wolframat** – hlavní rudní nerost na ložisku, XX až 10 cm velké, unikátní z celosvětového hlediska, v rovnováze ferberit: hübnérít
- **scheelit** – žlutohnědé XX až 1 cm velké
- apatit – vzácný, sloupcovitý
- **topaz** – sloupcovité XX – pyknit, zrnité agregáty
- fluorit – fialové nebo bezbarvé XX v dutinách žil

- **cinvalidit** – popsán jako nový minerál, až několik cm velké pseudohexagonální tabulky
- **sekundární minerály**: W a Mo-okry, mnoho dalších

Recentní submarinní hydrotermální procesy

Vznik submarinní hydrotermální mineralizace je podmíněn:

- **výměnou tepelné energie a látek mezi litosférou a hydrosférou**

Dochází k tomu :

- **především podél globálního systému divergentních deskových rozhraní (tj. na riftových zónách)**
- **na ostrovních obloucích**
- **v zaobloukových pánevích**
- v areálech vnitrodeskového vulkanismu

Vznikají často sulfidické akumulace, které můžeme považovat za recentní analogy ložisek „Kuroko“, „Besshi“ a kyperského typu

Podloží recentních hydrotermálně sedimentárních sulfidických akumulací a jeho hydrotermální alterace

- **uložení na vulkanitech, případně vulkanoklastických horninách**

Na středoceanických hřbetech jde o bazalty typu MORB (= mid-ocean ridge basalts), lokálně i andezity

- v zaobloukových pánevích kromě basaltů též ryolity, autobrekcionáry a vulkanoklastické horniny, složením odpovídající uvedeným vulkanitům

Vznik sulfidických rud, jejich nerostné složení a morfologie rudních těles

- vznik z hydrotermálních roztoků, vyvěrajících na mořské dno

Typickým produktem hydrotermální aktivity v obou geotektonických pozicích jsou komínovitá tělesa s.l. (komíny = „smokers“) a hydrotermální kupy („hydrothermal mounds“)

Morfologie komínů je variabilní. Např. v hydrotermálním poli EPR:

- štíhlé komíny s téměř kruhovým průřezem a úzkým centrálním kanálem /několik cm/, o výšce 1-2 m, výjimečně i přes 5 m
- mocnost stěny při bázi komínu závisí na jeho stáří /mm až dm/

V případě aktivních komínů z nich rychle vystupují hydrotermální fluida obvykle zbarvená černě nebo bíle (v závislosti na přítomnosti a povaze suspendovaných částic)

- „black smokers“ teploty 330-380 °C
- „white smokers“ 20-300 °C

Charakteristickým znakem všech „smokerů“ je jejich zonální /koncentrická/ stavba. Jde o mineralogickou zonálnost, jejíž hlavní příčinou je pokles teploty směrem k okraji komínu a **reakce hydrotermálních fluid s mořskou vodou ve vnějších částech stěny komínu**

Vnitřní zóna:

- **chalkopyrit**
- dále od kanálu hlavně **pyrit, bornit**, případně magnetit, lokálně **pyrhotin, cubanit**

Ve střední části stěny:

- **sfalerit, wurtzit, chalkopyrit, pyrit a anhydrit**

Vnější zóna stěny:

- je menší mocnosti
- **pyrit, markazit, opál, baryt**

pozn. jsou známé také komínky barytové

Často jsou popisovány **dendritické útvary a kostrovité krystaly** některých rudních minerálů (sfalerit, baryt, galenit)

Morfologicky zcela odlišným typem komínů jsou tzv. difuzéry („diffusers“), které nemají centrální kanál.

Hydrotermální fluida vystupují k povrchu relativně pomalu centrální porézní zónou a stěnami. K výstupu roztoků dochází tedy na celém povrchu tělesa. Difuzér v typickém příkladu získává **kuželovitý tvar**.

Mineralogicky se difuzéry liší vysokým obsahem pyrhotinu a absencí anhydritu. Některé difuzéry obsahují množství barytu. Dalšími rudními minerály jsou pyrit, sfalerit a cubanit.

Hydrotermální kupy – tělesa, která se tvoří srůstem většího množství komínů a nahromaděním fragmentů, vznikajících jejich rozpadem.

Rostoucí kupou prostupují hydrotermy, které způsobují metasomatické přepracování a rekrystalizaci materiálu uvnitř kupy.

Velikost sulfidických akumulací

1/ Kotlina „Atlantis II“ v riftové zóně Rudého moře:

- 94 mil. tun rud s kovnatostí 2.1 % Zn, 0.5 % Cu, 39 ppm Ag a 0.5 ppm Au

2/ Těleso masivních sulfidických rud o rozměrech 1000 x 150 m a výšce 35 m v riftovém údolí Galapážského hřbetu. Odhad 10 mil. tun rud.

Hydrotermální chocholy („hydrothermal plumes“)

- typický fenomén pro hydrotermální pole
- **jde o černé „kouře“, vystupující z ústí aktivních komínů, z trhlin na povrchu hydrotermálních kup, případně i z trhlin přímo v mořském dně**
- **vystupují do výše několik X0 až X00 m nad dno, zde se jejich pohyb mění na horizontální a následně dochází k sedimentaci**

Tvar horizontální části chocholu závisí na proudění mořské vody

Černé zbarvení těchto „kouřů“ je způsobeno suspenzí sulfidů, které **vznikají při reakci hydrotermálního roztoku z mořskou vodou.**

Proces precipitace minerálů trvá několik sekund po vývěru:

- pyrhotin
- pyrit
- sfalerit
- chalkopyrit
- další fáze Fe, S, SiO₂
- **méně hojně jsou částice anhydritu, opálu, oxid-hydroxidů Fe, síry α**
- **vzácně markazit, covellin, cubanit, baryt a některé silikáty**

Rozměry částic v suspenzi jsou velmi malé: 0.1 – 850 µm.

Sedimentace z hydrotermálních chocholů probíhá ve vzdálenostech do několika X00 m až 2000 m (**viz. příklady**)

Sulfidické rudy střeoceanických hřbetů jsou tvořeny především:

- sulfidy Fe, Cu a Zn, z nerudních minerálů převládají různé formy SiO₂ a sulfáty
- **akumulace takových rud: středoatlanský, východopacifický a galapážský hřbet, Rudé moře (Atlantis)**
- jde o recentní analogy rudních ložisek „kuroko“ a kyperského typu

Složení sulfidických akumulací na spreadingových zónách v zaobloukových pánevích

je více variabilní **v závislosti na litologii v prostoru konvekčně cirkulačních systémů:**

- opět jde o recentní analogy rudních ložisek „kuroko“ a kyperského typu, která jsou ale mineralogicky pestřejší
- kromě výše jmenovaných jsou hojně minerály tetraedrit-tenantitové skupiny (obsahy Ag), sulfidy Pb a Ag, Au, baryt, anglesit

„Alpské parageneze“

Termínem „alpská parageneze (asociace, žily)“ jsou označovány specifické nízkoteplotní hydrotermální asociace, vyskytující se nejčastěji na puklinách hornin.

Krystalovaly z vodných roztoků o teplotě 100-360 °C.

Předpokladem je otevření trhlin v horninách při tektonických eventech.

Nízká mineralizovanost roztoků, postupujících trhlinami, způsobuje silné vyluhování prvků okolních hornin, roztoky se nepohybují na větší vzdálenosti a krystalizují z nich minerály.

Tím jsou alpské parageneze silně látkově (a minerálními asociacemi) závislé na hostitelských horninách.

V České republice je alpská parageneze nejvízrazeněji vyvinuta:

- na Čáslavsku a Kutnohorsku
- v Jeseníkách
- na Českomoravské vrchovině

Minerální asociace A

(dle Bernarda)

- v kvarcitech, svorech, fylitech, rulách (nízké obsahy Ca)**
= v kyselých horninách

Vernířovice u Sobotína – „Hackschlüssel“ = Mísečky

- okolní horninou chloritické ruly desenské skupiny

Minerály:

- **křemen zastoupen křišťálem a záhnědou, XX až 15 cm velké, čisté a bohaté na krystalové tvary (Burkart 1953)**
- **albit**
- **klinochlor (tmavozelené lístky)**
- hematit
- pyrit (až 1 cm XX)
- magnetit
- titanit vytváří velmi malé (do 1 mm) bezbarvé či světle zelené XX se silným leskem) = sfén (varieta)
- kalcit (XX)

Kutná Hora

– lomy „Prachovna“, „V Hutích“, „Kamenná bába“ lom u Vrbova mlýna

- okolní horninou katazonálně metamorfované ruly a migmatity kutnohorského krystalinika

Minerály:

- **křemen zastoupen křišťálem, XX až 2 cm velké**
- **chlorit černozelený, ve vějířovitých a paprsčitých shlucích**
- **anatas (ocelově modré až šedé dipyrámidy s silným leskem, do 5 mm)**
- brookit – vzácnější (nahnědlé rýhované velmi tenké tabulky, do 3 mm)
- **rutil (jako varieta „sagenit“, někdy i zarostlý v XX křišťálu)**
- **klinochlor (tmavozelené lístky)**
- turmalín - skoryl
- **fluorit ve štěpných agregátech nebo XX**
- ilmenit
- kalcit
- **laumontit – sukcesně nejmladší minerál**

Minerální asociace B

(dle Bernarda)

**– v granitech, granodioritech, pegmatitech, rulách
(přechodný typ mineralizace s kolísavým obsahem Ca)**

Černá Voda u Žulové – „Nový lom“

- **okolní horninou biotitové granite, granodiority a pegmatity žulovského masivu**

Minerály:

- **křemen** vytváří šedobílé XX kolem 1 cm velké
- **albit XX v drúzách**
- **epidot – klinozoisit** (stébelnaté až paprsčité agregáty i několik cm velké, zbarvení šedé až ostře zelené, klasifikačně většinou epidoty)
- **chlorit = chamosit** (Losos a kol. 1994), ve varietě „strigovit“ (jemně zrnité až celistvé černozelené agregáty), v trhlinách pegmatitů
- **hematit** – lupenité agregáty, často s epidotem a stilbitem
- **kalcit**
- **pyrit**
- **stilbit** – časté snopkovité a vějířovité agregáty (průměr až 3 cm) a XX na puklinách granitoidů
- **heulandit**

Minerální asociace C

(dle Bernarda)

- na puklinách amfibolitů, amfibolických rul, skarnů, dioritů, gabr
(mineralizace s vysokým obsahem Ca)**

Sobotín – „Pfarrerb“ (Farský důl)

- asi 0.5 km východně od kostela v Sobotíně, při cestě na kótu Smrčina**
- horniny sobotínského amfibolitového masivu (amfibolity, amfibolické ruly)**

Minerály:

- epidot je zde světově známým minerálem, jeho XX jsou sytě zelené, někdy průhledné. Největší X 140 x 26 mm (Nepejchal 1994)**
- albit – tvoří drúzy bílých nebo bezbarvých XX, několik mm velkých, často zdvojčatělých**
- adulár (mikroklin)**
- aktinolit v podobě azbestu**
- apatit (nízce sloupečkovité XX bílé nebo nafialovělé barvy)**
- diopsid je nejstarším minerálem (350 °C a tlak 2-3 kbar dle Nováka a kol. 1991)**
- titanit (sfén) – klínovité XX do 0.5 cm velikosti, žlutozelené barvy a průhledné**
- prehnit (bílý až světle zelený, v kulovitých a hřebenitých agregátech v dutinách)**
- ilmenit**
- Ca-zeolity /heulandit/ (nejmladší fáze asociace) – cca 150 °C a tlak 1 kbar**

Mirošov – činný lom

- horniny strážeckého moldanubika (amfibolity, amfibolické ruly migmatitizované)

Minerály:

- epidot (dlouze sloupcovitý, paprsčité XX
- albit
- křemen (xx kolem 1 cm, někdy křištál)
- amfibol (aktinolit – paprsčitý), prehnit
- titanit – klínovité a psaníčkovité typy XX
- chlorit (klinochlor) – kulovité radiálně lupenité agregáty
- axinit
- pyrit, markazit, hematit
- apatit
- stilbit (nasedá na křištál), chabazit

Minerální asociace D

(dle Bernarda)

- specifický typ převážně karbonátových žilek v sedimentárním komplexu chvaletického ložiska Fe-Mn rud
(mineralizace s vysokým obsahem Mn)

Chvaletice

- horniny chvaletického proterozoika

Minerály:

- **rodochrozit a kutnohorit, ankerit**
- **neotokit (/Mn Fe/ Si O₃ . H₂O)**
- **Mn-cummingtonit v azbestové formě**
- **cronstedtit** (sk. serpentinu)
- hyalofan
- K, Ba – živce, Ba-heulandit
- **Pyrofanit** (MnTiO₃)
- **dravit-** jemně vláknitý
- **křemen**
- **sulfidy: alabandin (MnS), pyrit, markazit**
- hevlín, rutil, opál