

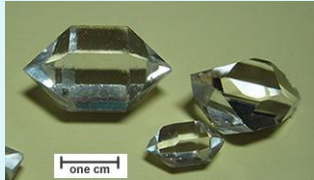
Ércteleptan – III.

**Dr. MÁRTON
ISTVÁN**

Istvan.Marton@stockwork.ro

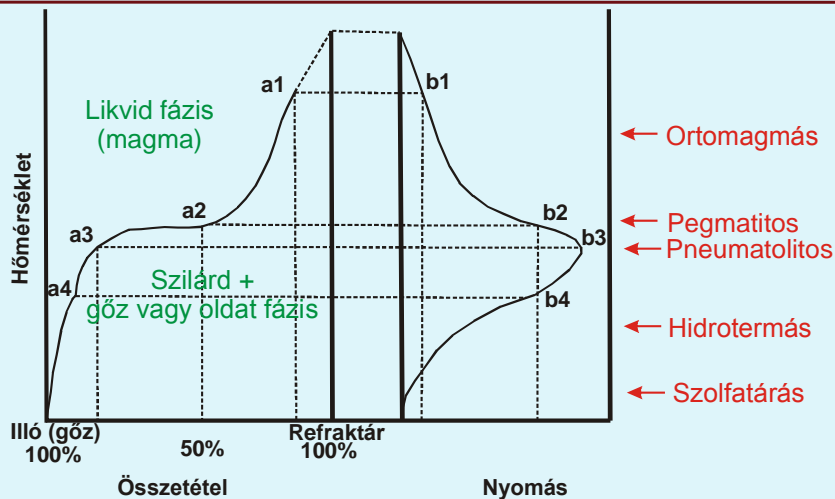
•Bázisos-ultrabázisos kőzetkörnyezet likvidmagmás-szegregációs ércképződése

•Karbonatit-alkáli-ultrabázisos kőzetekhez kapcsolódó telepek.



**Babeş-Bolyai Tudományegyetem,
Geológia Szak, 3. év, 2011-2012**

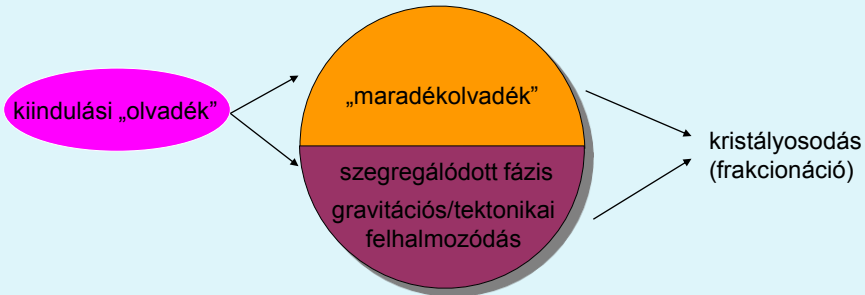
Niggli-diagram (1929): a magmás rendszerek kristályosodási szakaszai és az ércgenetikai környezetek közti összefüggés



Bináris komponensű (illó és refraktár = szilikátos, oxidos) magmás rendszer fejlődése hőmérséklet, nyomás és összetétel függvényében.

**BBTE,
Geológia, 3. év
Ércteleptan – III. 2012.03.10**

Likvidmagnás szegregáció (szételegedés): a szilikátolvadékból egyéb olvadékfázis elkülönülése és kristályosodása



A szegregáció oka: az olvadék összetételének megváltozása

A FÖLDKÉREG OLVADÉKAI KEVÉS KIVÉTELLEL HETEROGÉN (olvadék+szilárd fázis) ÖSSZETÉTELŰEK! CSUPÁN A TERMÉSZETBEN RITKÁN ELŐFORDULÓ TÚLHEVÍTETT OLVADÉKOK LEHETNEK ELEVE HOMOGENÉK.

BBTE,
Geológia, 3. év
Érteletan – III. 2012.03.10

Az likvidmagnás (ortomagnás) érctelepek kialakulását meghatározó folyamatok:

- Frakcionációs kristályosodás és gravitációs szegregáció
- Oxid és szulfid szegregáció (szételegedés)
- Sziderofil elemek (pl. platinafémek) dúsulása a szulfidos szegregátumokba és likvidmagnás szulfidércek hidrotermás/metaszomatikus remobilizációja
- Köpeny metszomatózis: alkáli magmák inkompatibilis litofil elemekben való dúsulása

Az likvidmagnás (ortomagnás) érctelepek jelentősége a világtermelésben

- ~ 55% -t adják a Ni bányászatának (a többi nikkeltartalmú lateritkehez kötődik)
- ~ 99% -t adják a platinafémek bányászatának
- ~ 100% -t adják a Cr bányászatának
- ~ 100% -t adják a gyémánt bányászatának
- ~ jelentős Ti-V-Fe bányászat
- ~ jelentős Cu, Sn, W, Nb, Ta, U, Th, P, F, Y, stb termelés
- ~ jelentős ~RFF tartalékok

BBTE,
Geológia, 3. év
Érteletan – III. 2012.03.10

A likvidmagmás ércképződés általános jellemzése:

Az ultrabázisos és bázisos kőzetek képződése során a likvidmagmás szegregáció **sziderofil és kalkofil** elemeket tartalmazó **oxid- és szulfidásványok** fel-dúsulását eredményezheti. Az érctelep kialakulásá-ban döntő tényező, hogy a kristályosodás körülmé-nyei lehetővé teszik azt, hogy a szegregálódó **Fe-, Ti-, Cr-oxid, illetve Fe-, Ni- és Cu-szulfid ásványok** gravitációs úton a magma egy részében feldúsulja-nak. Az említett elemeken kívül **a vanádium, a kobalt és a platinafémek** is oly mértékben koncentrálódhat-nak a likvidmagmás ércben, hogy kinyerésük mellék-termékként gazdaságos.

A likvidmagmás ércesedési folyamatok - a komatiites lávafolyásokhoz kapcsolódó telepek kivételével - többnyire **mélyégi kőzetképződéshez kötődnek**. Ezért rendszerint **csak jelentősen lepusztult, idősebb területeken, vagy kollíziós zónák kiemelt helyzetű kőzetegységeiben** számíthatunk a likvidmagmás eredetű ércesedések felszínközeli (gazdaságosan kitermelhető) előfordulásaira.

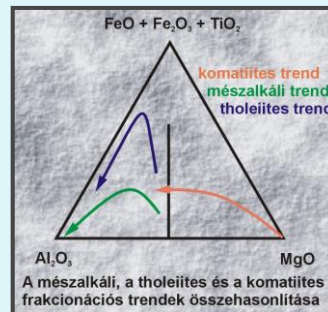
A legjelentősebb likvidmagmás-szegregációs ércesedések

tholeiites, tholeiites-mészalkáli réteges komplexumokhoz, platóbazaltok intrúzióihoz;

ofiolitos sorozatokhoz;

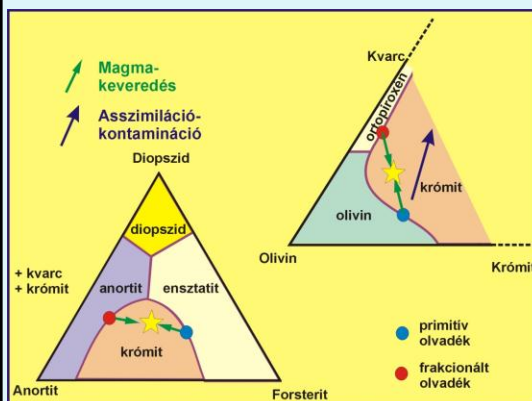
komatiites lávafolyásokhoz

kötődnek



BBTE,
Geológia, 3. év
Ércteleptan – III. 2012.03.10

Frakcionációs kristályosodás és gravitációs szegregáció – krómércesedések: az Irvine-modell (1977)



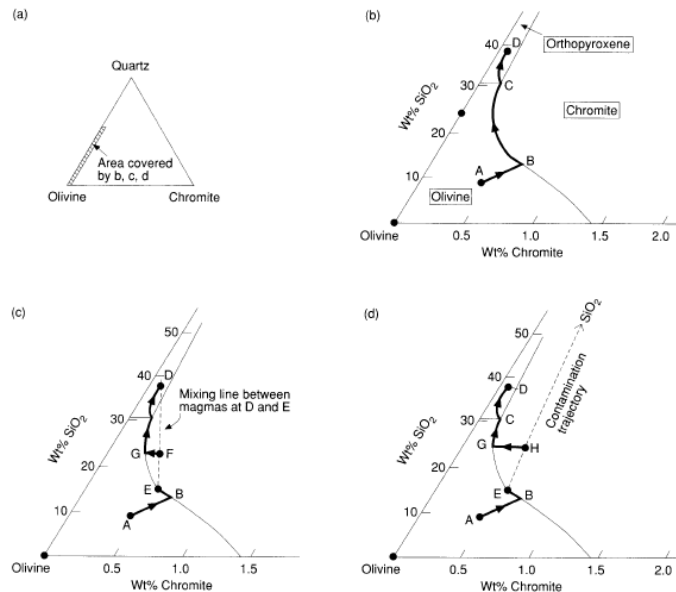
Az ábrák a krómit stabilitási mezőit szemléltetik különböző szilikátásványok mellett az olvadék kristályosodása során. A szilikátolvadék kristályosodása során a krómit a korai kiválású szilikátokkal együtt képződik. Nagy fajsúlya következtében az olvadék alsóbb régióiban koncentrálódik. Telepméretű feldúsulásához azonban az egyszerű gravitációs elkülönülésen kívül szükséges az is, hogy az olvadék kristályosodási körülményeiben olyan változások álljanak be, melyek a krómit tömeges szegregációját eredményezi. A krómit olivinnel, vagy más szilikáttal együtt történő kotektikus kiválása eitolódhat a krómit monomineralikus kiválása felé, ha **a primitív olvadék egy frakcionált (nagyobb SiO₂-tartalmú) olvadékkal keveredik, vagy ha az olvadék nagyobb SiO₂-tartalmú kőzetet asszimilál.**

BBTE,
Geológia, 3. év
Ércteleptan – III. 2012.03.10

Frakcionációs kristályosodás és gravitációs szegregáció – krómércesedések: az Irvine-modell (1977)

• magma kristályosodás és frakcionáció

- magma keveredés
- magma kontamináció



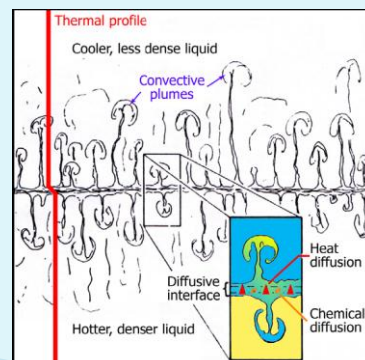
BBTE,
Geológia, 3. év
Értelettan – III. 2012.03.10

A likvidmagnás krómércesedések általános jellemzői (I)

A likvidmagnás krómércesedéseknek az ércetest megjelenési és képződési viszonyainak megfelelően két típusát különböztetjük meg:

I. a **sztratiform krómércesedések** kontinentális táblás területek réteges intrúzióiban a rétegességgel konform módon jelennek meg.

II. a **podiform (un. "Alpi típusú") krómércesedések** orogén zónák rendszerint tektonizált, obdukált ofiolitos sorozataiban lencse-, zsák-, vagy fészkek alakú, jórészt diszkonform testeket alkotnak



BBTE,
Geológia, 3. év
Értelettan – III. 2012.03.10

A likvidmagnás krómércesedések általános jellemzői (II)

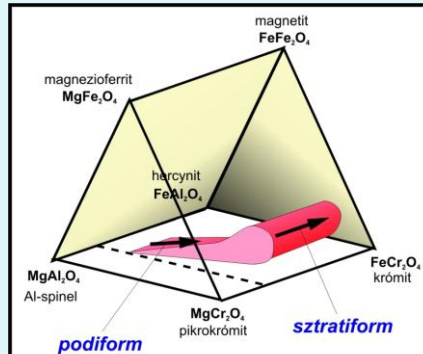
A krómtercközet, a krómítit uralkodóan a spinell-félék közé tartozó krómítból és olivinból áll, de egyéb spinellt és piroxént is tartalmazhat. A podiform krómítit krómít-ja rendszerint magnéziumban és alumíniumban gazdagabb, míg vasban szegényebb a sztratiform krómítithez képest. A kohászat korrózióálló acél gyártására a nagy Cr/Fe arányú (>2,2-4,0) ércet használja. A kis Cr/Fe arányú ércet a vegy-, textil- és faipar alkalmazza. A kis Fe-, és nagy Al-tartalmú dúsított krómítérc kemencebélések, és öntőformák készítésére alkalmas.

A különböző típusú krómércek átlagos összetétele egy-mástól különbözik, tehát az érc felhasználhatóságát a képződési körülmények nagymértékben befolyásolják.

Az érc típusok minőségi-mennyiségi jellemzői

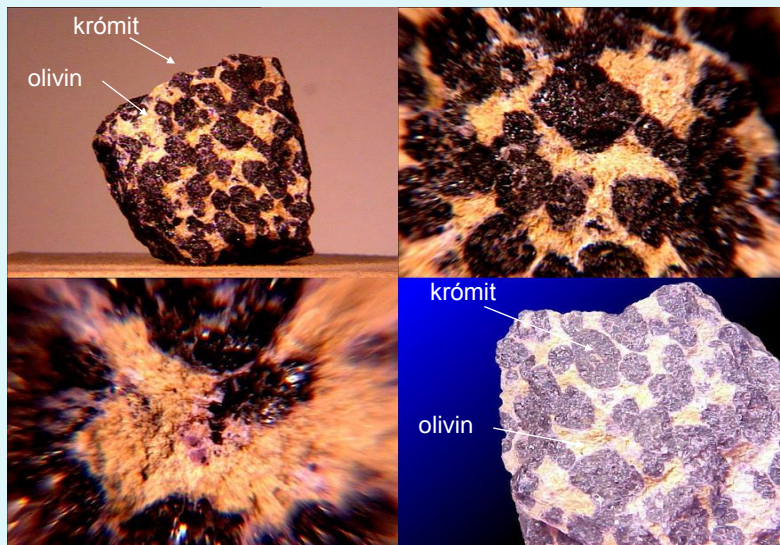
	Előfordulás	Minőség	Cr/Fe	Készlet (10^6 T)
sztrati- form	Bushveld	46-47.6	1.6	7260
	Great Dyke	43.4-51.4	2.8	560
	Stillwater	22.5	1.6	4 (Mouat)
podi- form	Törökország *	38-62	2.6-3.7	61
	Albánia *	42-50	3	21.5

Cr₂O₃ %



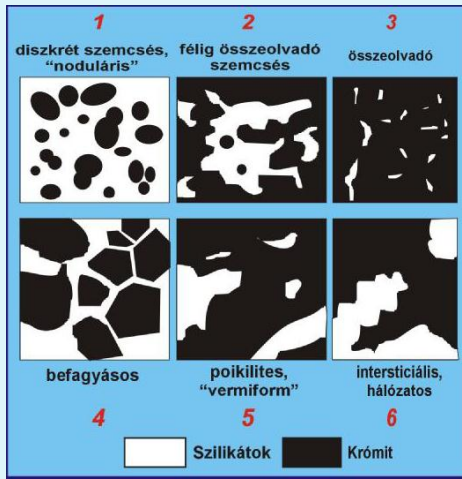
BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

A krómérc jellemző megjelenési sajátosságai: „leopardérc”



BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

A sztratiform krómércesedések általános jellemzői



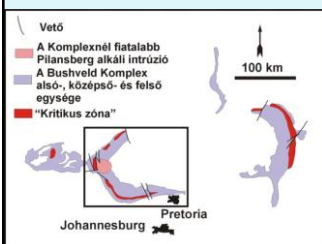
A sztratiform krómércesedések kontinentális táblás területek (kratonok, pajzsok) extenziós zónáiban megjelenő réteges intrúziókban fordulnak elő. Az intrúziók átlagos összetétele gabbroidális, de a krómérc általában az olivinés piroxén-gazdag ultrabázisos differenciátumokban konkordánsan települ.

A rétegszerű, slíres, pados ércetek csekély vastagságúak (max. 1-2 méter), de rendszerint nagy csapásirányú kiterjedéssel (akár 100 kmes nagyságrend!) bírnak.

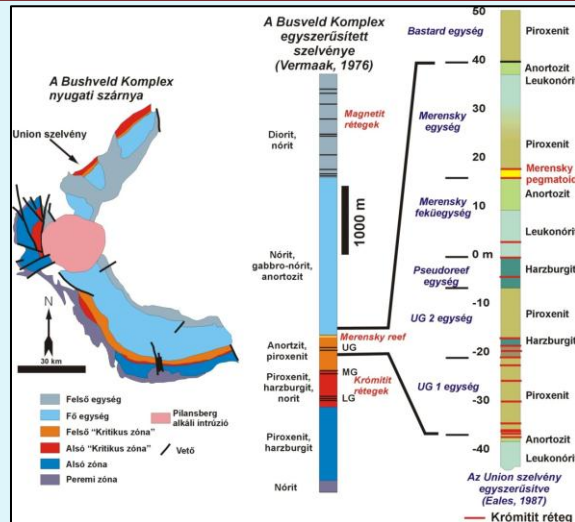
A legjelentősebb sztratiform krómércesedés a dél-afrikai Bushveld Komplexumhoz kötődik. Az érc típus további jelentős előfordulásai a zimbabwei Great Dykehoz kötődően és az U.S.A.-ban található Stillwater Komplexben ismertek (lásd gyakorlat).

BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

A Bushveld Magmás Komplexum sztratiform króm-ércesedése



A **2 milliárd éves dél-afrikai Bushveld Komplexum** egy, az archaikumi üledékes-vulkáni Transvaal sorozatra települő **lopolit**. A réteges intrúzió felszíni területe **67 400 km²**, **vastagsága több, mint 7 km**.



A nórítos összetételű peremi (legalsó) zóna az intrúzió kontaminált egységét képviseli. Az alsó zóna és a "Kritikus zóna" differenciált ultrabázisos sorozat. A több tucat, cm-es, m-es vastagságú, és 100 km-es csapásban követhető krómít réteg a "Kritikus zóna" LG, MG és UG egységeiben csoportosul. A „Merensky reef” platinafém-tartalmú, míg a felső egység közeteiben magnetit rétegek fordulnak elő.

BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

A Bushveld Magmás Komplexum sztratiform króm-ércesedése

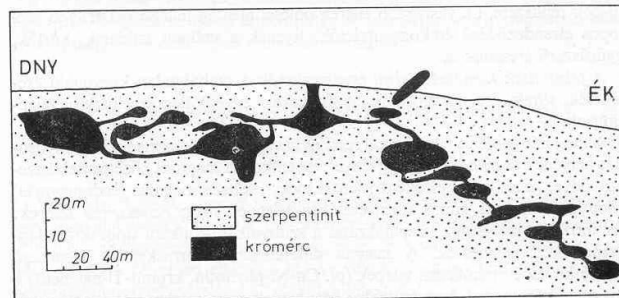


BBTE,
Geológia, 3. év
Ércleleptan – III. 2012.03.10

Podiform (Alpi-típusú) krómittlepek előfordulásai

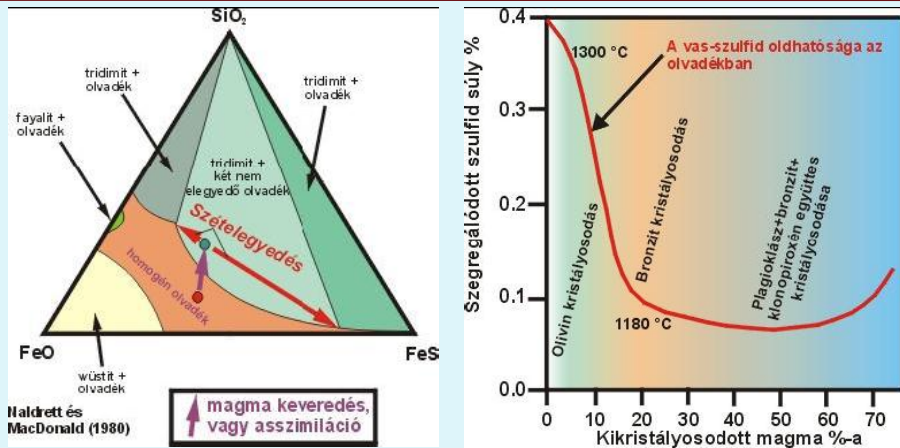
A podiform krómércesedések jellemzően kontinensperemek konvergens zónáiban előforduló obdukált ofiolitos sorozatokban, illetve kontinensperemi régiókba nyomult ultramafikus-mafikus intrúziókban jelennek meg. Az ércetek az ultramafikus egységek harzburgitos-dunites (ofiolit-sorozatok esetében ezek a köpeny és a kéreg határán előforduló kumulát egységek) gyökérszónáiban települnek. A befogadó kőzetek általában szerpentinisedettek.

Az ércetek szabálytalan alakúak, méretük általában néhány 10 m x néhány 100 m. Az ércetek a tektonizáltság miatt gyakran szétszabdaltak, deformáltak, a befogadó kőzethez képest rendszerint diszkordánsak, de konkordáns település is előfordul. Jellemző a tömeges-szemcsés szövet, 1-10 mm-es krómszemcsékkel. A legkevésbé deformált telepekben általános a noduláris ("leopárdérc"), vagy "hálózatos" szövet is. Az erőteljesen deformált telepekben orbikuláris, tömeges, vagy antinoduláris szövet jellemző, a krómszemcsék intenzív repedeztségével.



BBTE,
Geológia, 3. év
Ércleleptan – III. 2012.03.10

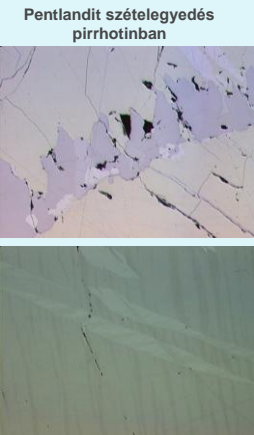
Likvidmagma szulfidércesedések keletkezése



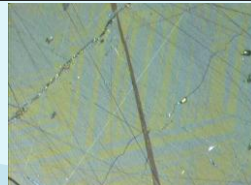
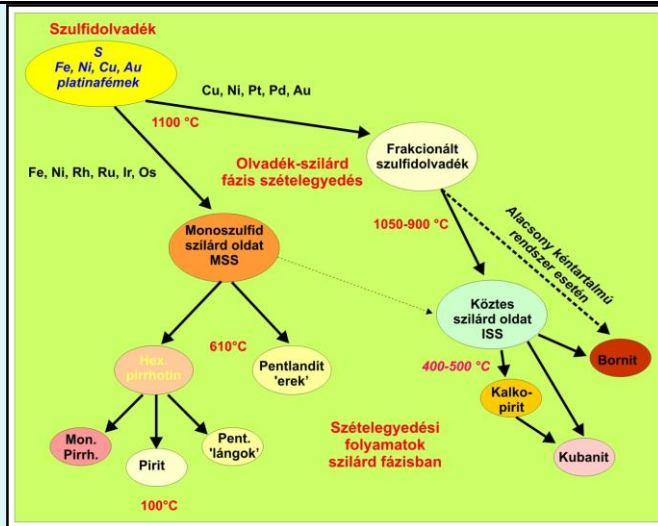
Keletkezés: bázisos-ultrabázisos magmából olvadékként elkülönülő szulfidos fázis megszilárdulásával. A fő ércásványok szulfidok: pentlandit, kalkopirit, pirrhotin. A szulfidásványok a közetalkotó ásványok kikristályosodása után szilárdulnak meg, mivel olvadáspontjuk alacsonyabb, mint a közetalkotó ásványoké. Az ércesedés mélységi és vulkáni környezetben is megjelenhet.

BBTE,
Geológia, 3. év
Érteletan – III. 2012.03.10

A szulfidolvadék kristályosodása



Monoklin pirrhotin hexagonális pirrhotinban



Kubanit szételegedés kalkopiritben

BBTE,
Geológia, 3. év
Érteletan – III. 2012.03.10

Likvidmagnás Cu-Ni szulfidércesedések: telepformák és jellemzők

A jelentős ércesedéseket befogadó bázisos-ultrabázisos kőzettestek típusai (Naldrett, 1981):

Inter-kratonikus vulkanizmus
(leszámítva a kratonikus intrúziókhoz kötődőket)

1. Komatiites sorozatok

- komatiites lávafolyások
- dunites-peridotites intrúziók (Yilgarn kraton, Ausztrália)

2. Tholeiites sorozatok

- pikrites színvulkanikus réteges intrúziók
- Pecsenge, Oroszország

Kratonok intrúziói

- platóbazaltokhoz kötődő intrúziók
Norilsk-Talnakh, Oroszorsz.
- Réteges komplexumok (ismétlődő, vagy egyszerű rétegződéssel)
Sudbury, Kanada,
Duluth, U.S.A.

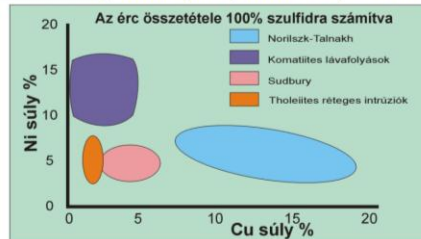
Szinorogén magmatizmus

- szinorogén tholeiites intrúziók
- Norvégia

Jellemző ércsványok:
pirrhotin
pentlandit, millerit
kalkopirit, kubanit, bornit

Jellemző érc koncentrációk:

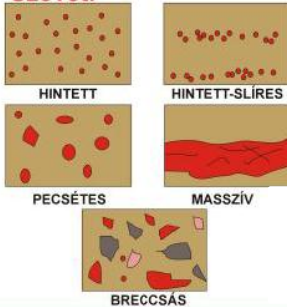
Befogadó kőzettest	Ni%	Cu%
Komatiites sorozatok	2.0 - 3.0	0.1 - 0.2
Tholeiites intrúziók	0.5 - 1.5	0.2 - 1.2
Platóbazaltok intrúziói	0.3 - 1.0	0.4 - 2.0
Réteges komplexumok	0.2 - 1.5	0.1 - 1.2



BBTE,
Geológia, 3. év
Ércleleptan – III. 2012.03.10

Likvidmagnás Cu-Ni szulfidércesedések: telepformák és jellemzők

Szövet:

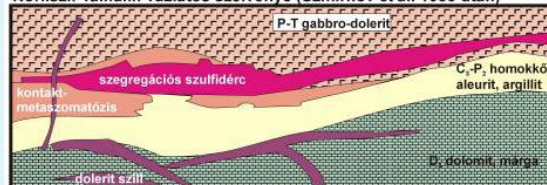


Telepforma:

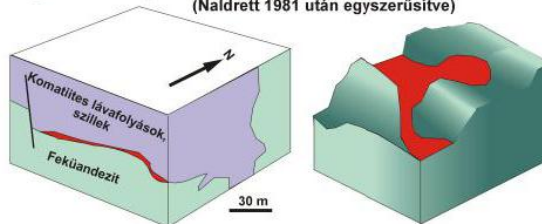
Intrúziók, lávafolyások fekétkontaktusán szabálytalan alakú, 1-10 méteres nagyságrendi vastagságú, a kontaktussal párhuzamosan akár több száz méteres csapásban követhető konform testek.

A fekébe beható, vagy a kontaktuson húzódo telér-szerű, gyakran breccsás diszkonform testek, melyek néhány méter vastagok, de csapásirányban jelentős hosszúságúak lehetnek.

Norilsk-Talnakh vázlatos szelvénye (Szmirnov et al. 1983 után)



Langmuir 2 érctelep, Timmins közelében, Kanada (Naldrett 1981 után egyszerűsítve)



Jellemzők: az érc az anyakőzetben elkülönült fészkeket, lencsákat vagy szill-jellegű formákat képez

Befogadó kőzet:

- Kumulát peridotit
- Spinifexes, komatiites láva
- Granófiros gabbro, nórit

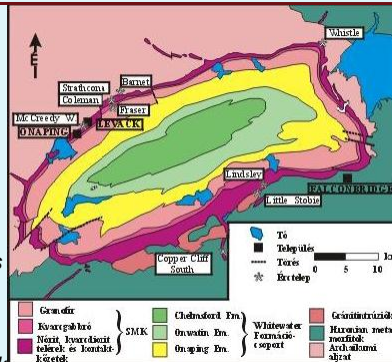
BBTE,
Geológia, 3. év
Ércleleptan – III. 2012.03.10

Likvidmagmás Cu-Ni szulfidércesedések: példák

Sudbury (Ontario, Kanada)

A világ nikkelt-termelésének közel 2/3-át adja. Az érc egy proterozoikumi riftesedéshez kötött bázisos intrúzió differenciálódásával keletkezett. Kialakulásában egy 1,7 milliárd évvel ezelőtti hatalmas meteorit becsapódás is szerepet játszhatott, aminek köszönhetően jött létre a telep tálszerű formája (lásd fent jobbra). A "tál" több km mélységig lenyúlik. Fémkoncentráció: 4% Ni, 2% Cu, kevesebb Co, Fe, Pt.

- Meteorit krátert kitöltő több kilométer vastag magmás képződmény
- 1.85 milliárd éves becsapódási esemény
- A Föld egyik legnagyobb meteorit krátere
- Magmás folyamatokhoz kötődő Fe-Cu-Ni szulfidércesek típusterülete
- A Ni, Pt, és Pd termelés egyik világszerte meghatározója
- A bányászat és kapcsolódó iparágak 80 000 ember megélhetését biztosítják



Norilszk (ÉNy-Szibéria)

A volt Szovjetunió legnagyobb Cu-Ni telepe. 12 x 0,3 km átmérőjű, triász korú gabbró intrúzió differenciálódásával keletkezett. A riftesedést nemcsak intrúzió, hanem nagy mennyiségű trappbazalt képződése is kísérte.

BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

Platinafém-telepek: sziderofil elemek dúsulása a szulfidos szegregátumokban

Mafikus-ultramafikus intrúziók platinafém készletei és koncentrációi (Macdonald, 1987; PTE = a platinacsoport elemei)

	Bushveld			Stillwater	Sudbury	Norilszk
	Merensky	UG2	Platreef	J-M szint		
Készlet mill. T.	2160	3700	1700	49	310	1640
Konc. PTE+Au g/t	8.1	8.71	7.27	22.3	0.9	3.8
	Pegmatoid			Likvidmagmás szulfid		

- Könnyenillók szerepe platinafém pegmatoidok kialakulásában
- Metaszomatikus platinafém dúsulások
- Hidrotermális platinafém dúsulások: likvidmagmás szulfidércesek remobilizációja

BBTE,
Geológia, 3. év
Érclelektan – III. 2012.03.10

Alkáli magmatizmus ércképző szerepe

Kőzetkörnyezet:

szenit-piroxenit-ijolit-karbonatit komplexumok
alkáli bazaltok
alkáli gránit-szenit-gabbró komplexumok

Lemeztektonikai helyzet:

Intrakontinentális "hot spot",
riftesedés korai állapota

Ércképző elemek:

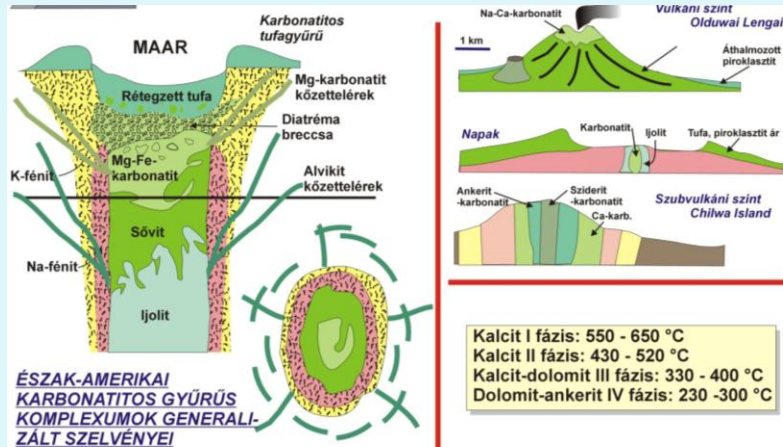
P, Zr, Ti, REE, Nb, Ta, U, Th, Sn,
W, Sr, Ba, K, C

Befogadó kőzetek jellemző átalakulása:

Fénitesedés - deszilifikáció és alkáli metasomatózis
Káliciföldpát, albit, nefelin, egirin, alkáli-amfibol, apatit

BBTE,
Geológia, 3. év
Ércleleptan – III. 2012.03.10

Alkáli magmatizmus ércképző szerepe



Keltekzés: A karbonatit magmavadékból elsőként kivált karbonátásványokból áll, melyekhez ritkaföldfémeket tartalmazó ásványok járulnak. Ultrabázisos és alkáli kőzetekkel társul, riftesedő övezetekben jelenik meg. A P és az Al az alkáli kőzetek, a Fe és Cu az ultrabázisos kőzetek kísérője.

Jellemzők: Az ércásványok részben a karbonatitban hintetten, részben üregeket kitöltve, durvakristályos fészkekben (pegmatoid) fordulnak elő. A P apatitként, az Al nefelinként, a Fe magnetitként, a Cu kalkopiritként van jelen, a többi jellemző elem ritka ásványokat képez.

Karbonatitos alkáli komplexumok ásványi nyersanyagai

Nb, Ta, U, Zr, Sr:

Kalcitos és dolomitos szubvulkáni-plutoni karbonatitok
 $Nb_2O_3=1-3\%$, $Ta:Nb = 1:2 - 1:10$
 Piroklór, apatit, magnetit, forsterit, baddeleit

Ce, REE, Ba, Sr, Mo, Pb, Zn, Cu, F

Ankerites szubvulkáni karbonatitok
 $Nb_2O_3 < 1\%$, $REE = 0.1 - 1.0 \%$
 Bastnasit, parisit, synchisit, Ce-karbonátok,
 szulfidok, fluorit

P, Ti, Fe (Nb, Ta)

Jacupirangitos-ijolitos plutoni karbonatitok
 $15-25 \%$ P_2O_5 , $50-70 \%$ Fe
 Apatit, magnetit, perovszkit, flogopit, vermikulit

Palabora, Dél-Afrika

2.1 Ga
 Fe, Ti, U, Hf, Zr, Cu, P

1 km

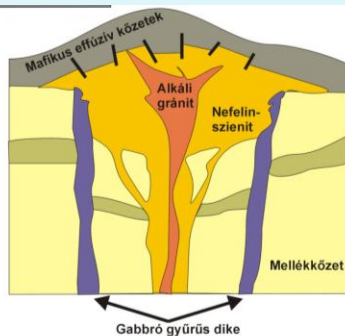
É



- Karbonatit
- Piroxén-pegmatoid
- Foskorit
- Flogopitos piroxenit
- Földpátos piroxenit

BBTE,
 Geológia, 3. év
 Érteletan – III. 2012.03.10

Alkáli gránit-szenit-gabbró gyűrűs komplexumok



Ércképző elemek:

Sn (W, Mo), Nb, Ta, U, Th, Fe, Ti,
 La, Ce, Y, Zr, P, F

Ércesedési formák:

pegmatitos, hintett-eres, réteges, teléres

Ércsványok:

kassziterit,
 piroklór, kolumbit, monacit, xenotim, cirkon
 bastnasit, thórit
 kriolit, fluorit
 magnetit, ilmenit

Ércesedési folyamat:

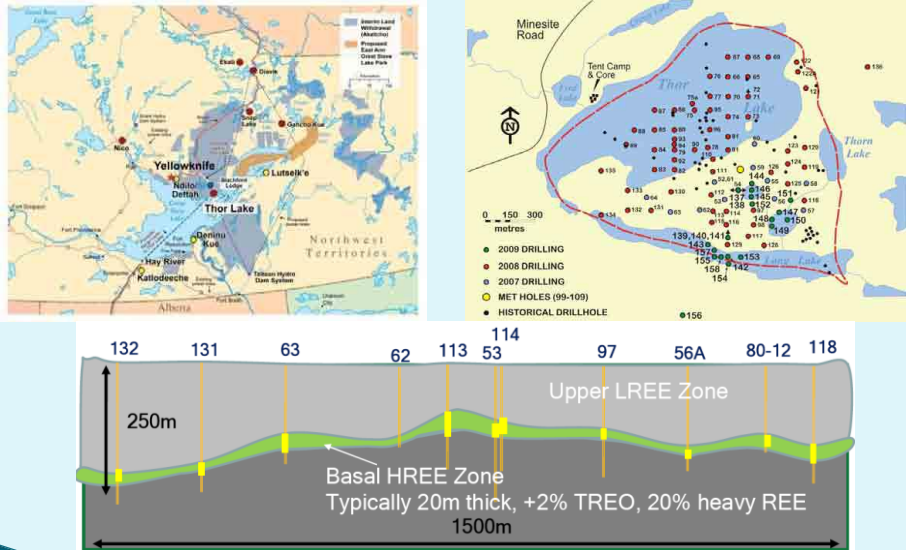
500-700 °C, Na-K-Ca-kloridos magmás
 fluidumok, 15 súly% körüli sókoncentráció



BBTE,
 Geológia, 3. év
 Érteletan – III. 2012.03.10

Ditrói Alkáli Masszívum!!!

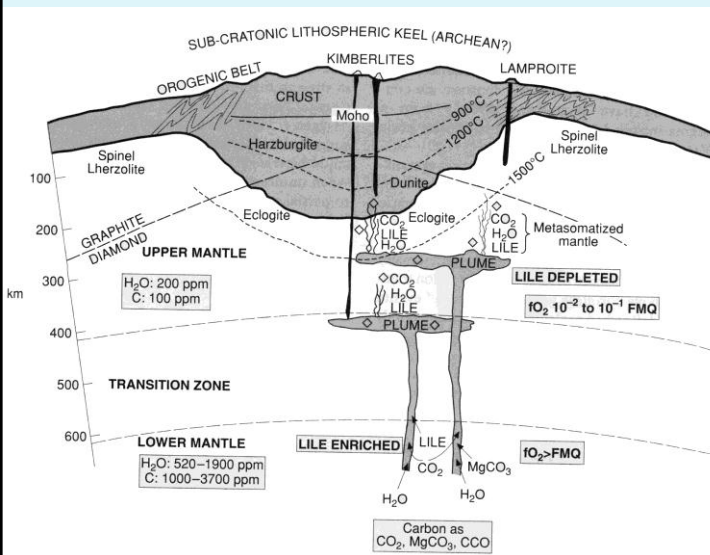
Thor Lake alkáli komplexum (Avalon Rare Metals Inc.)



BBTE,
Geológia, 3. év
Érteleptan – III. 2012.03.10

- Fő ércásványok: fergusonit, cirkon, bastnasit
- Avalon Rare Metals Inc. készlet: 64.2Mt@1.96% TRFF (1.25Mt inferred), Nd: 231,000t, Dy: 25,615t

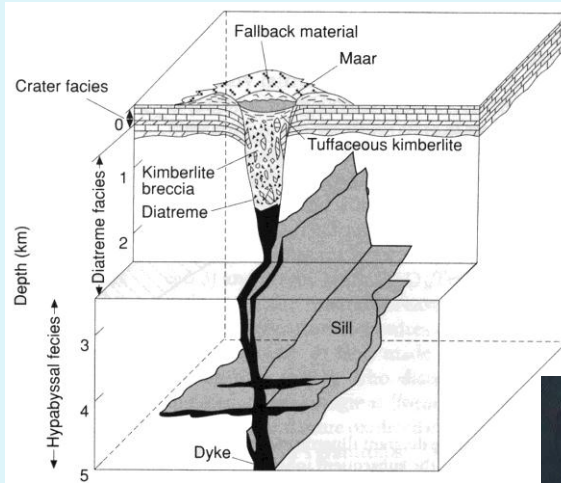
A gyémánttelepek és a történet amelyet hordoznak (Haggerty, 1999)



- Nagy nyomás: 150 km mélyen
- Magas hőmérsékleten: <1200°C
- 2,5 Md évnél öregebb, vastag kratonok alatti viszonylagos „hidegben”, gyémántablakban
- 1000-3300 Ma
- Kőzetek: gránát-biotit gneisz (Kazahsztán), peridotitok, eklogit

BBTE,
Geológia, 3. év
Érteleptan – III. 2012.03.10

Kimberlitek: „a gyémánt- szállítók”



- Könnyenillókban és káliumban gazdag, ultramafikus vulkáni kőzet

- Feno- és xenokristályok finomszemcsés alanyagban

Összetétel: olivin, flogopit, kalcit, szerpentin, monticellit, diopszid, apatit, perovszkit, ilmenit, felsőköpenyzárványok



BBTE,
Geológia, 3. év
Érteletan – III. 2012.03.10