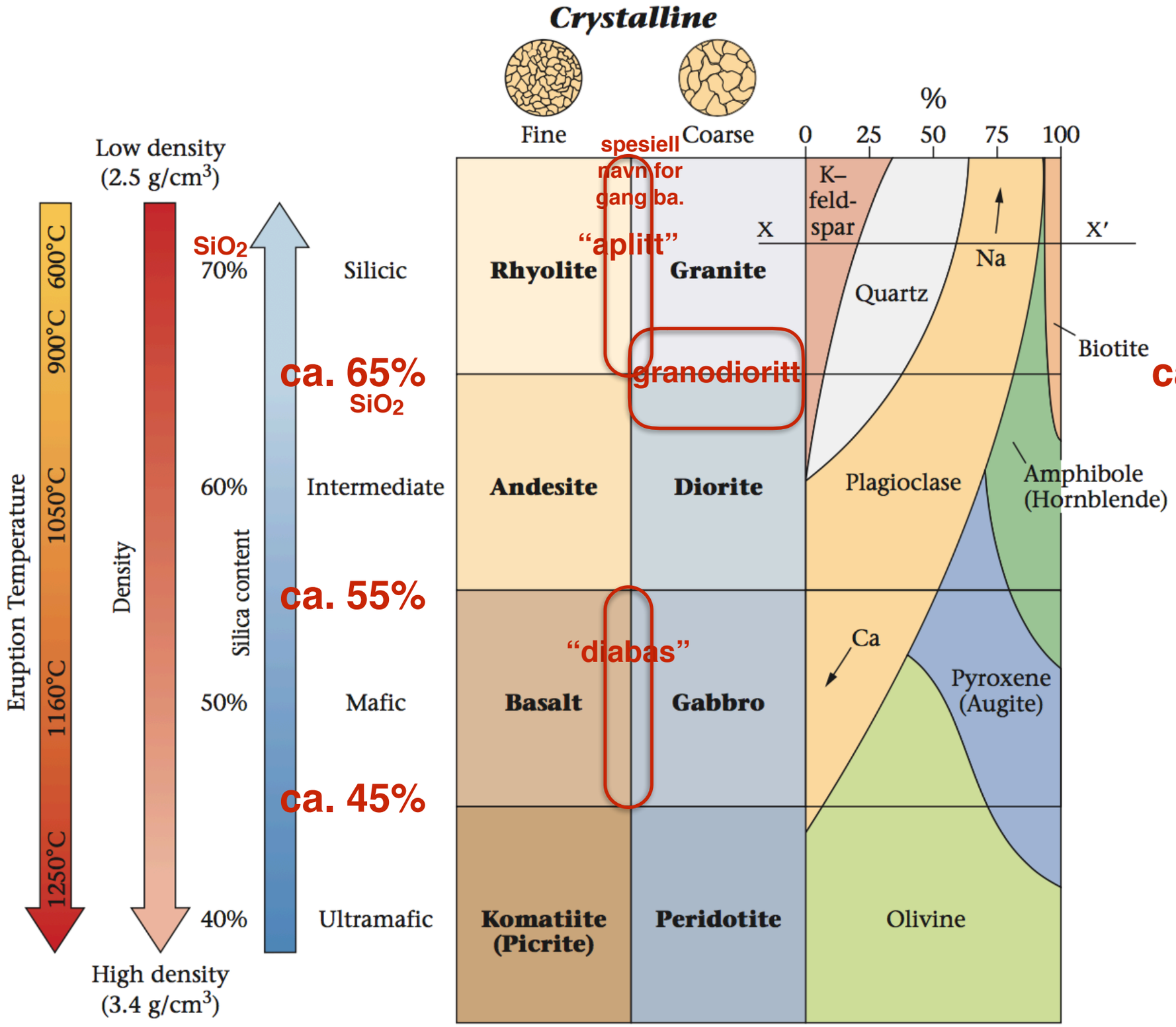
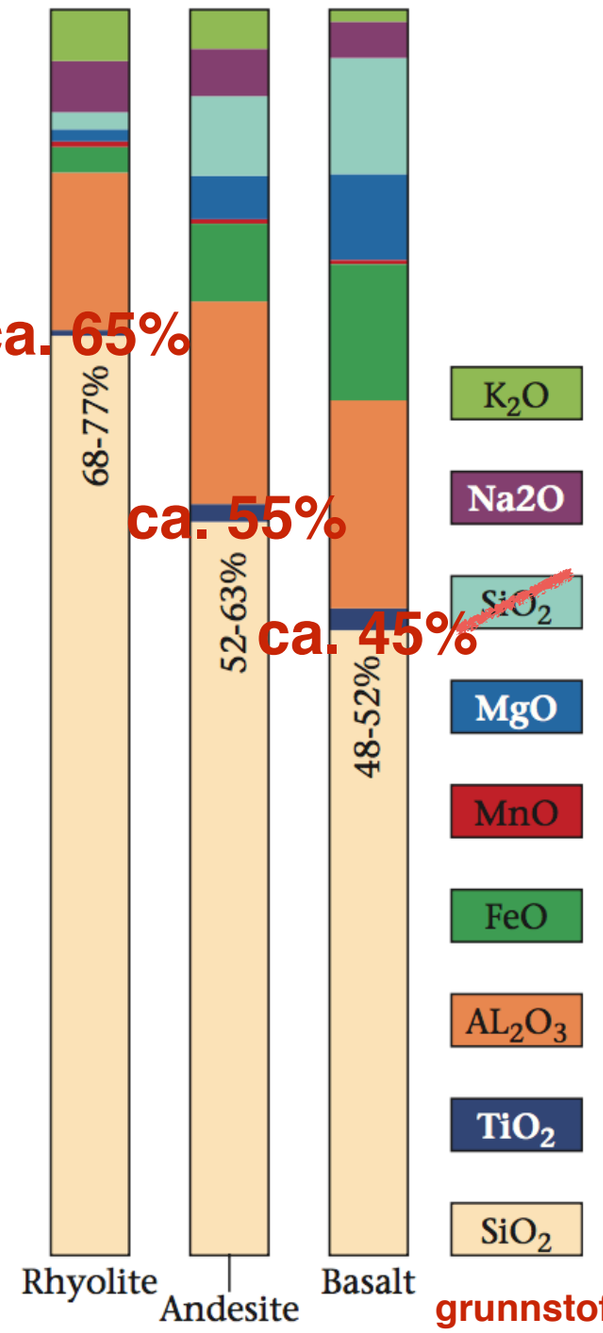


Disse 3 søyler bør roteres 90 grader, med rhyolitt over andesitt over basalt



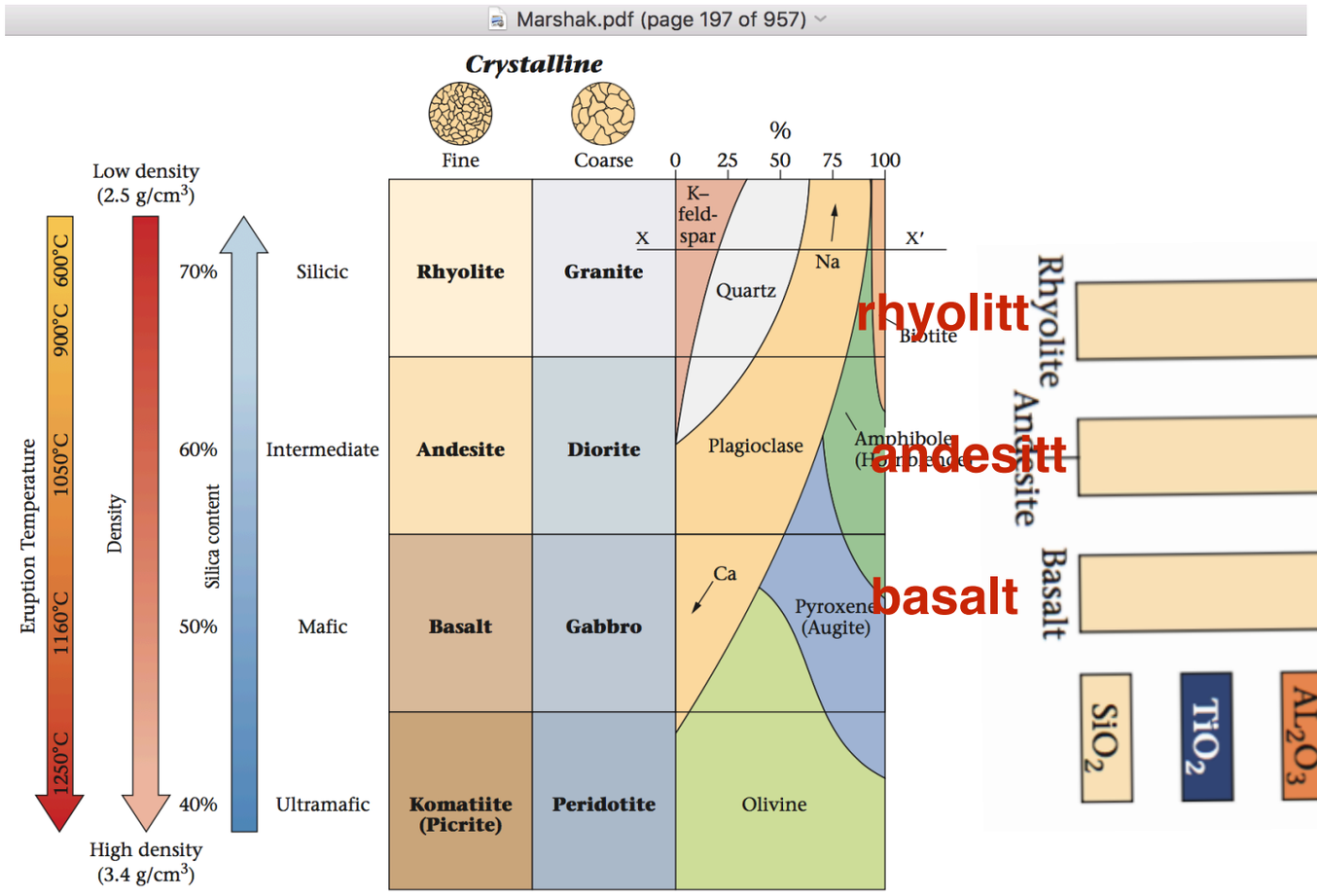
CaO

(Granodiorit er mer vanlig enn Dioritt)

(Diabas kan se ut som finkornet abbro eller som basalt)
(Aplitt ser ut som rhyolitt)

grunnstoffer skrives i form av *oksider*, (derfor vi snakker om "SiO_2" i stedet for "Si")

Disse 3 søyler skulle roteres 90 grader, med rhyolitt over andesitt over basalt

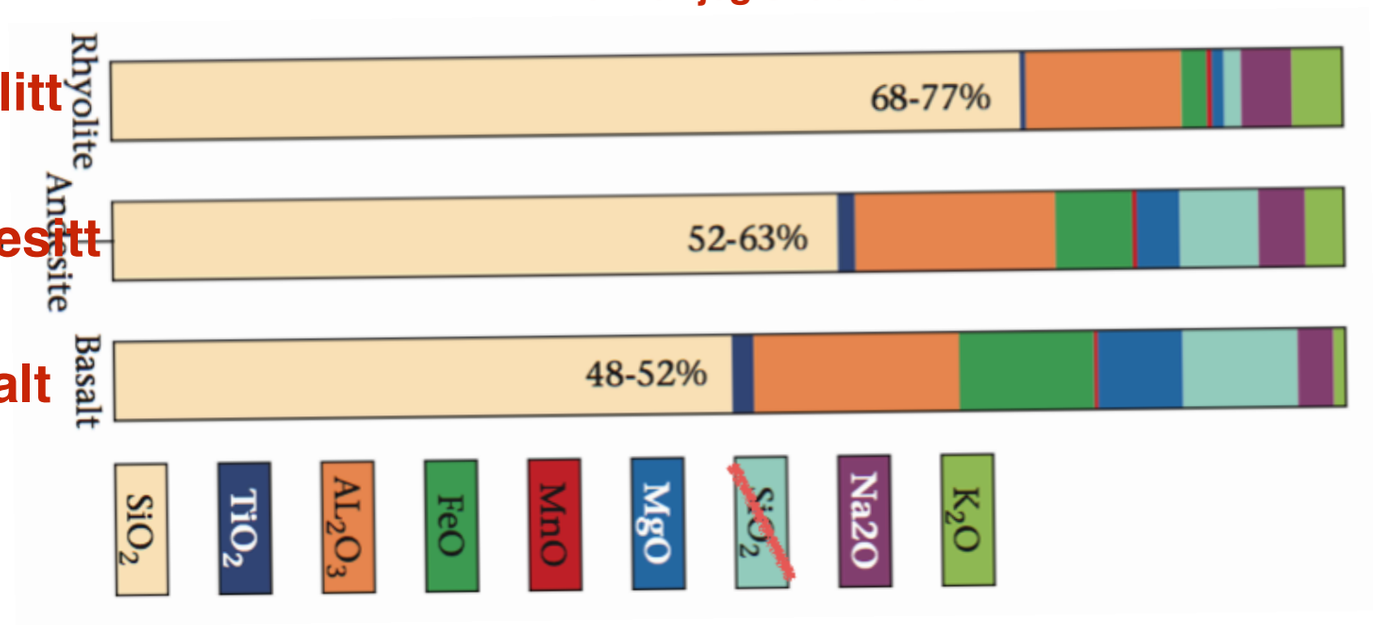


rhyolitt

andesitt

basalt

Her har jeg snudd dem!



Man oppgir prosenter i %SiO_2, ikke i %Si. Dette er tradisjonelt. (Det hadde vært mer logisk i dag å oppgi %Si.)

Også tradisjonelt å skrive: “rhyolittisk magma” i stedet for “granittisk magma” eller “felsisk magma”.
Og “andesittisk” (i stedet for “diorittisk”.) Og “basaltisk” (i stedet for “gabbroisk”.)
Det er fordi med finkornete ba. som rhyolitter, andesitter, og basalter, er man nødt til å ha kjemisk analyser for å bestemme om de er felsiske, intermediære, eller mafiske.

De høye temperature-mineralene er også de SiO_2-fattige mineralene.
Derfor, hvis de utkrystalliserer og blir fjernet, blir rest-magma *rikere* i SiO_2 enn opprinnelige

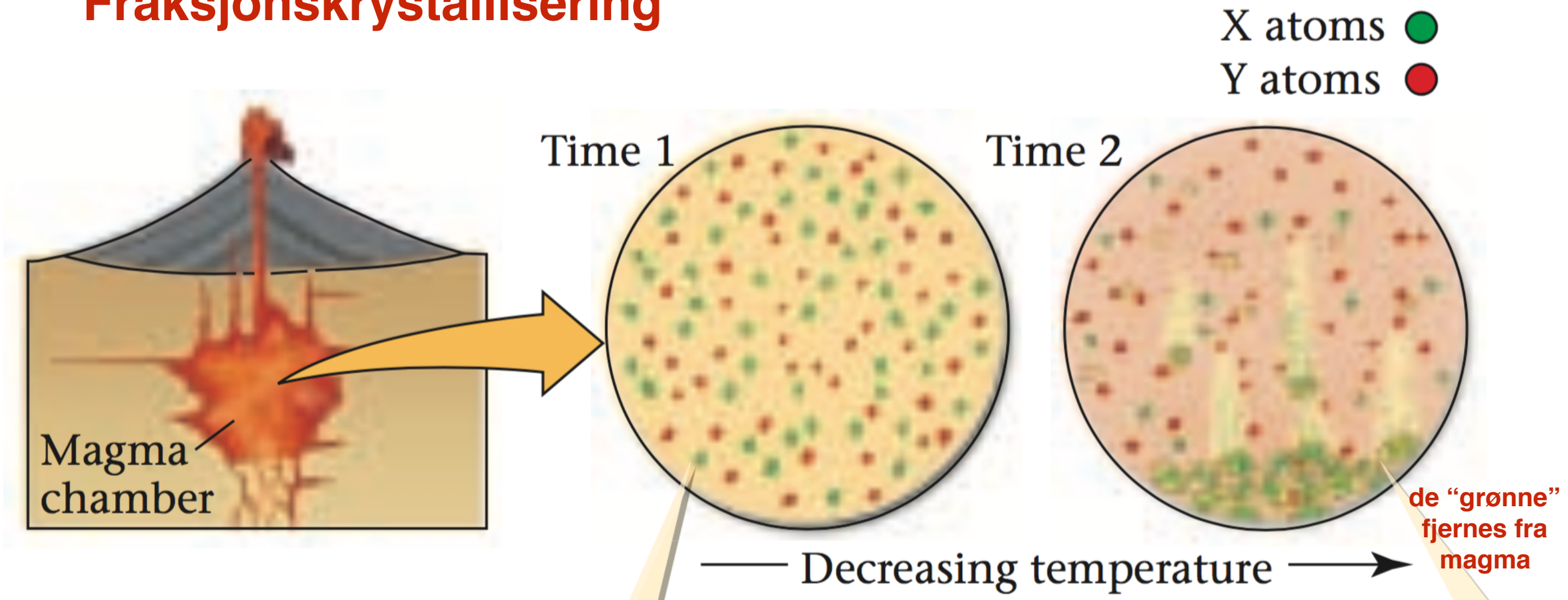
Nelson.pdf (page 32 of 248)

Fractional Crystallization - When magma crystallizes it does so over a range of temperature. Each mineral begins to crystallize at a different temperature, and if these minerals are somehow removed from the liquid, the liquid composition will change. The processes is called magmatic differentiation by Fractional Crystallization.

Fraksjons-krystallisering

Because mafic minerals like olivine and pyroxene crystallize first, the process results in removing Mg, Fe, and Ca, and enriching the liquid in silica. Thus crystal fractionation can change a mafic magma into a felsic magma.

Fraksjonskrystallisering



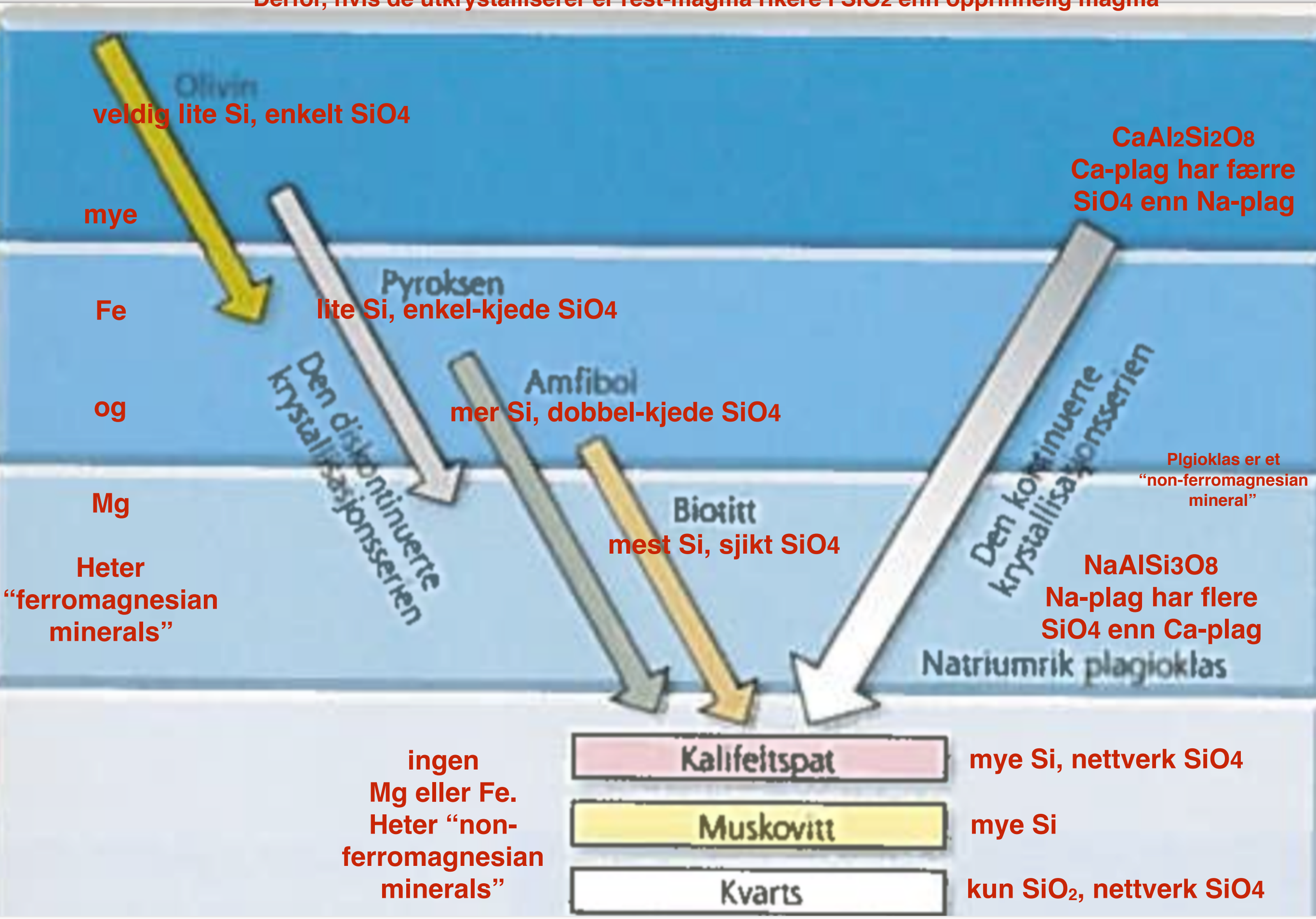
de "grønne" fjernes fra magma

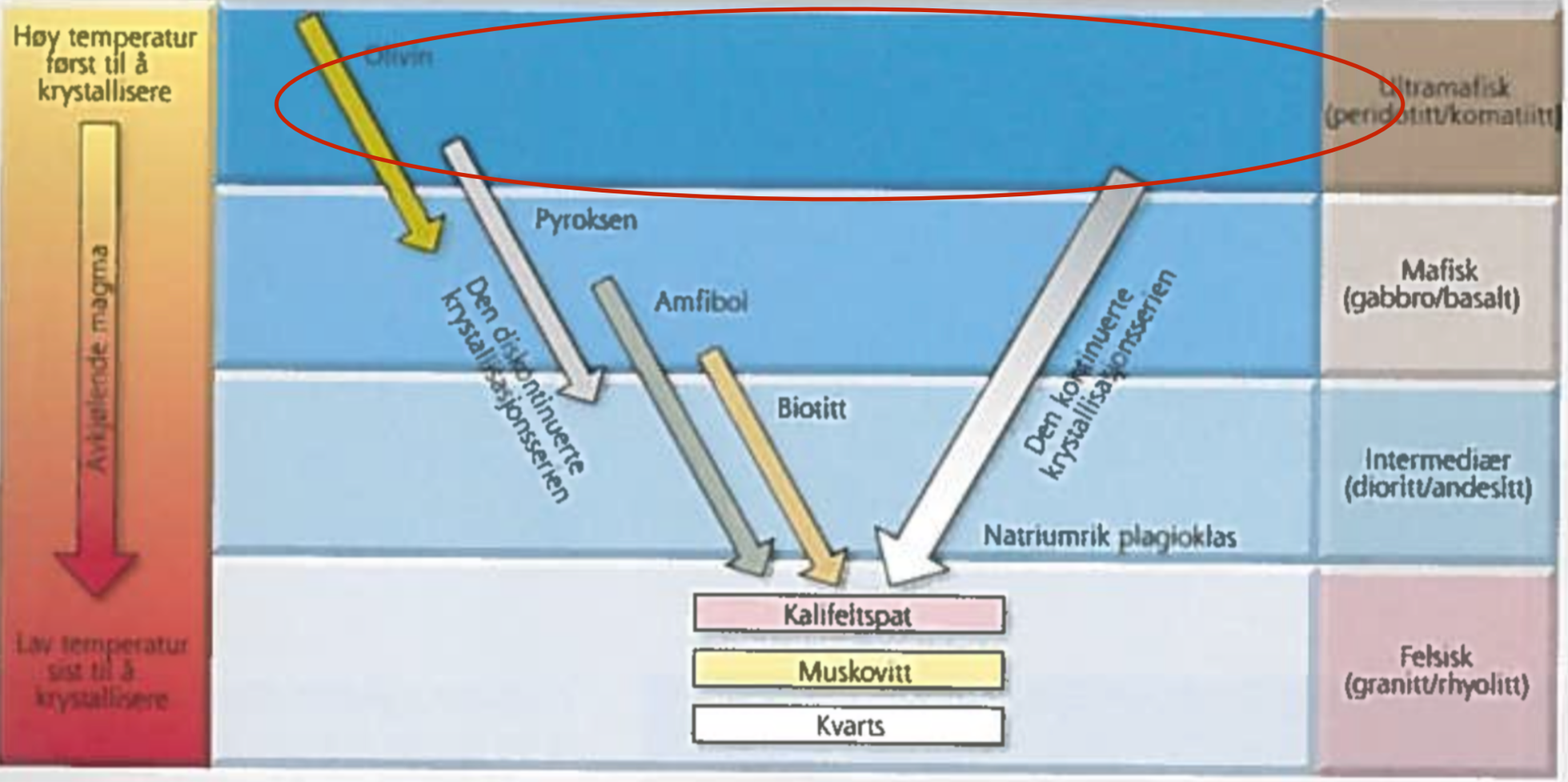
In the original magma, at higher temperature, all atoms are dispersed through the magma. In this example there are equal quantities of X and Y atoms.

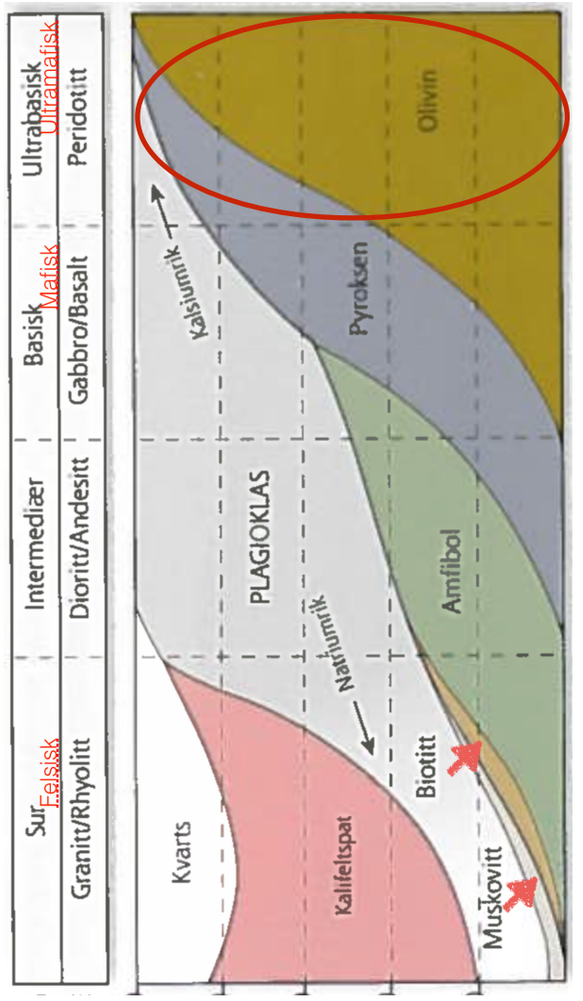
As the magma cools, crystals form and incorporate X atoms. When the crystals settle out due to gravity, they remove X atoms and leave the remaining magma enriched in Y atoms.

de "grønne" atomene er Fe og Mg,
og de nå fjernes i utkrystallisert mineraler.
Så rest-magma blir fattigere i dem. Rikere i Si.

De høye-temperature mineralene er (tilfeldigvis) også de SiO_2-fattige mineralene.
Derfor, hvis de utkrystalliserer er rest-magma rikere i SiO_2 enn opprinnelig magma







Krystallisering av ultramafisk smelte

a: Olivin utkrystalliserer.

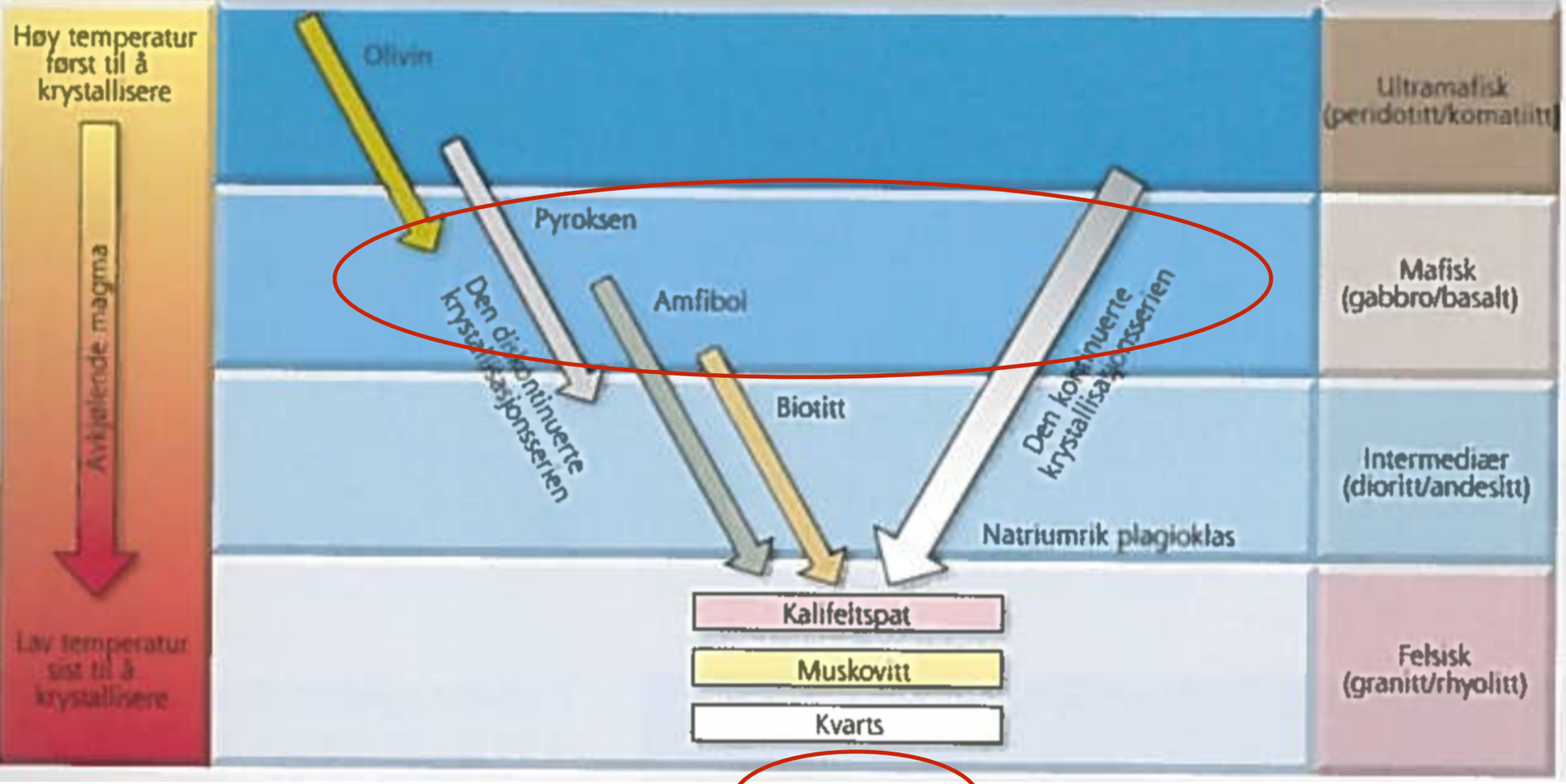
b: Pyroksen og Ca-rik plagioklas utkrystalliserer.

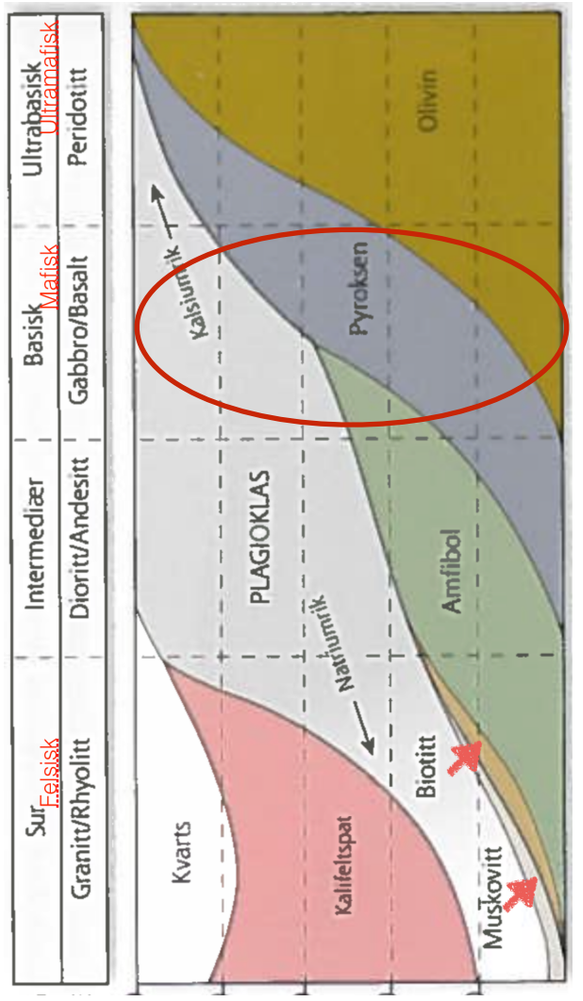
c: Magma er nå brukt opp (alt størknet) uten at andre mineraler dannes.

*Fraksjons*krystallisering av ultramafisk magma

a: Olivin og Ca-rik plagioklas krystalliserer.

b. Fortsatt magma igjen. Denne 'rest magma' er mer SiO_4-rik og stiger opp som *mafisk* magma (ikke lenger ultramafisk).





Krystallisering av mafisk smelte

a: Olivin krystalliserer.

b: Ca-rik plagioklas Pyroksen.

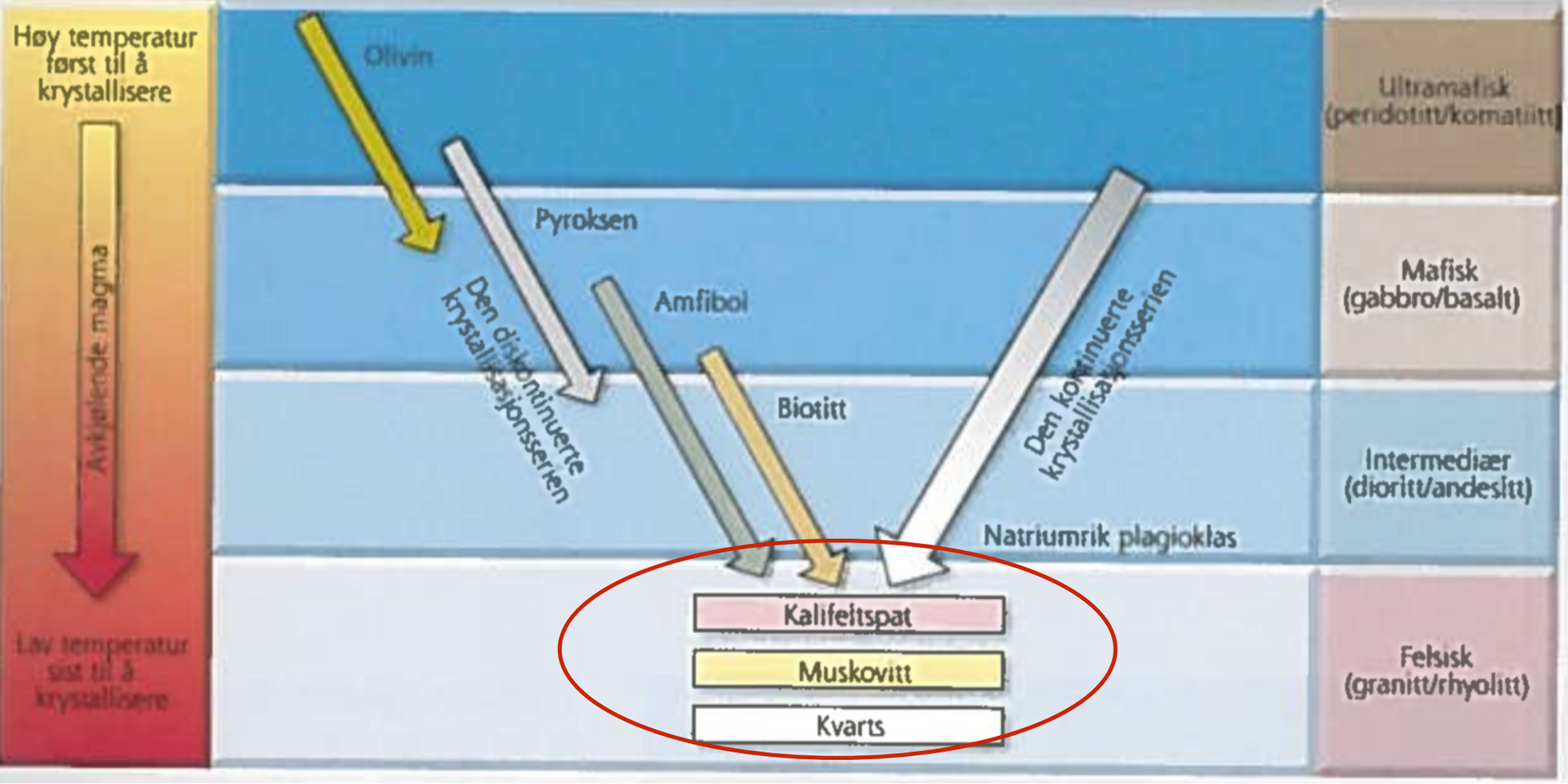
c. Hornblende krystalliserer, mens plagioklas den endrer sin sammensetning ved at noe Na byttes inn for noe Ca.

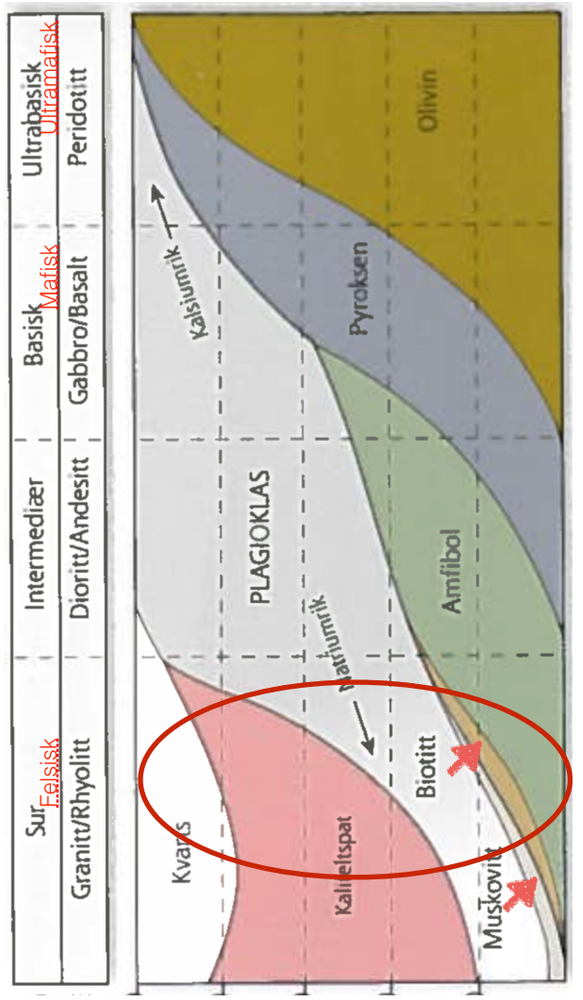
d: Magma er brukt opp (størknet) uten at biotitt eller kalifeltspat dannes.

***Fraksjons*krystallisering av mafisk smelte**

a: Olivin, pyroksen, og Ca-rik plagioklas krystalliserer.

b. Rest magma er nå mer SiO_2-rik og stiger opp som *intermediær* magma.





Krystallisering av felsisk smelte

a: Hornblende og biotitt og Na-rik plagioklas krystalliserer.
b: Kalifeltspat, muskovitt og kvarts krystalliserer.
c: Magma er brukt opp (størknet).

*Fraksjons*krystallisering av felsisk smelte

a: Hornblende og biotitt og Na-rik plagioklas krystalliserer.
b. Rest magma er mer SiO_2-rik og stiger opp som *enda mer felsisk* magma.

A mafic melt starts to cool.

50% SiO_2

Olivine and Ca-rich plagioclase, start to form and start to sink. Remaining melt is enriched in silica.

60% SiO_2

If the residual melt escapes and eventually freezes, it may produce a felsic rock. 70% SiO_2

Decreasing temperature

Time

70% SiO_2

Fraksjonskrystallisering

"kummulat" av tidlige mineraler

Pyroxene starts to form too, and plagioclase contains more Na. Eventually, no more olivine forms. The remaining melt gets progressively richer in silica.

Partiell smelting er omvendt av Fraksjonskrystallisering

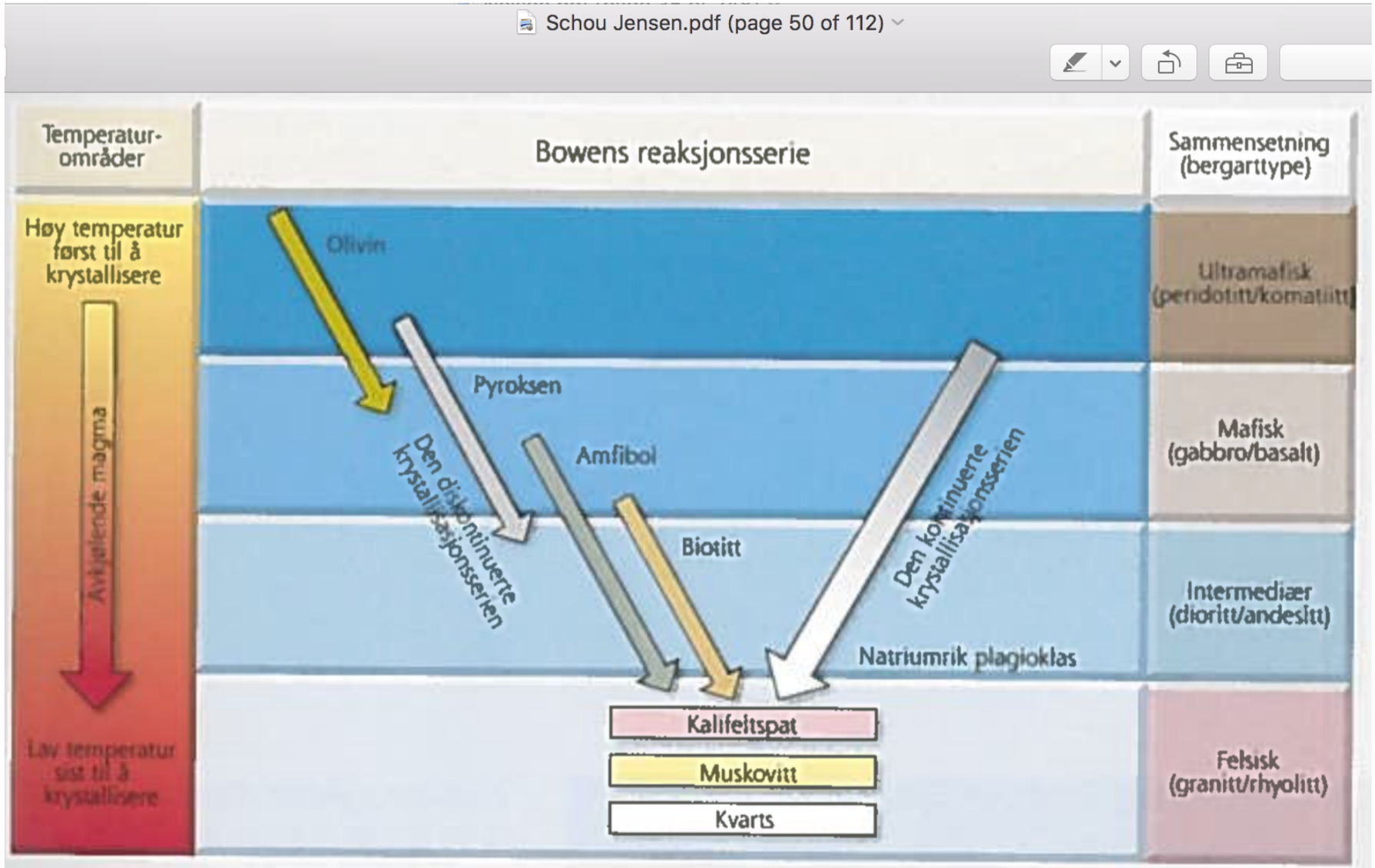
Nelson.pdf (page 32 of 248)

In general more siliceous magmas form by low degrees of partial melting. As the degree of partial melting increases, less siliceous compositions can be generated. So, melting a mafic source thus yields a felsic or intermediate magma. Melting of ultramafic (peridotite source) yields a basaltic magma.

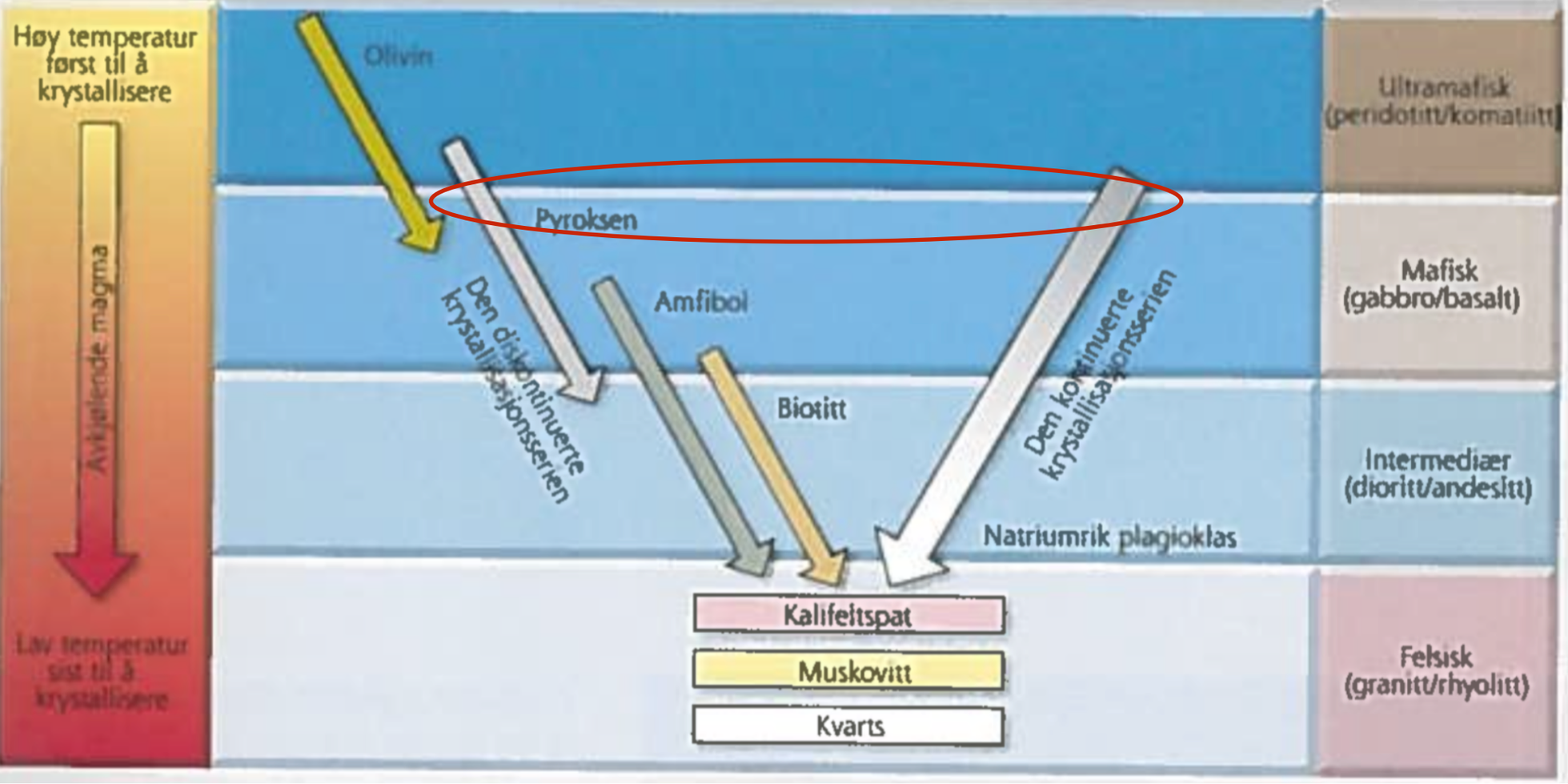
små mengder

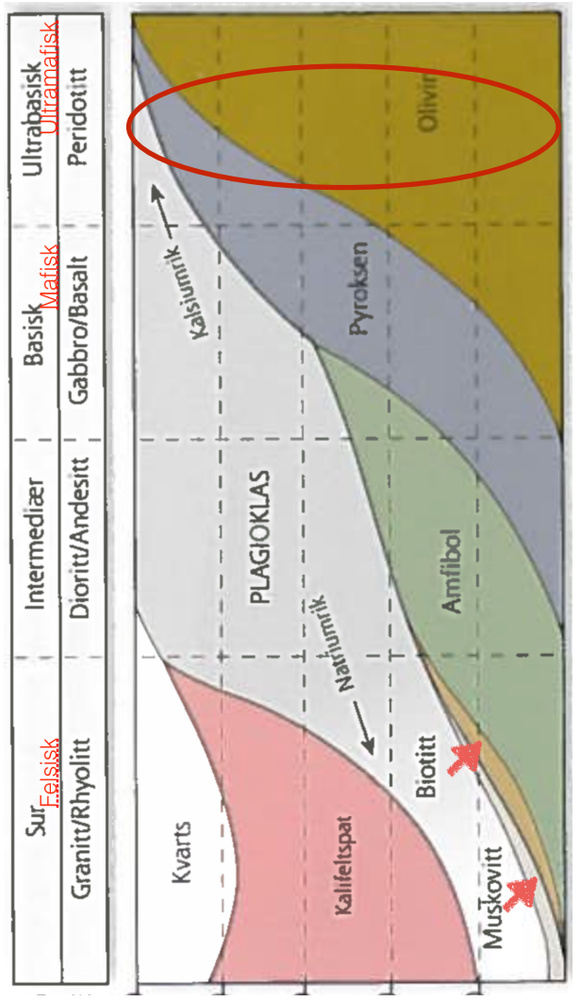
mengde

Schou Jensen.pdf (page 50 of 112)



Bowens reaksjonsserier. Tabellen viser rekkefølgen mineralene utkrystalliserer i i et magma. Sammenlikner vi denne tabellen med tabellen over den mineralogiske sammensetningen av de vanligste magmabergartene (side 92), ser vi at hver bergartsgruppe består av mineraler i samme temperaturområde.

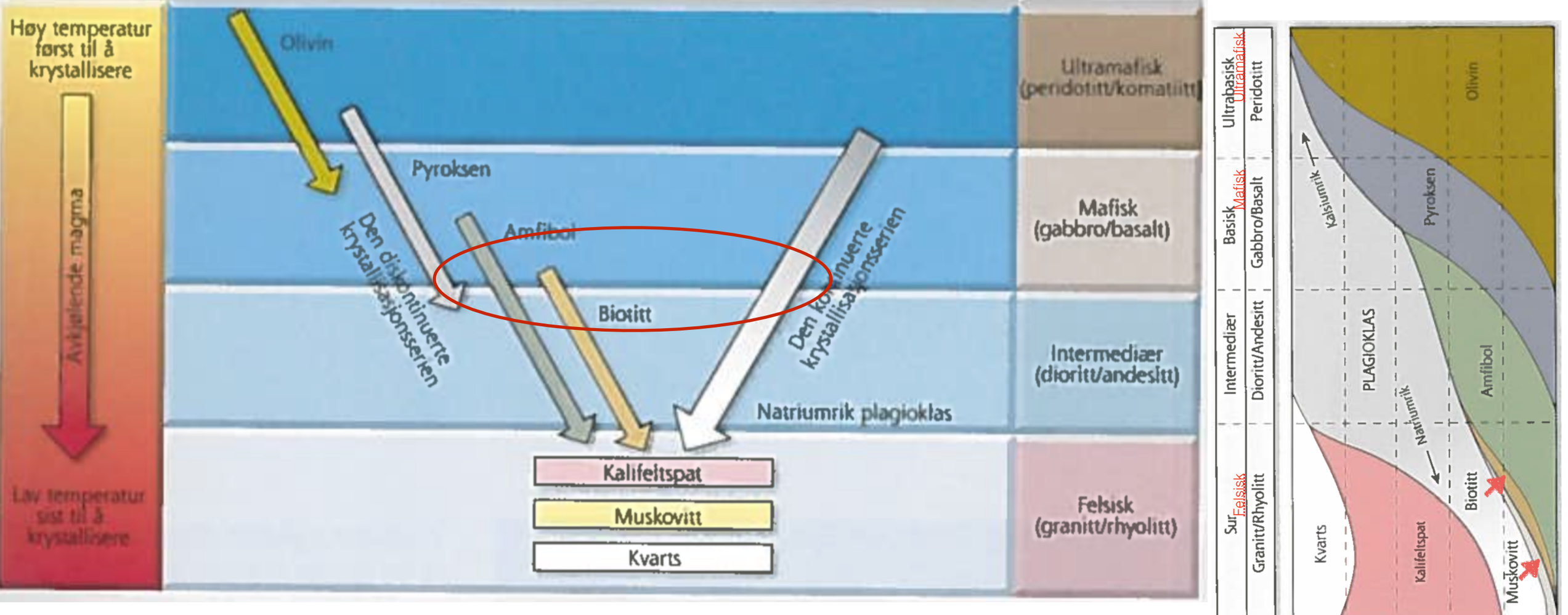




Partiell smelting av ultramafisk bergart (mantelen er ultramafisk)

a: Litt plagioklas og pyroksen smelter og mye av olivin blir igjen.

Partiellsmelte er mafisk, ikke ultramafisk.
Start med ultramafisk bergart, lager en mafisk magma.

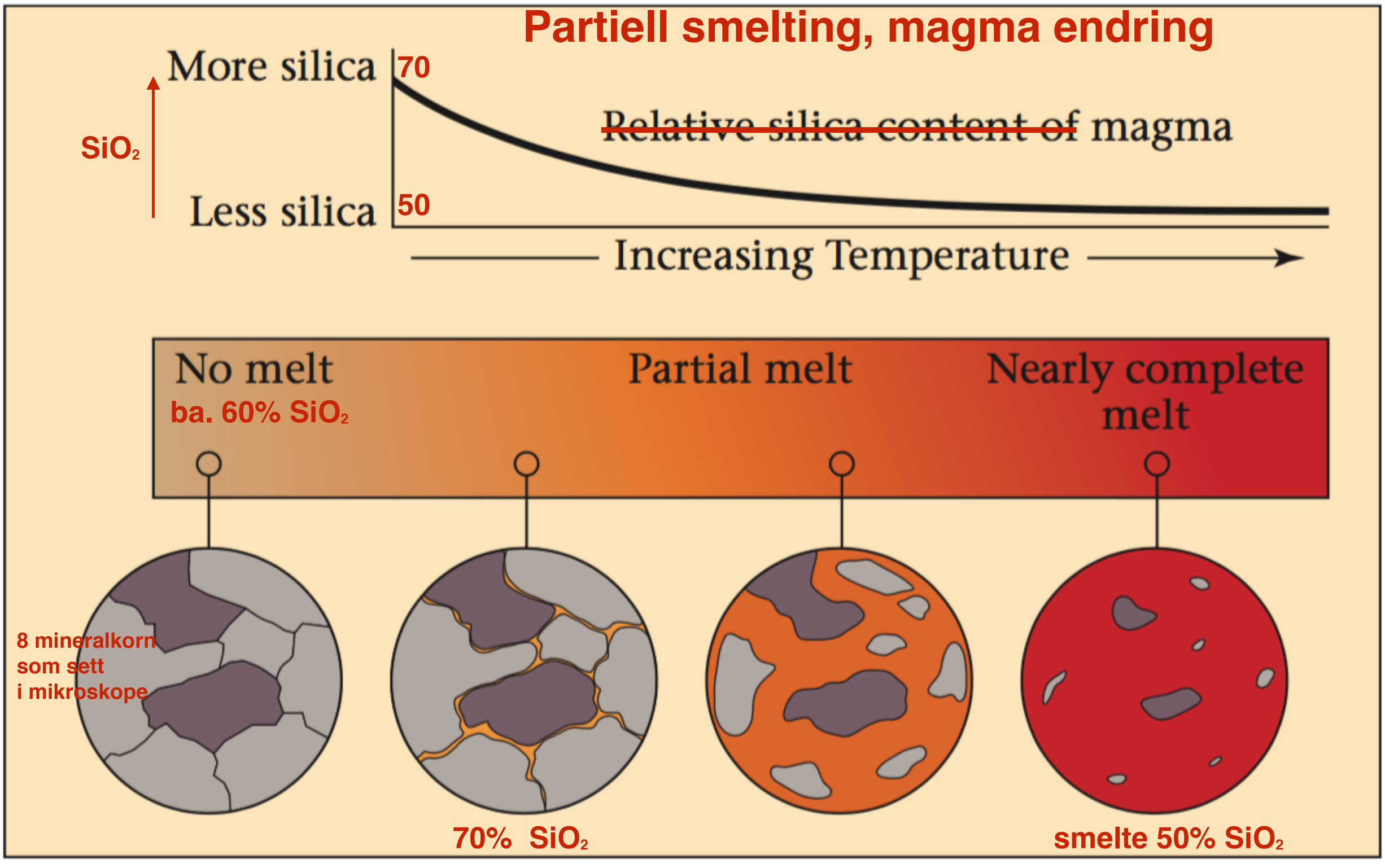


Partiell smelting av mafisk bergart (havskorpe er mafisk)

a: Litt plagioklas og hornblende smelter og pyroksen og olivin blir igjen.

Partiellsmelte er intermediær, ikke mafisk.

Start med mafisk bergart, lager en intermediær magma.



(a)

Partiell smelting: første smelte blir rikere på SiO_2.
Men hvis fullstendig smelting, blir smelte samme SiO_2 innhold som opprinnelige bergart.

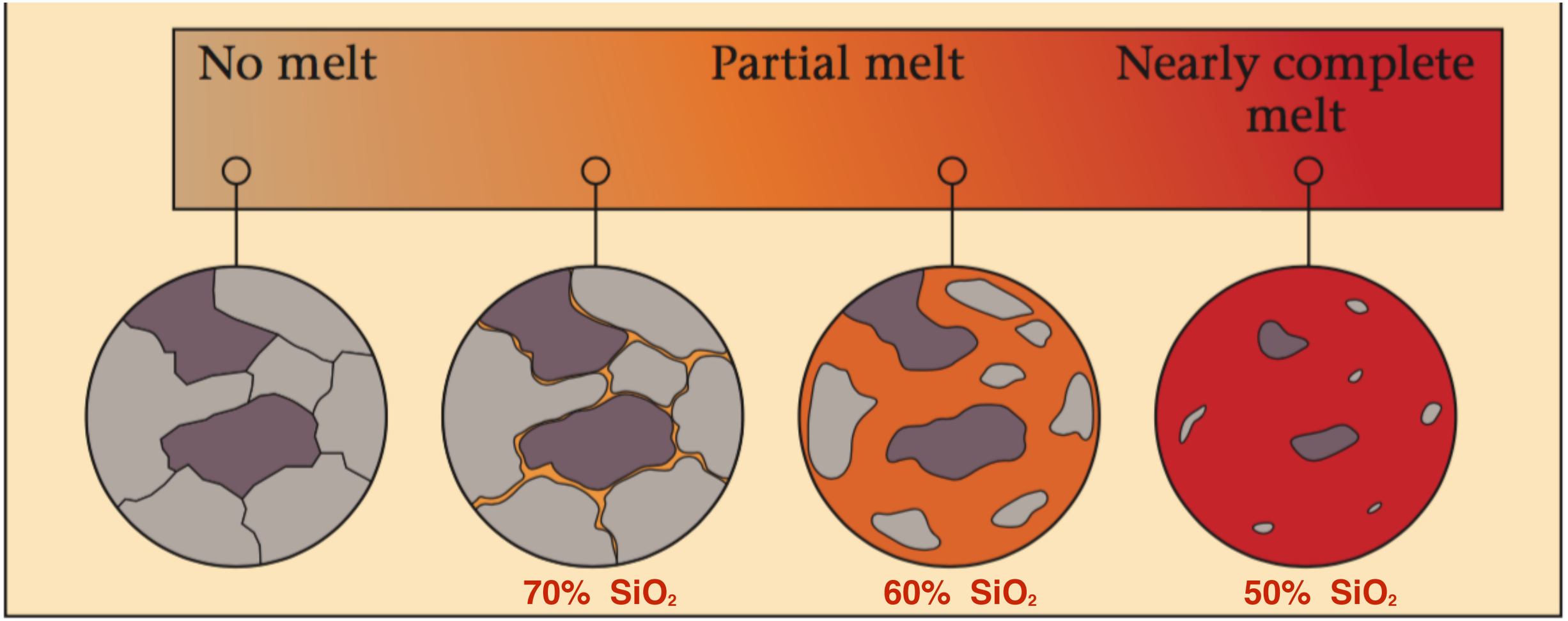
Gabbro
(mafisk ba.)

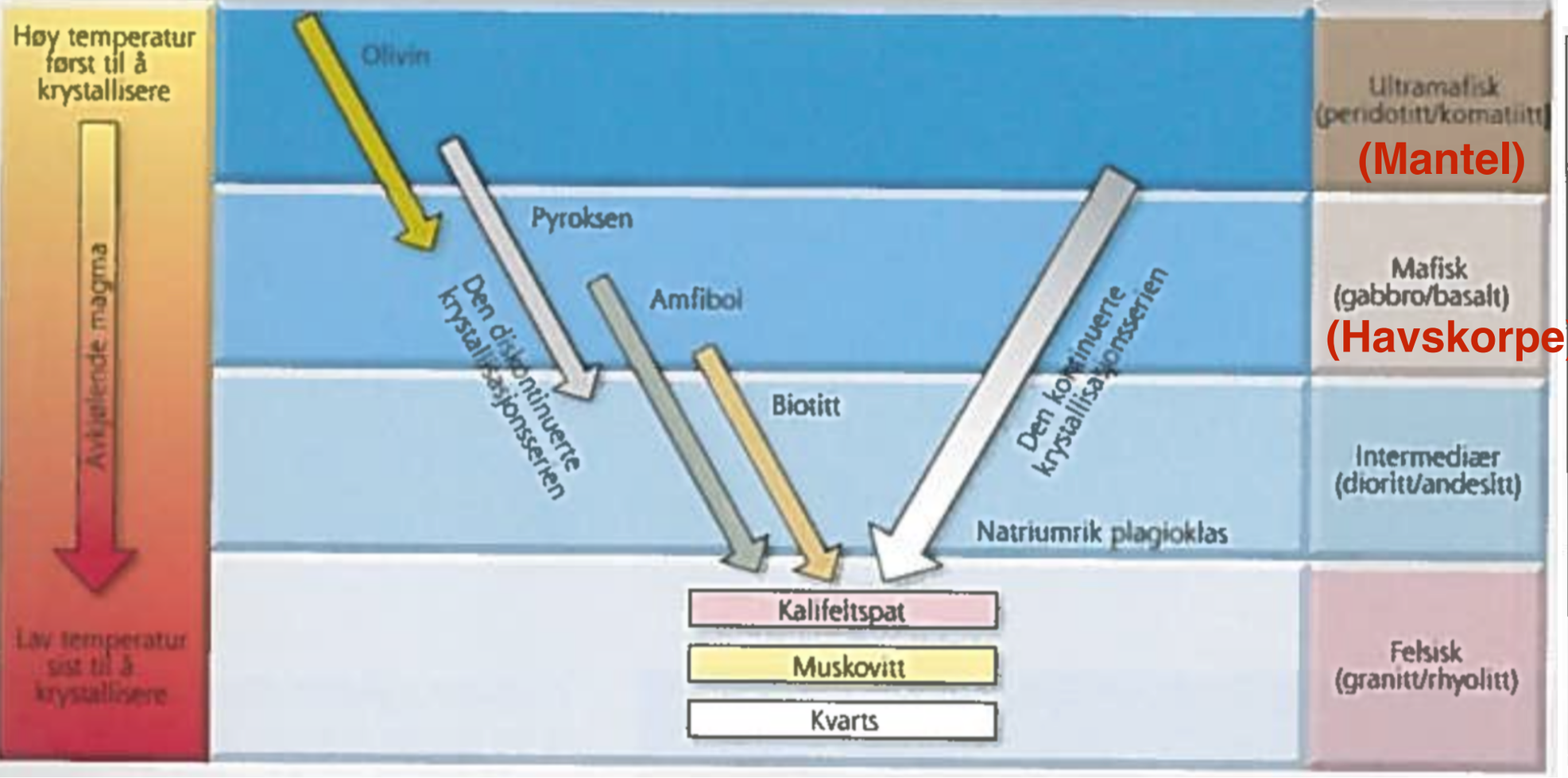
ba. 50% SiO_2

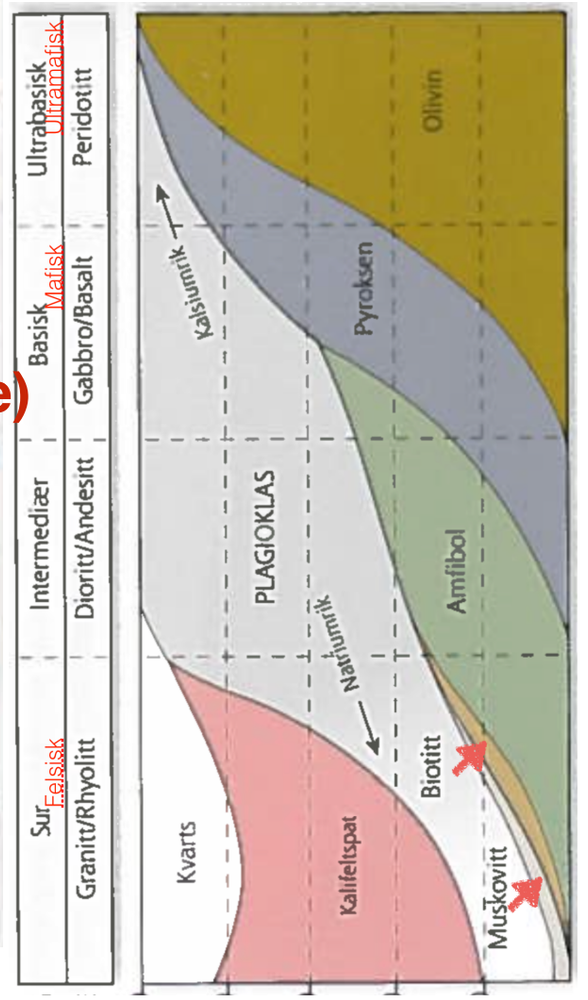
Litt partiell smelt
(hvis smelt kommer vekk er det felsisk)

Mer partiell smelt
(hvis smelt kommer vekk er det intermediær)

Mest partiell smelt
(hvis smelt kommer vekk er det mafisk)



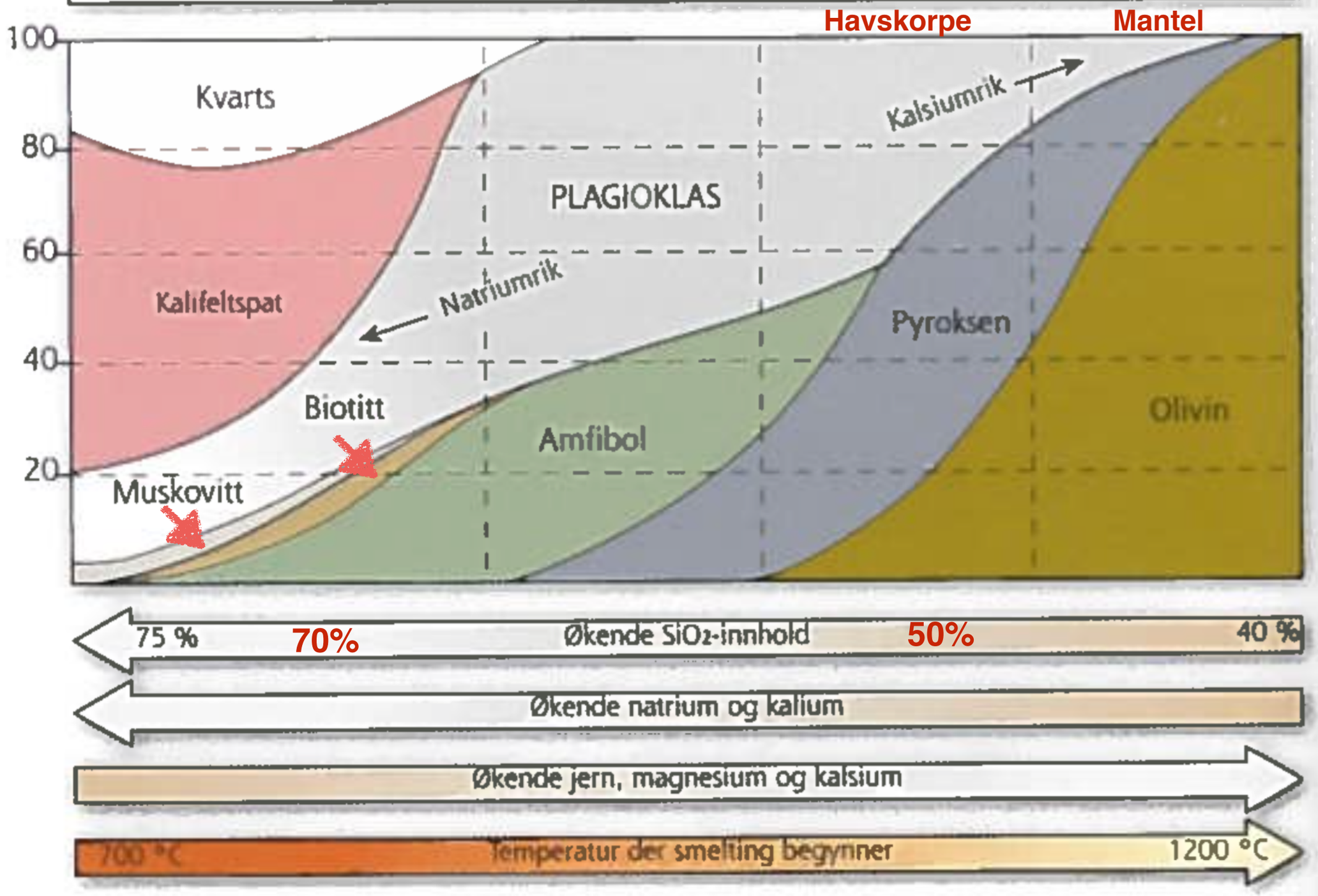




Viktig: ***Mantel er 100% ULTRAmafisk***
Havskorpe er 100% mafisk

Kontinentalskorpe har bergarter av alle fire typer, men i *gjennomsnitt felsisk eller intermediære*.

SAMMENSETNING	Sur	Intermediær	Basisk	Ultrabasisk
BERGARTTYPE	Granitt/Rhyolitt	Dioritt/Andesitt	Gabbro/Basalt	Peridotitt



Tabell over de mest alminnelige magmaberg-artenes mineralogi og magmaene de er dannet fra

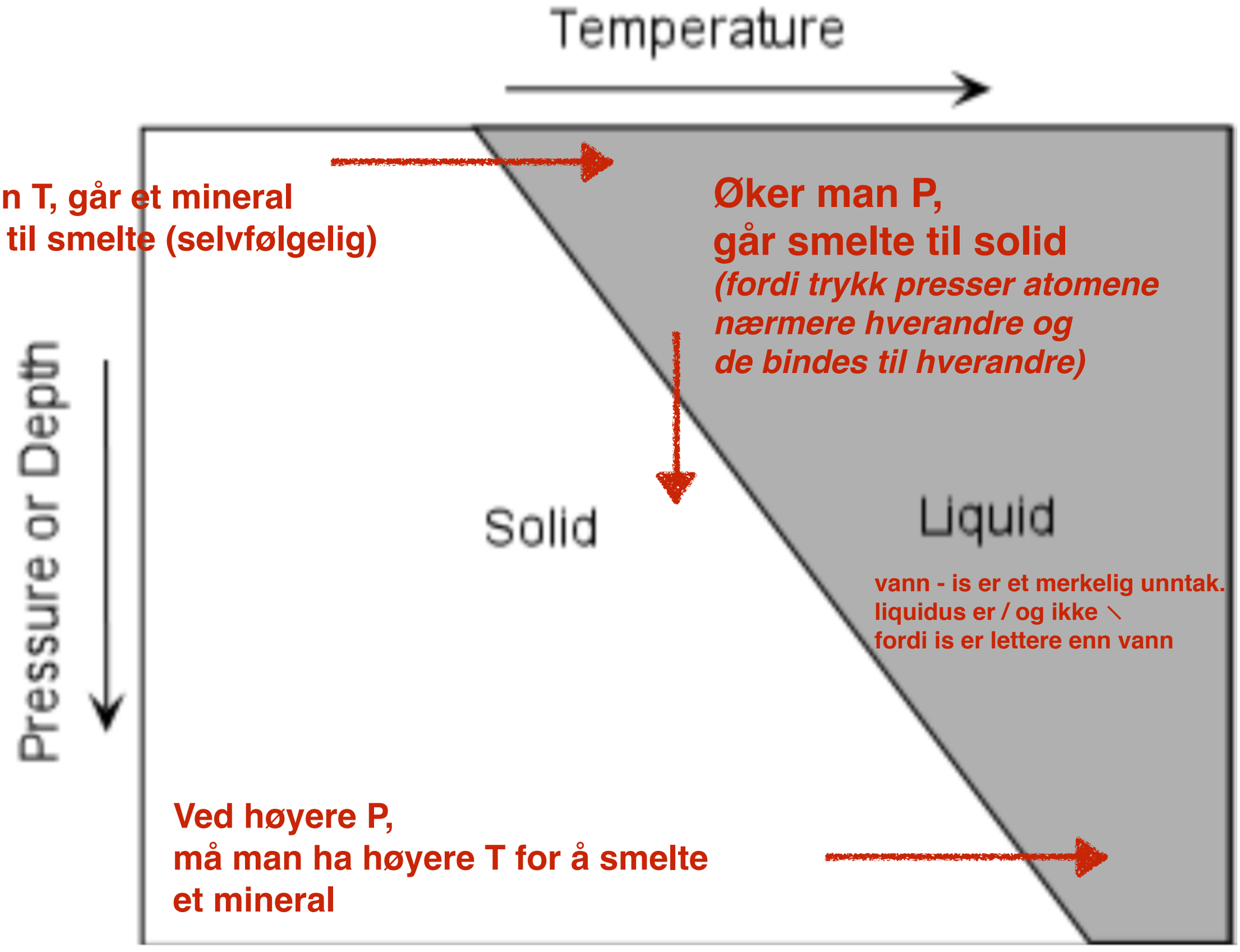
En *enkel* solid vil smelte på ett bestemt temperature:

Is smelter ved 0 grader C.
Kvarts smelter ved 1600 grader C.
Olivin smelter ved 1900 grader C.

Men bergarter er *komplekse* solider, og de smelter gradvis over lavere temperaturer.

‘Fasediagram’ for enkel solid (solid fase og væske fase)
enkel solid <—> væske på enbestemt temp.

Nelson.pdf (page 29 of 248)



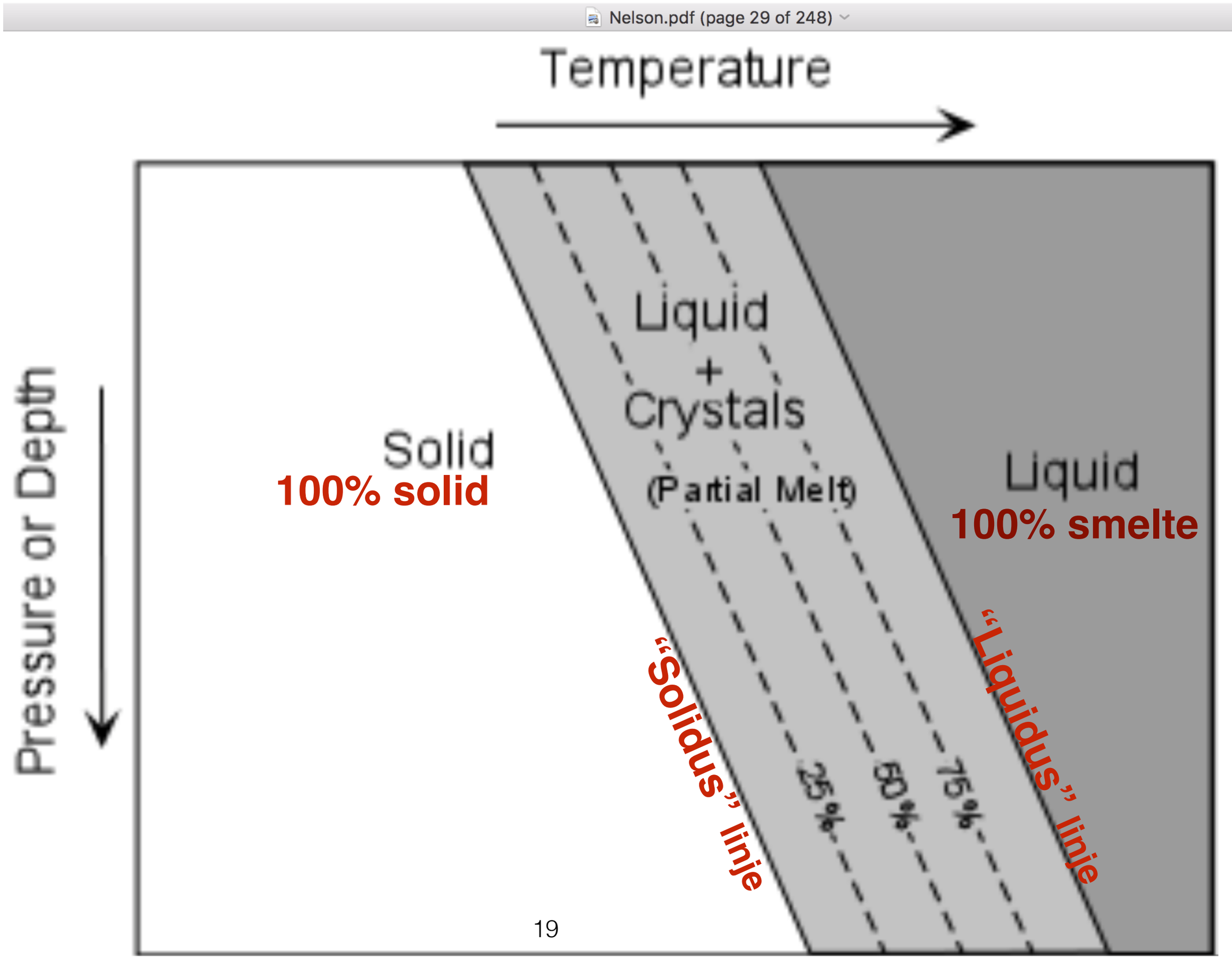
Øker man T, går et mineral fra solid til smelte (selvfølgelig)

Øker man P, går smelte til solid
(fordi trykk presser atomene nærmere hverandre og de bindes til hverandre)

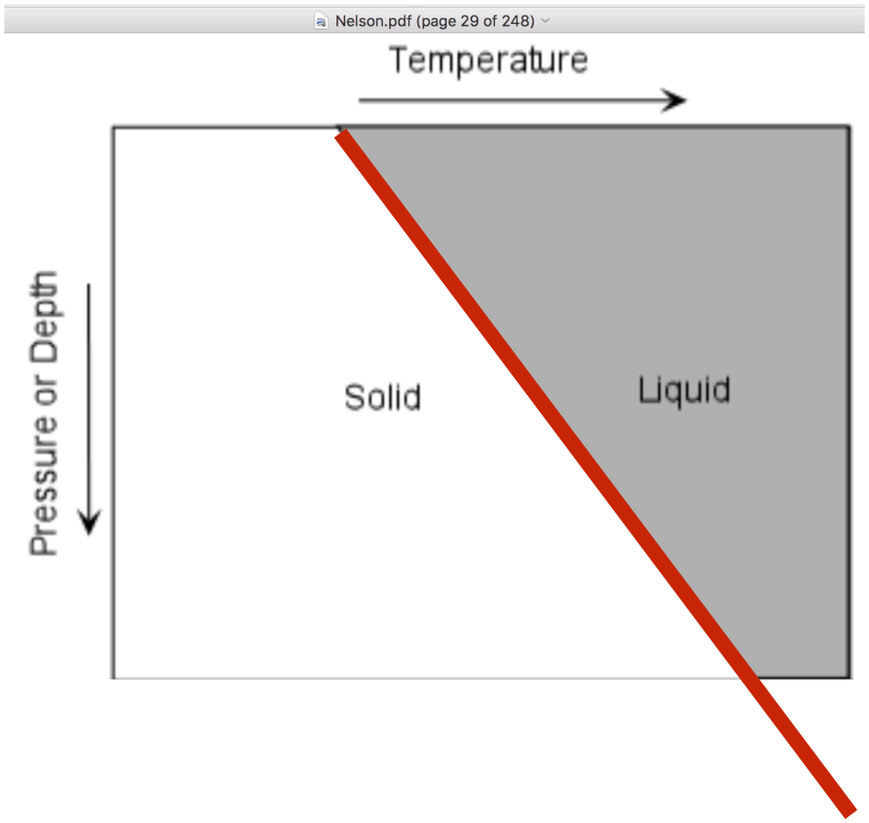
vann - is er et merkelig unntak.
liquidus er / og ikke ＼
fordi is er lettere enn vann

Ved høyere P, må man ha høyere T for å smelte et mineral

kompleks solid <—> væske (som bergart <—> magma)

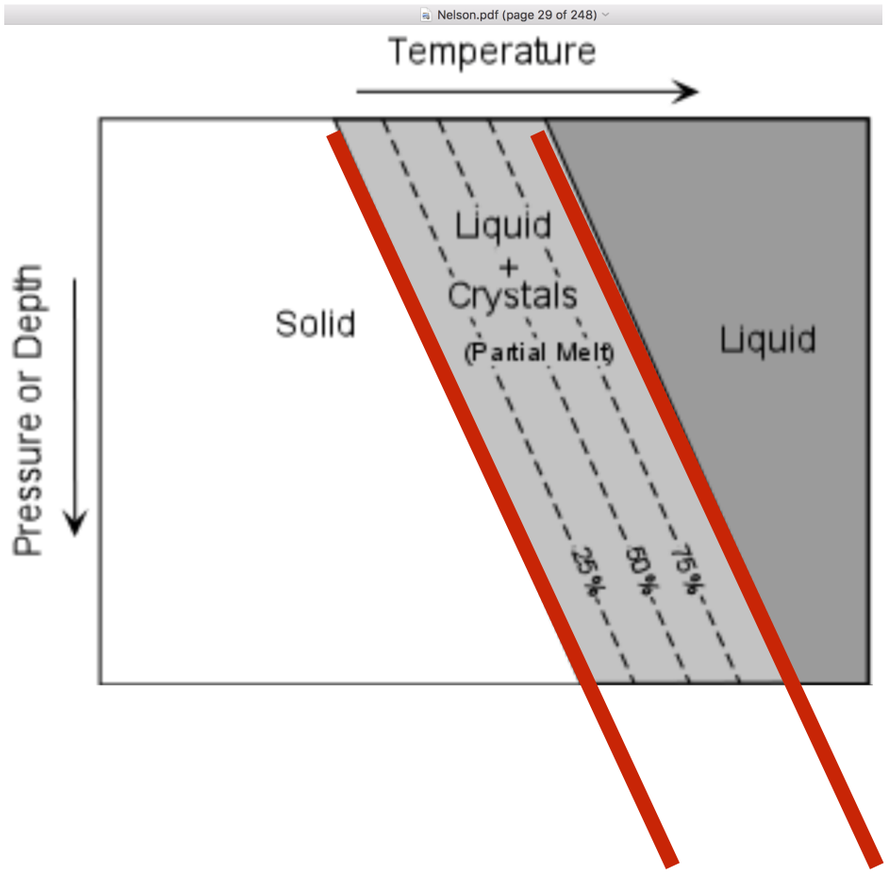


solid (en fase) <—> væske
(for eksempel kvarts <—> smelte)

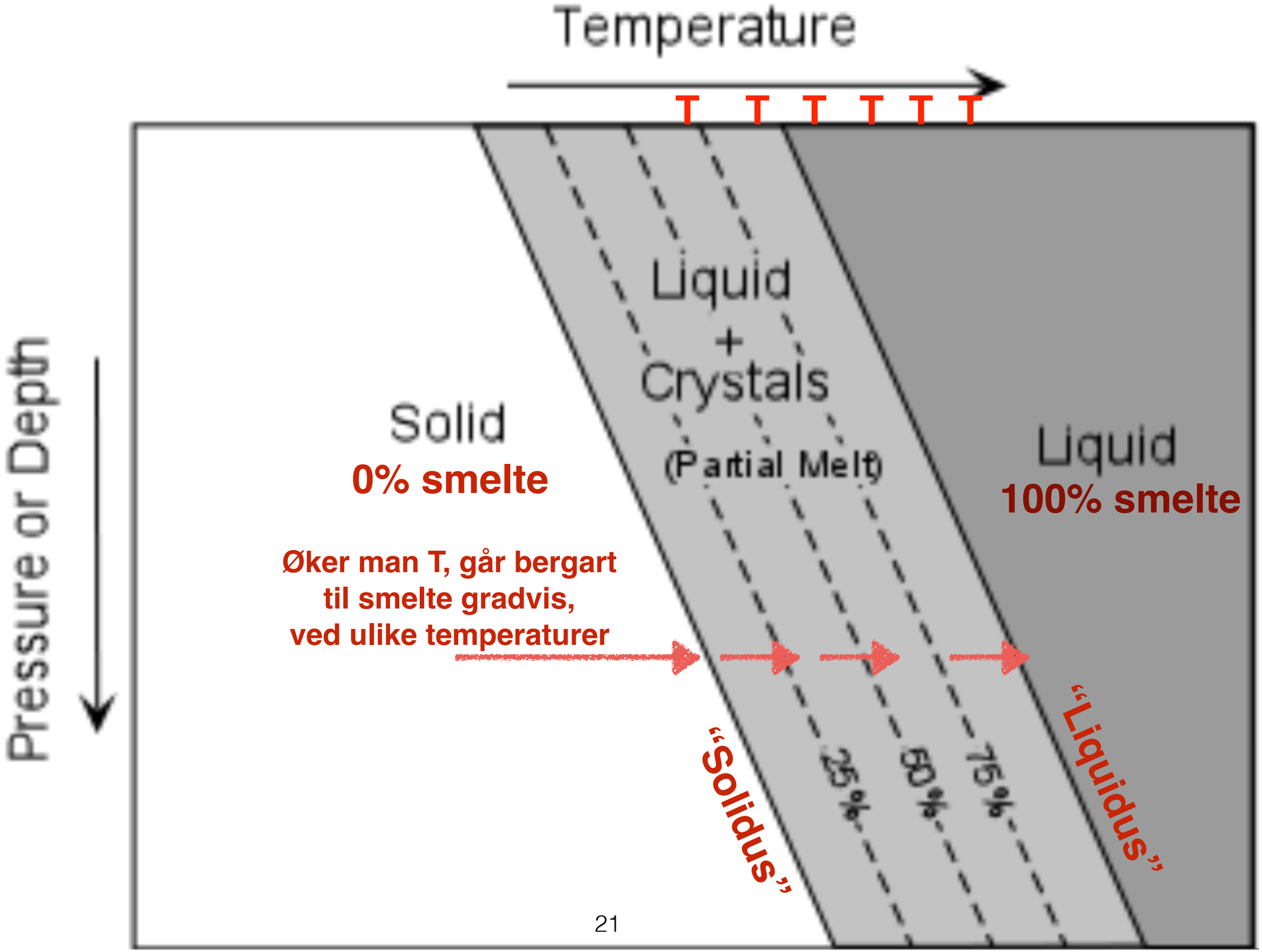


en enkel smeltelinje

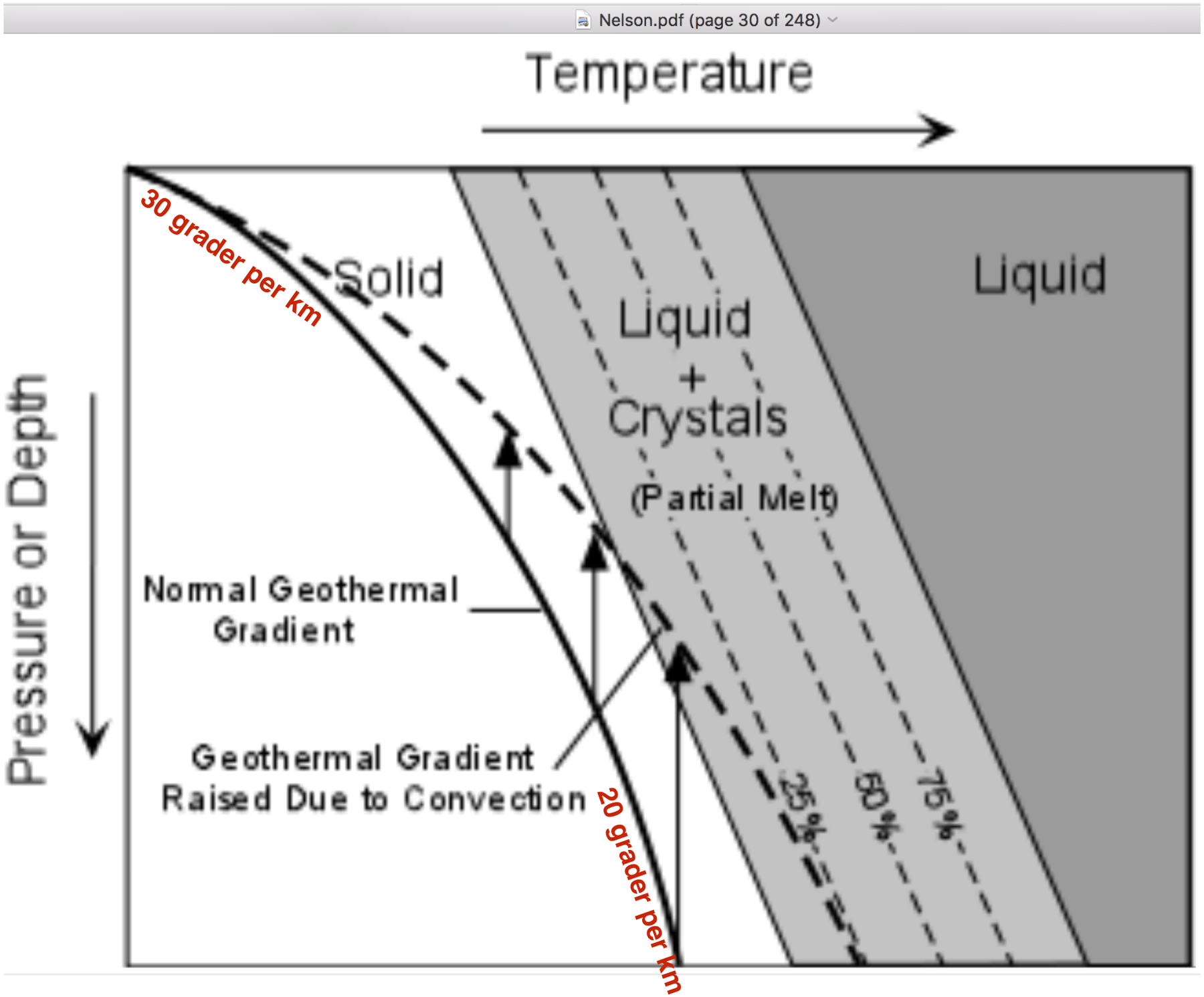
solid (flere faser) <—> væske
(for eksempel granitt <—> magma)



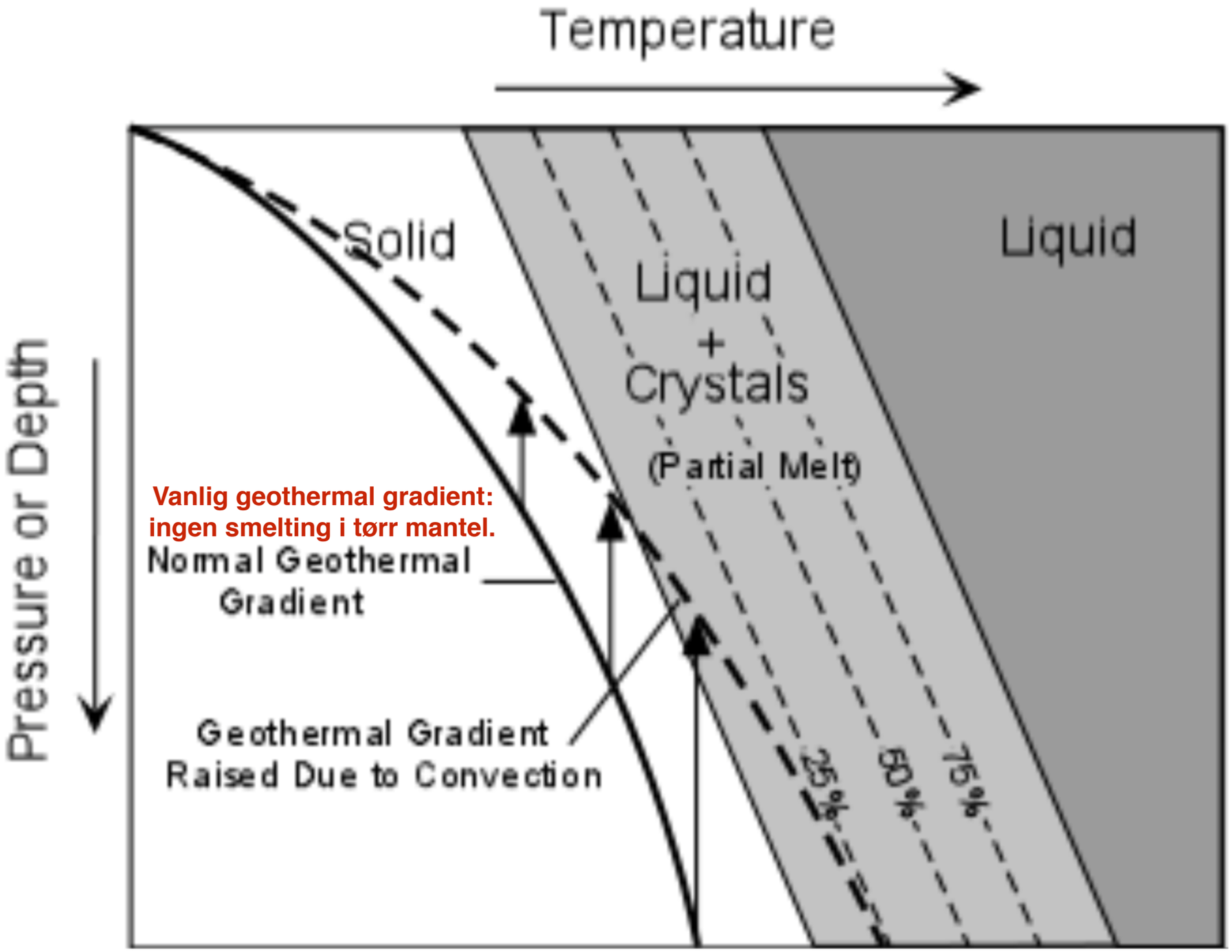
kompleks smeltelinjer


Temperature
Pressure or Depth
Liquid
+
Crystals
(Partial Melt)
Solid
0% smelte
Liquid
100% smelte
Øker man T, går bergart
til smelte gradvis,
ved ulike temperaturer
25%
50%
75%
"Solidus"
"Liquidus"

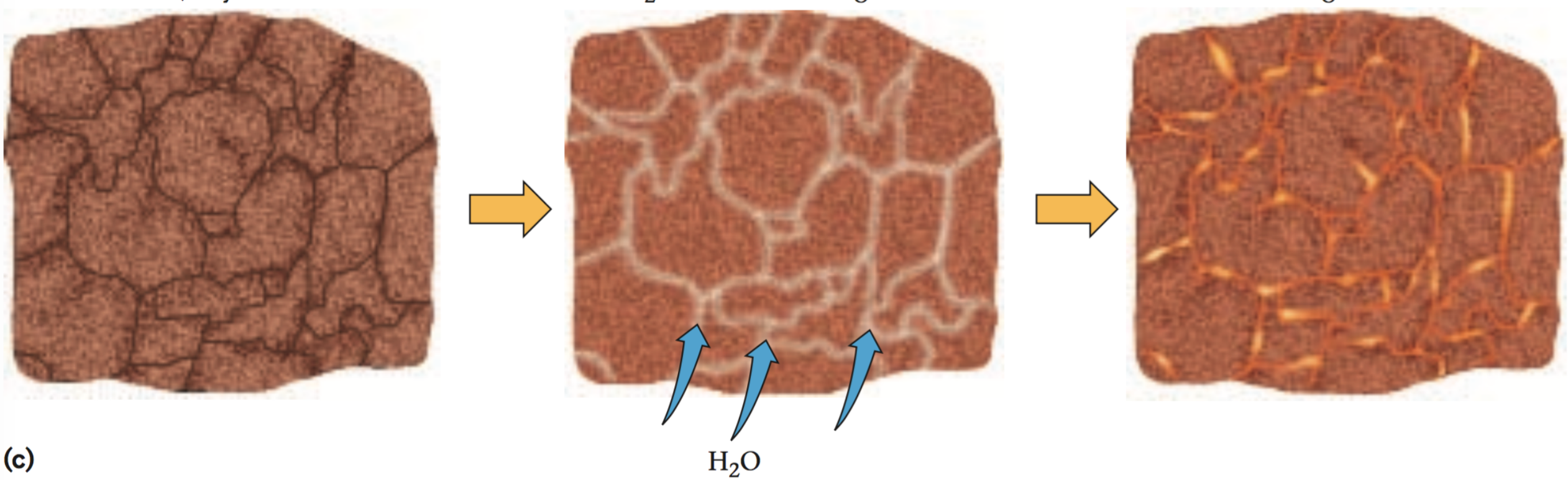
“Geotermal gradient” er økningen av temperatur ved dybden (ca. 30 grader/km)



Ved vanlig geotermal gradient: ingen smelting i tørr mantel geotermal kurve treffer ikke solidus.



Hvis mantel bergarter løftes opp fysisk (pga. konveksjon v/ midthavs rygg) vil geotermalgradienten øke (dybden og trykket blir lavere) og smelting foregår. Dette heter: "dekompresjonssmelting"

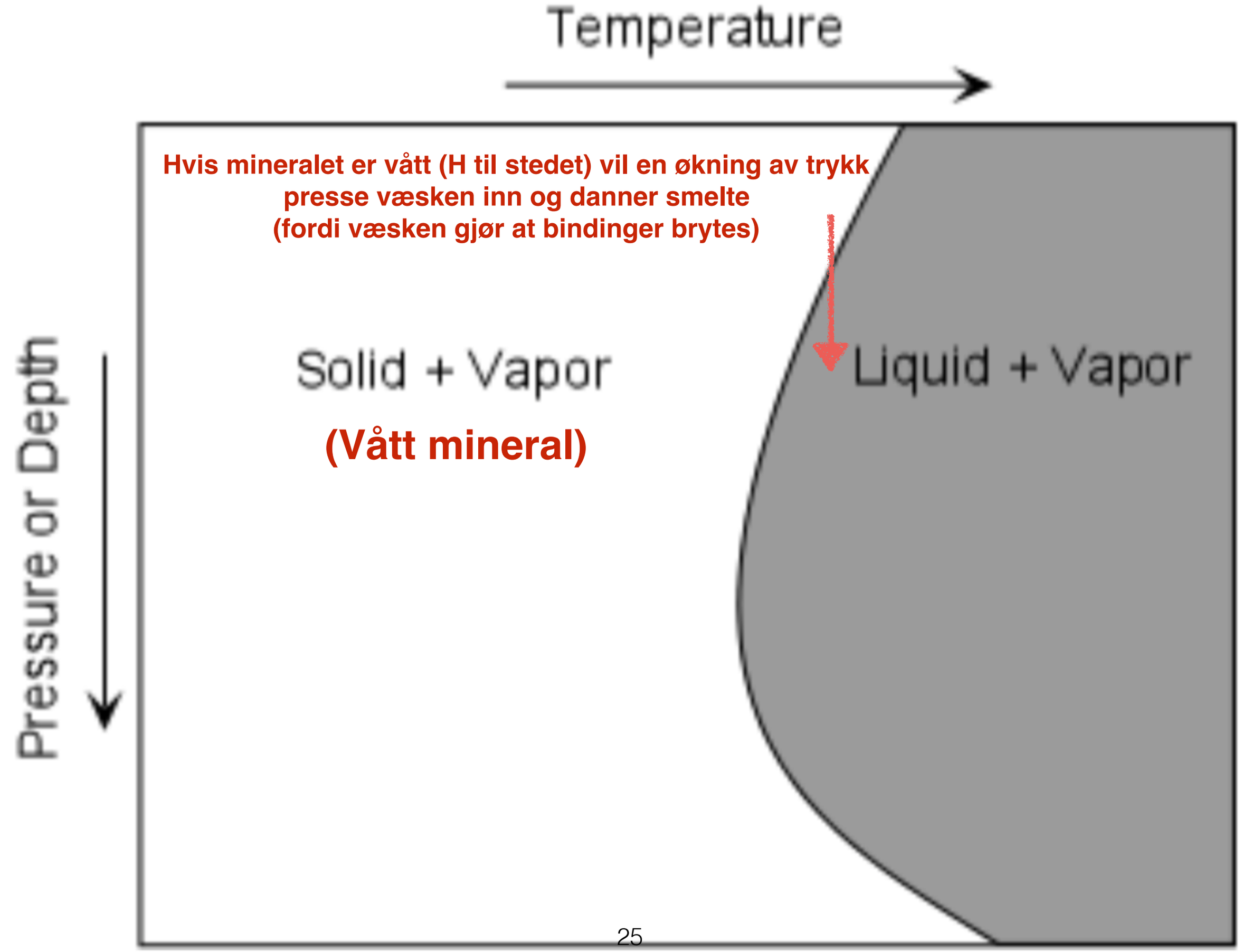


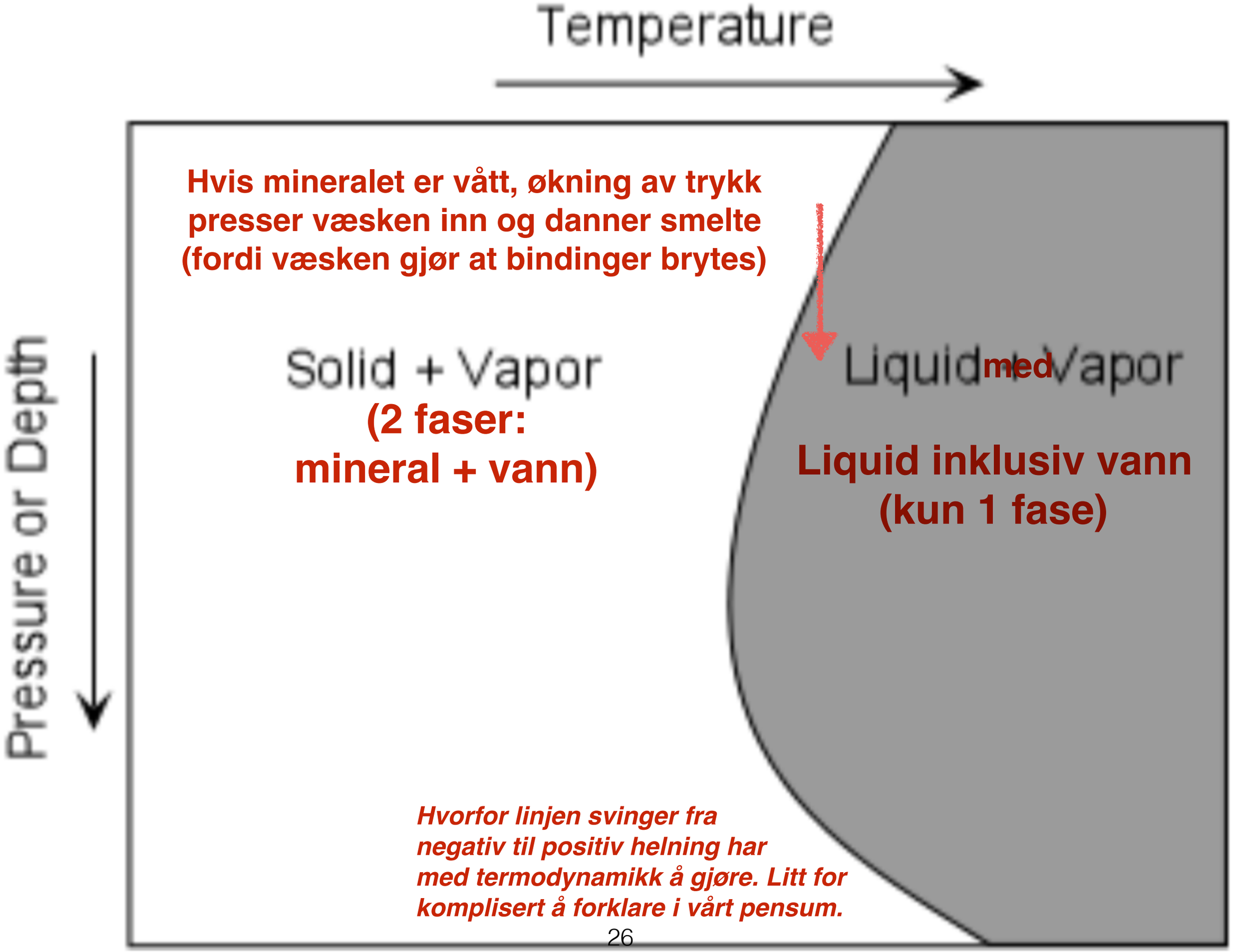
(c)

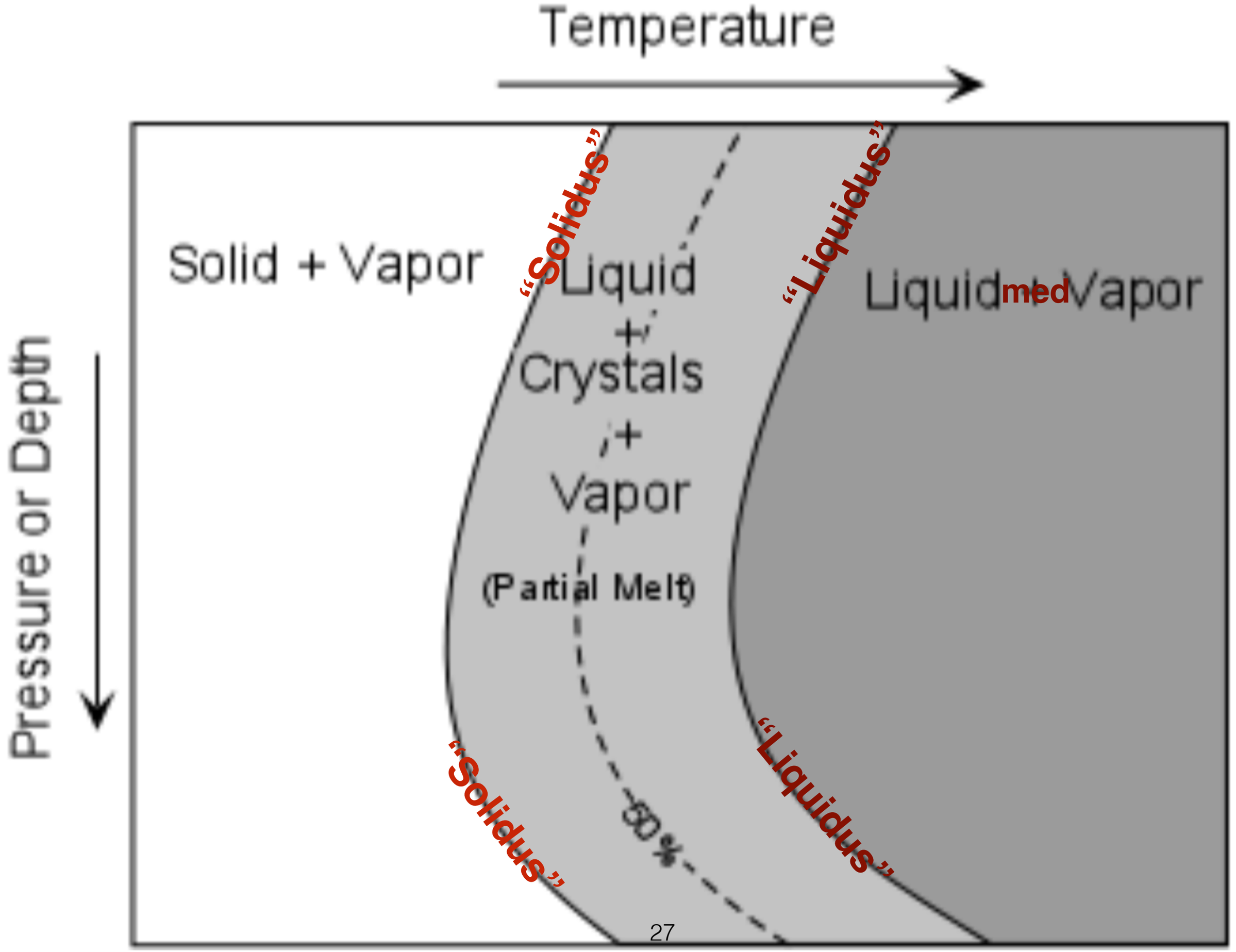
Vått solid smelter ved lavere T enn tørr solid

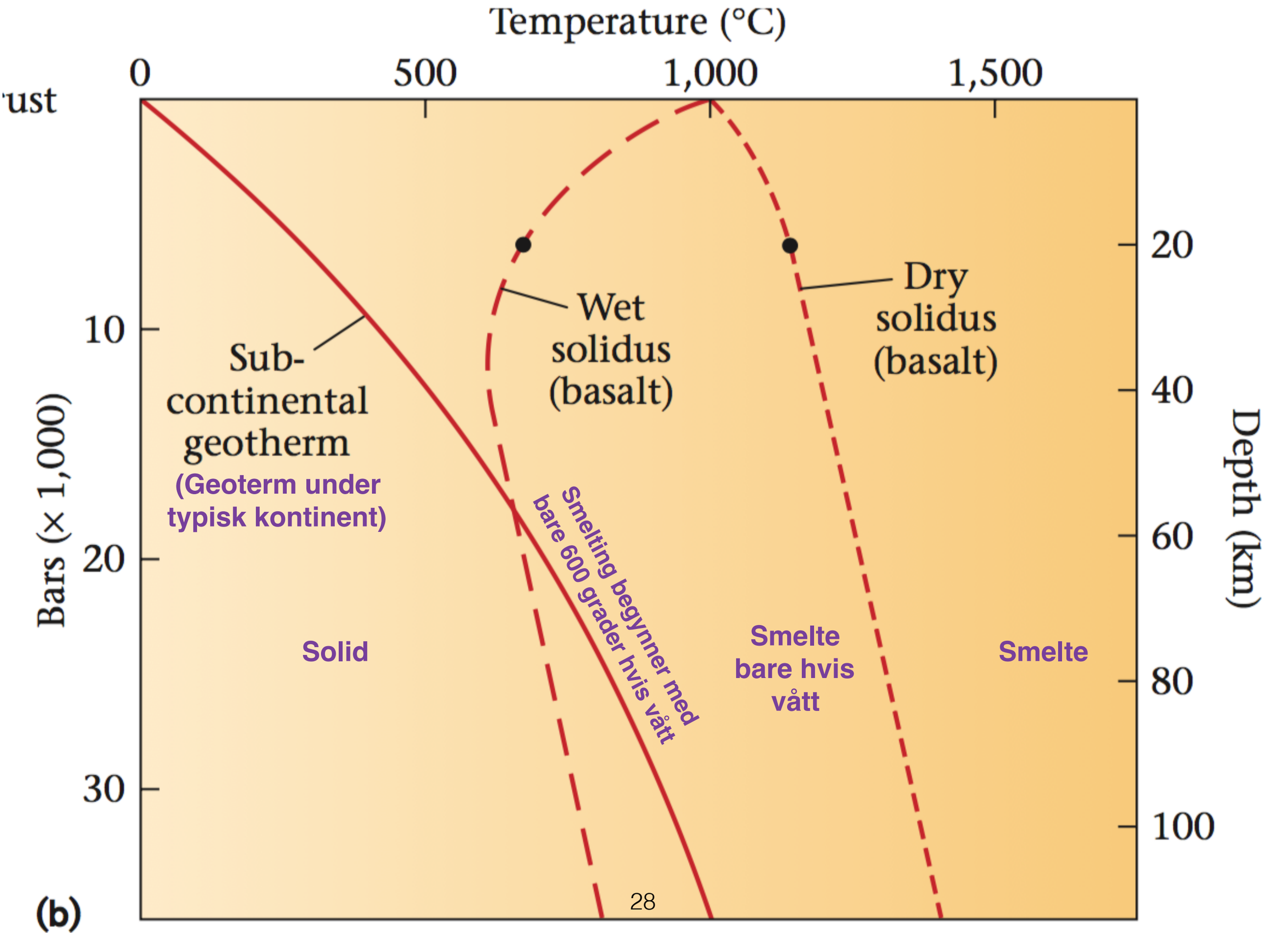
Med andre ord: vann *reduserer* smeltetemperatur.

**(Kjøkken eksperiment:
Prøv å smelte sukkerkrystaller eller kokesjokolade, i stekepanne *uten* vann.
Og prøv det samme med *noen dropper med* vann.)**

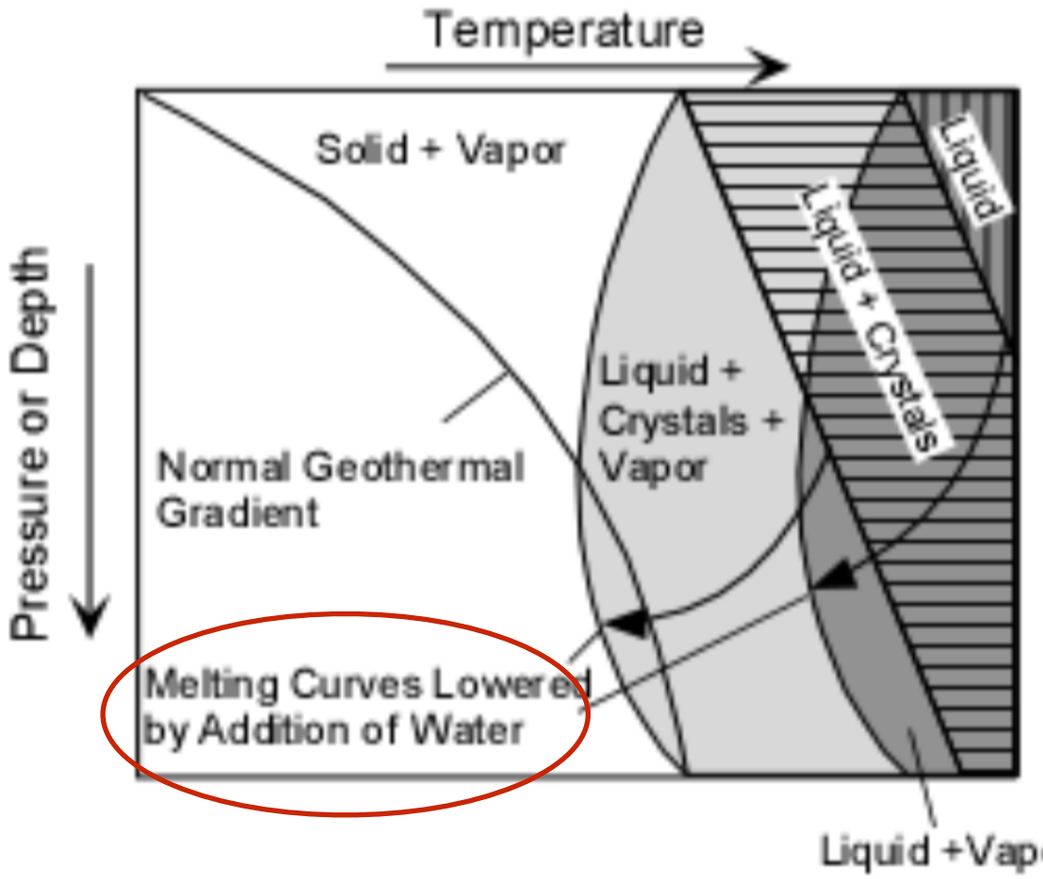

Temperature
Hvis mineralet er vått (H til stedet) vil en økning av trykk
presse væsken inn og danner smelte
(fordi væsken gjør at bindinger brytes)
Solid + Vapor
(Vått mineral)
Liquid + Vapor
Pressure or Depth

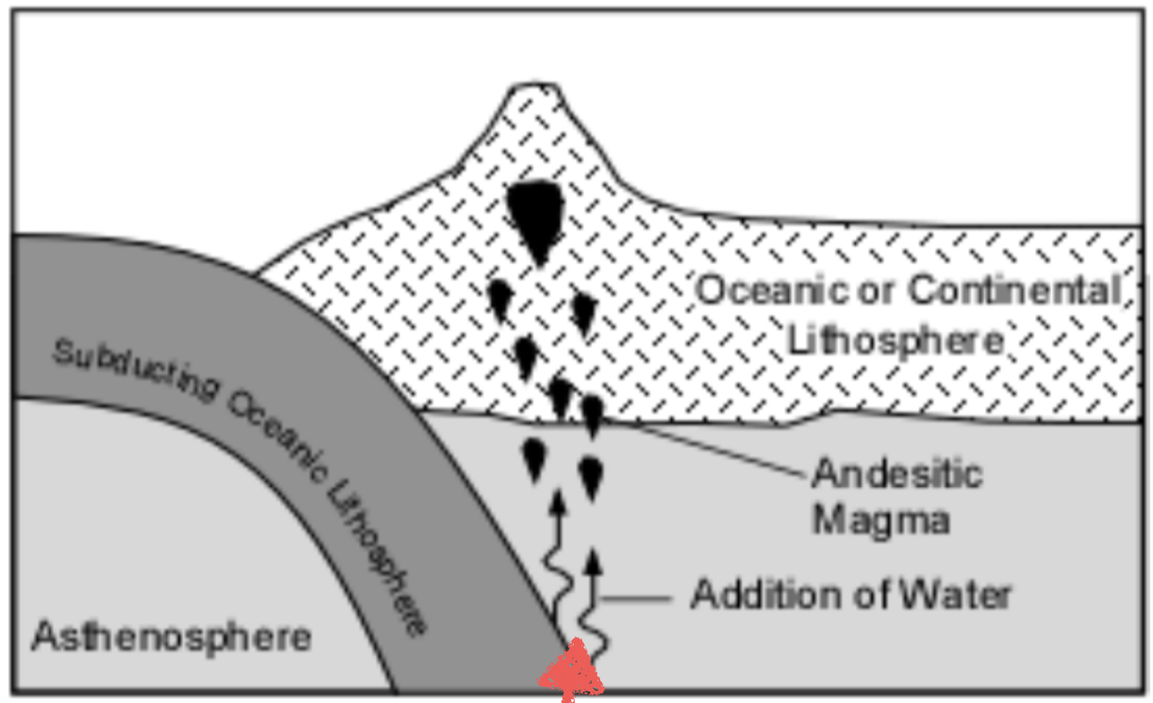

Temperature
Pressure or Depth
Hvis mineralet er vått, økning av trykk presser væsken inn og danner smelte (fordi væsken gjør at bindinger brytes)
Solid + Vapor
(2 faser:
mineral + vann)
Liquid + Vapor
med
Liquid inklusiv vann
(kun 1 fase)
Hvorfor linjen svinger fra negativ til positiv helning har med termodynamikk å gjøre. Litt for komplisert å forklare i vårt pensum.


Temperature
Pressure or Depth
Solid + Vapor
"Solidus"
Liquid + Crystals + Vapor
(Partial Melt)
"Liquidus"
Liquid + Vapor
50%
"Solidus"
"Liquidus"


Temperature (°C)
0
500
1,000
1,500
ust
10
20
30
Bars (× 1,000)
20
40
60
80
100
Depth (km)
Sub-
continental
geotherm
(Geoterm under
typisk kontinent)
Wet
solidus
(basalt)
Dry
solidus
(basalt)
Smelting begynner med
bare 600 grader hvis vått
Solid
Smelte
bare hvis
vått
Smelte
(b)

temperature and then move in to the overlying mantle. Introduction of this water in the mantle would then lower the melting temperature of the mantle to generate partial melts, which could then separate from the solid mantle and rise toward the surface.

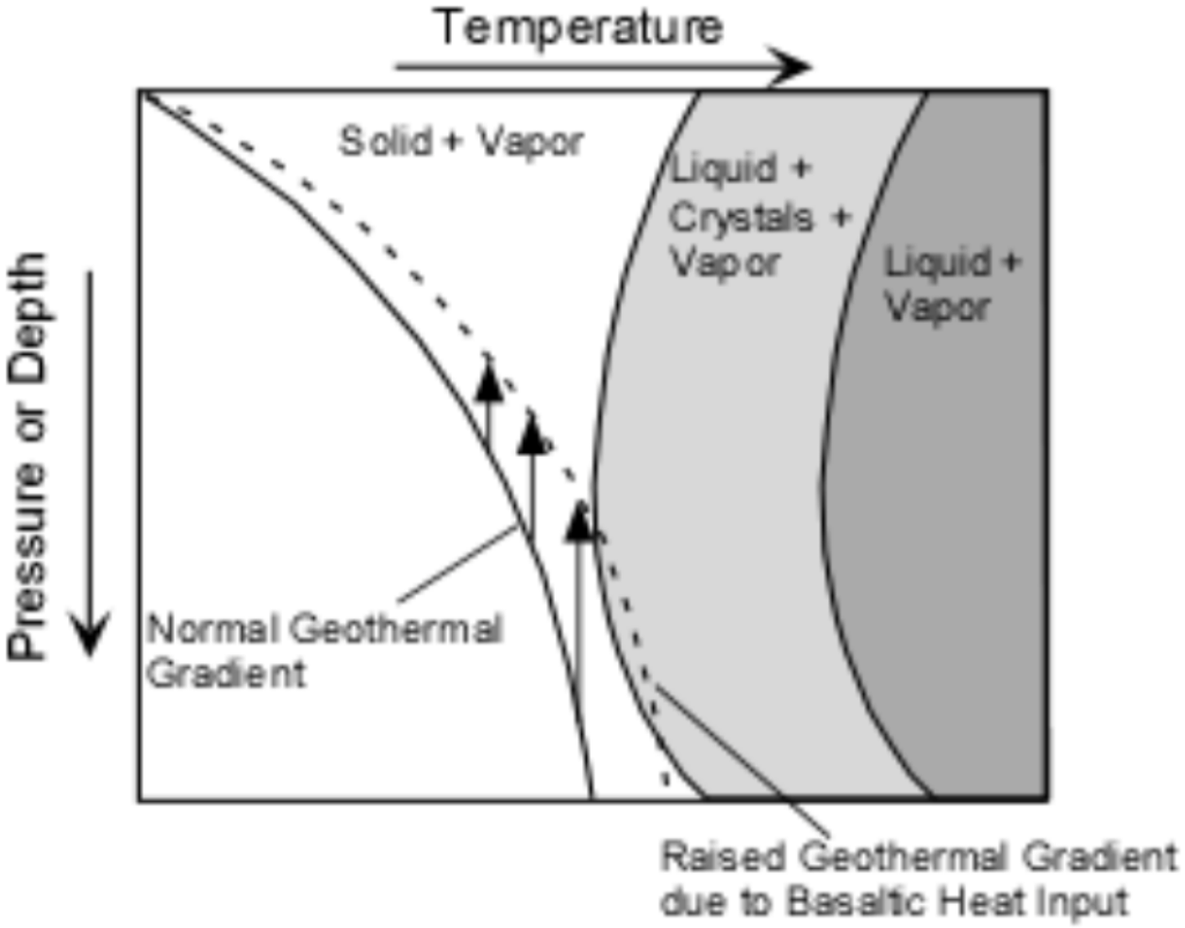




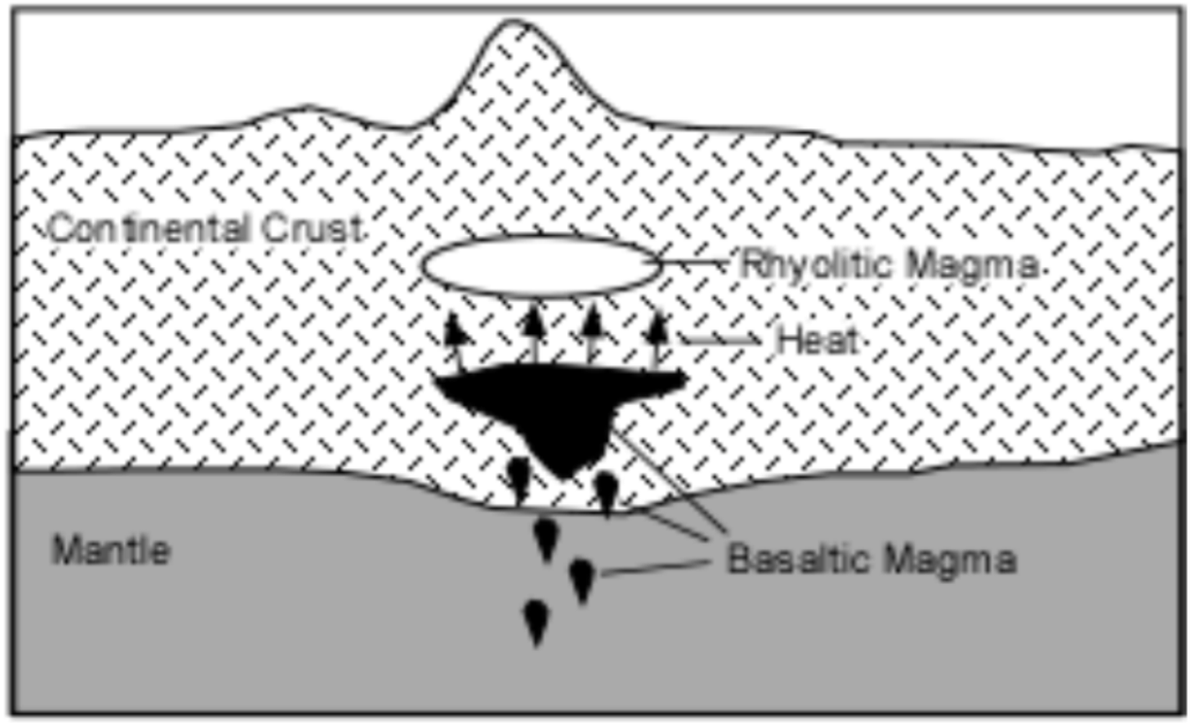
Vanlig geothermal gradient:
ingen smelting i tørr mantel.

Hvis vann tilsettes ved subduksjon,
blir det en ny og lavere smeltekurve, og smelting foregår.

the surrounding crust. Repeated intrusions can transfer enough heat to increase the local geothermal gradient and cause melting of the surrounding rock to generate new magmas.

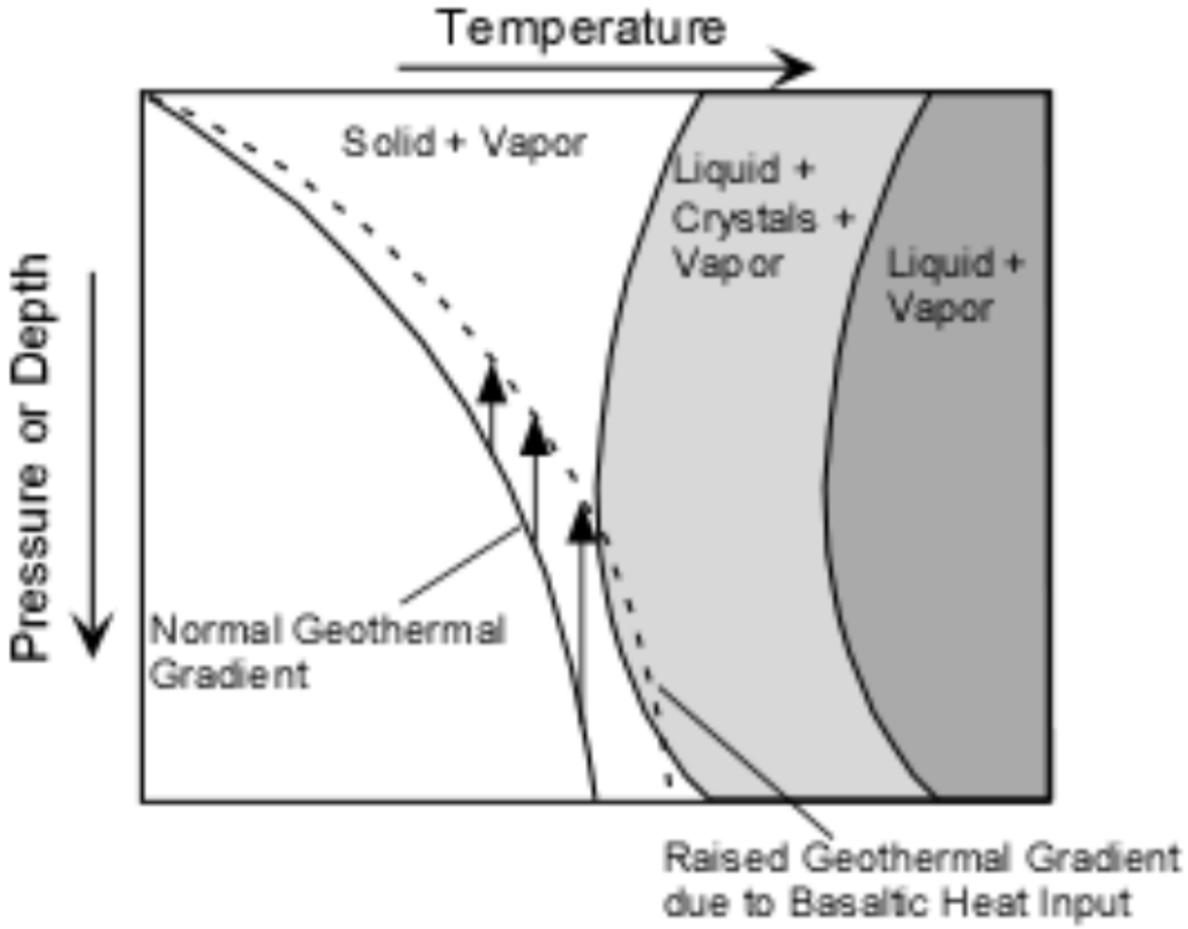


Med vanlig geothermal gradient: der det ingen smelting som foregår.

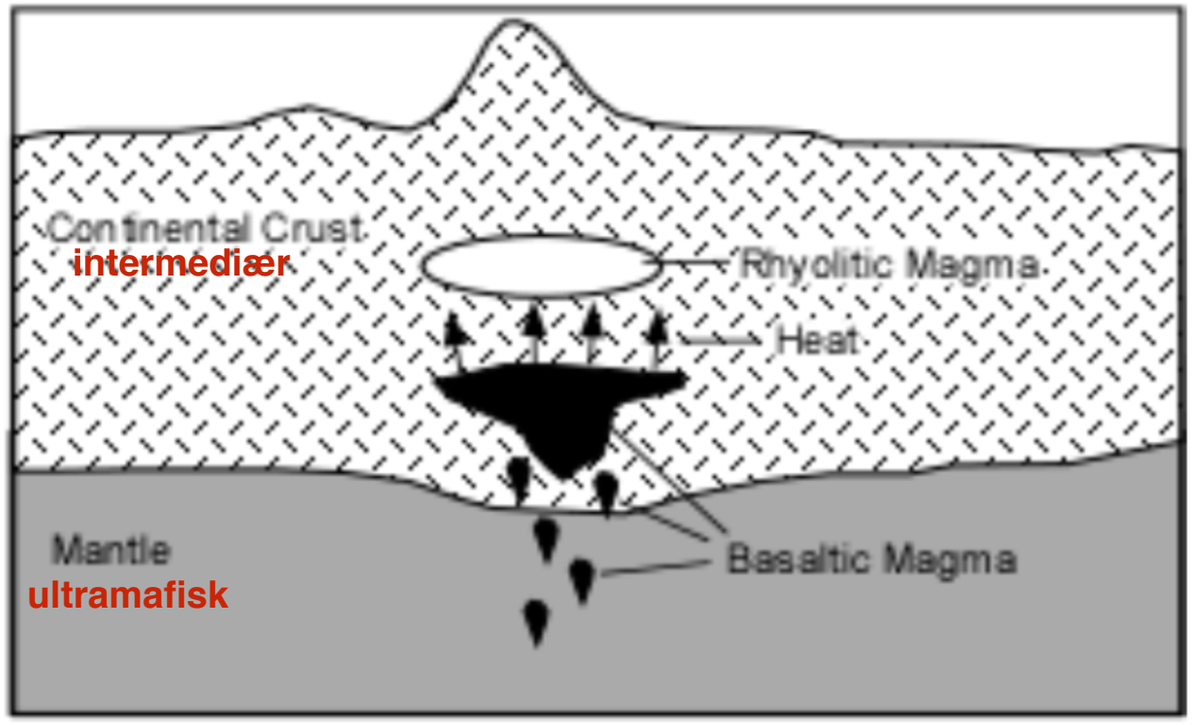


Men: hvis gradienten økes pga. stigning av varm basaltisk magma, kan skorpen smelte.

the surrounding crust. Repeated intrusions can transfer enough heat to increase the local geothermal gradient and cause melting of the surrounding rock to generate new magmas.

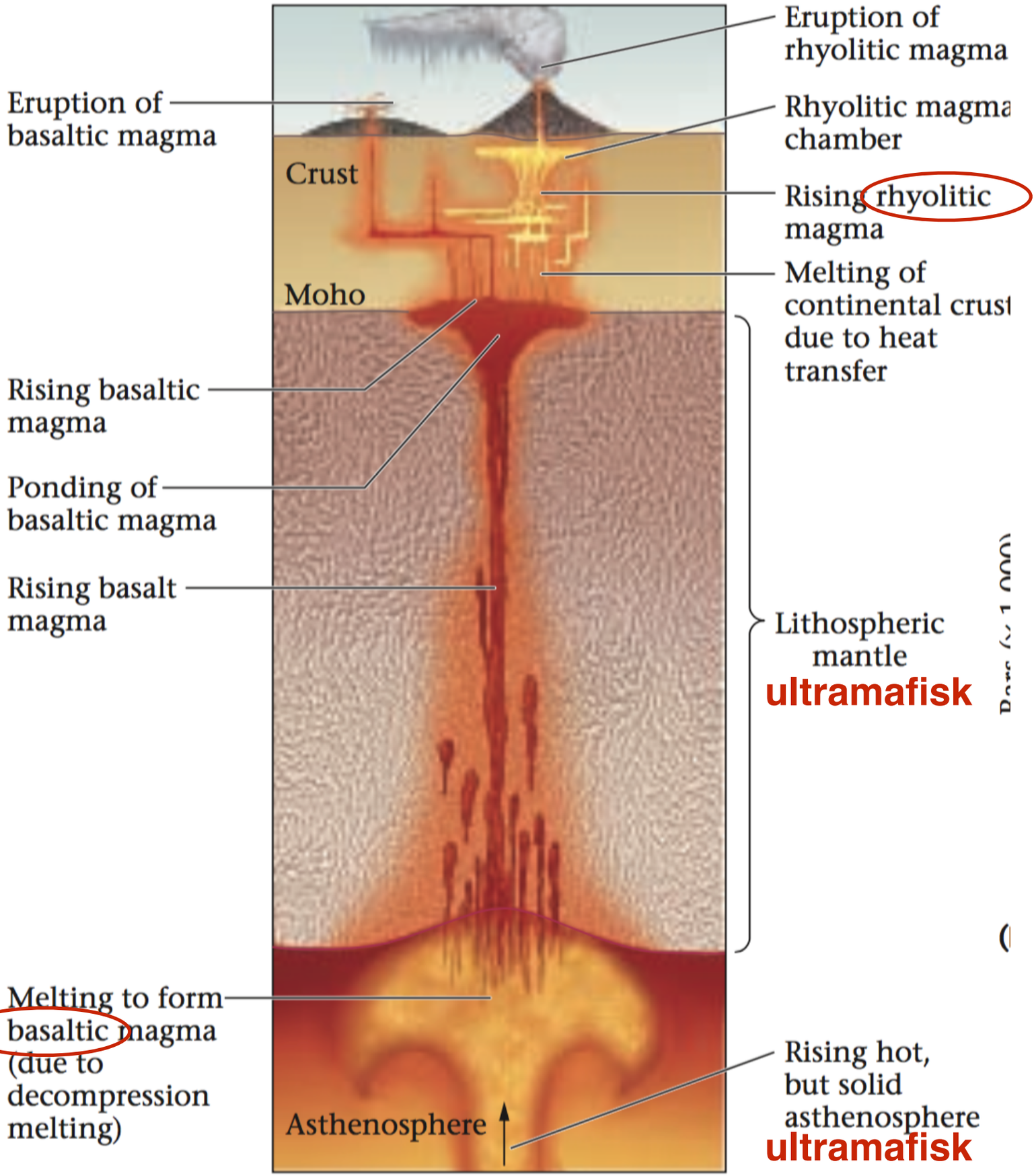


Med vanlig geothermal gradient: ingen smelting foregår.



Men: hvis gradient økes pga. stigning av varm basaltisk magma, kan skorpen smelte.

Mantel er ULTRAMAFISK, så partiellsmelte der er "basaltisk"
Skorpen er INTERMEDIÆR, så partiellsmelte der er "rhyolittisk".

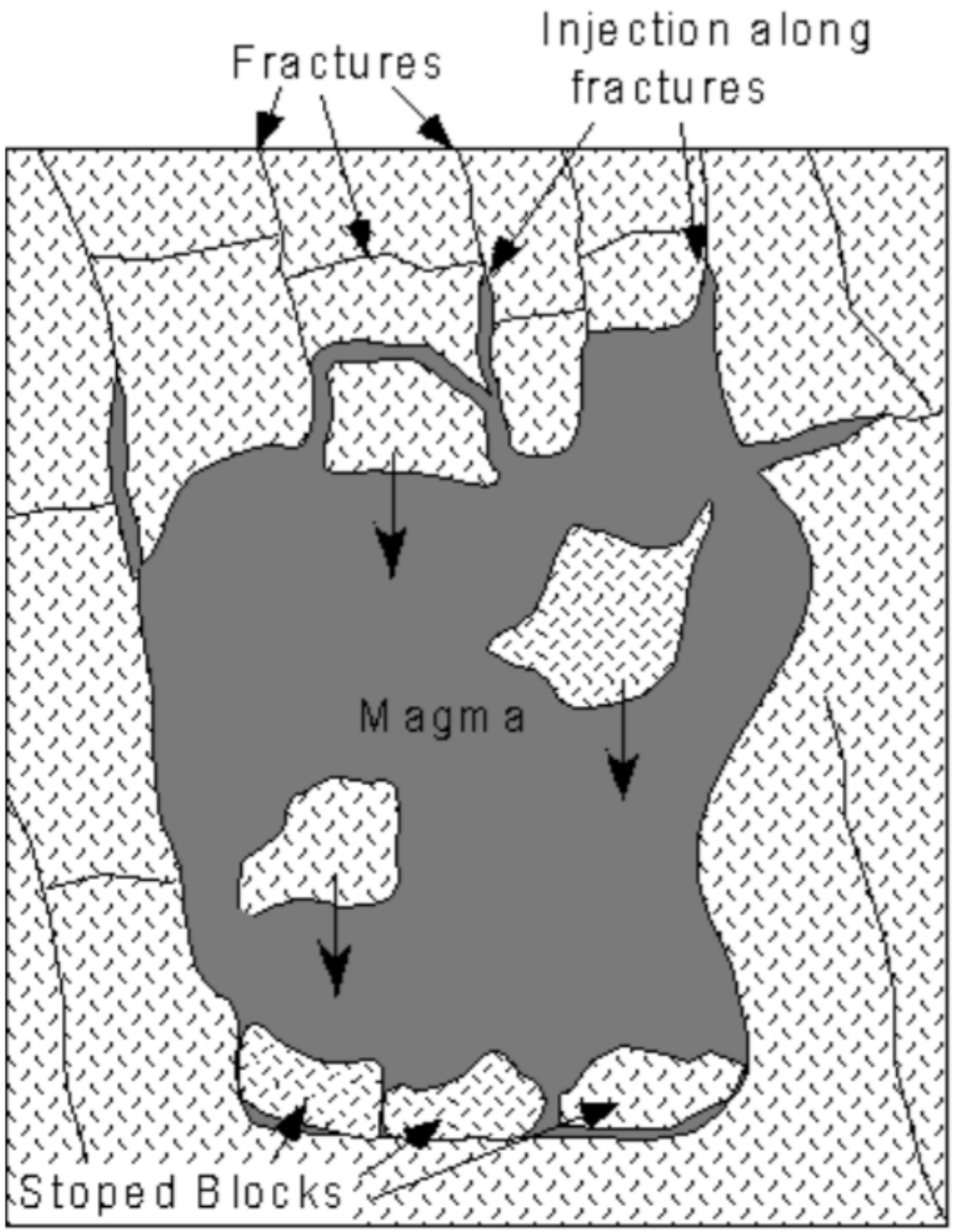

Eruption of basaltic magma
Crust
Moho
Rising basaltic magma
Ponding of basaltic magma
Rising basalt magma
Melting to form basaltic magma (due to decompression melting)
Asthenosphere
Not to scale
Eruption of rhyolitic magma
Rhyolitic magma chamber
Rising rhyolitic magma
Melting of continental crust due to heat transfer
Lithospheric mantle
ultramafisk
Rising hot, but solid asthenosphere
ultramafisk

(a)

It may also incorporate pieces of the surrounding rocks without melting them. These incorporated pieces are called ***xenoliths*** (foreign rocks).

xeno betyr fremmed, som i "xenofob"

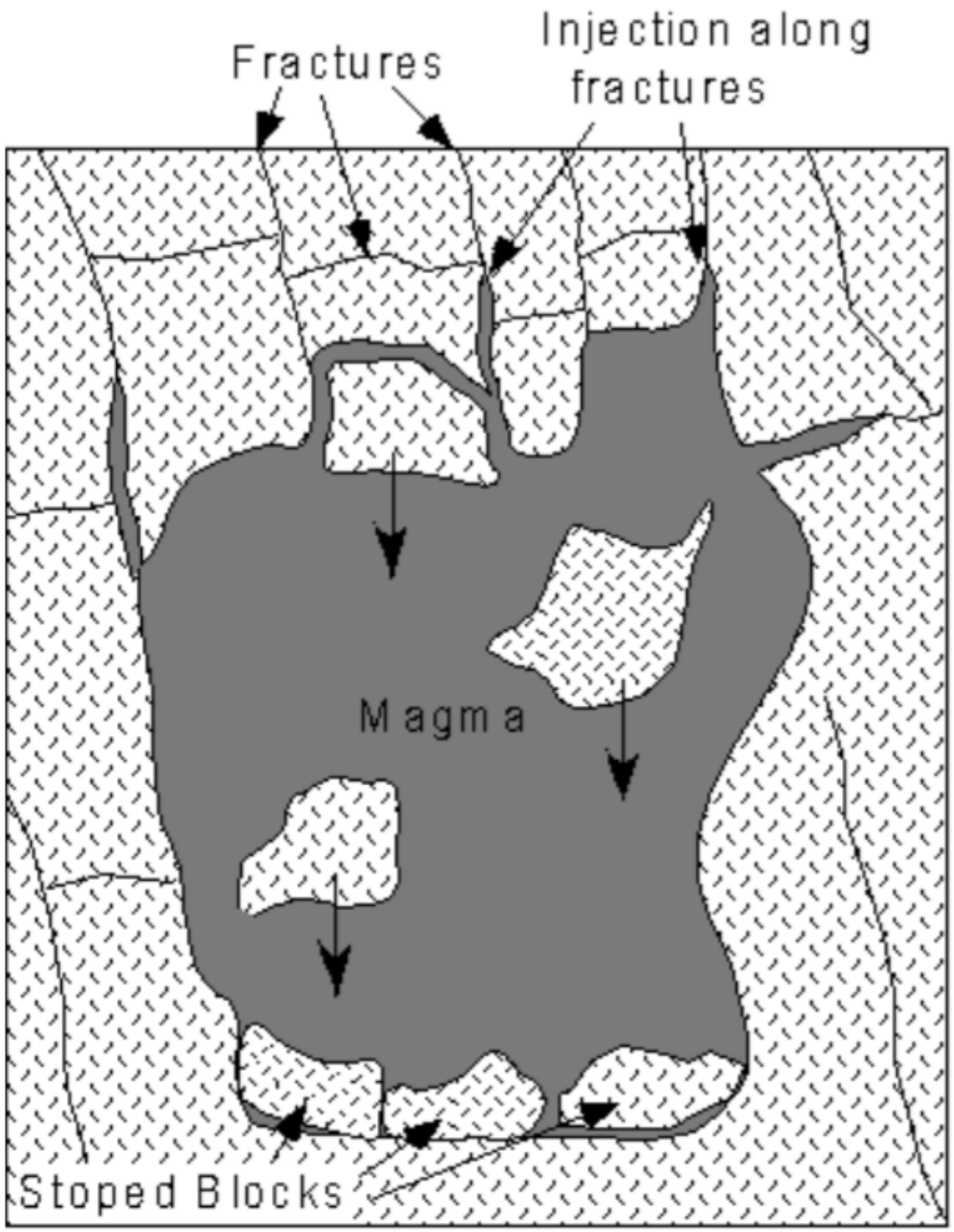
Magma intrudes by injection into fractures in the rock and expanding the fractures. The may also move by a process called stoping, wherein bocks are loosened by magma at the top of the magma body with these blocks then sinking through the magma to accumulate on the floor of the magma body.



It may also incorporate pieces of the surrounding rocks without melting them. These incorporated pieces are called ***xenoliths*** (foreign rocks).

xeno betyr fremmed, som i "xenofob"

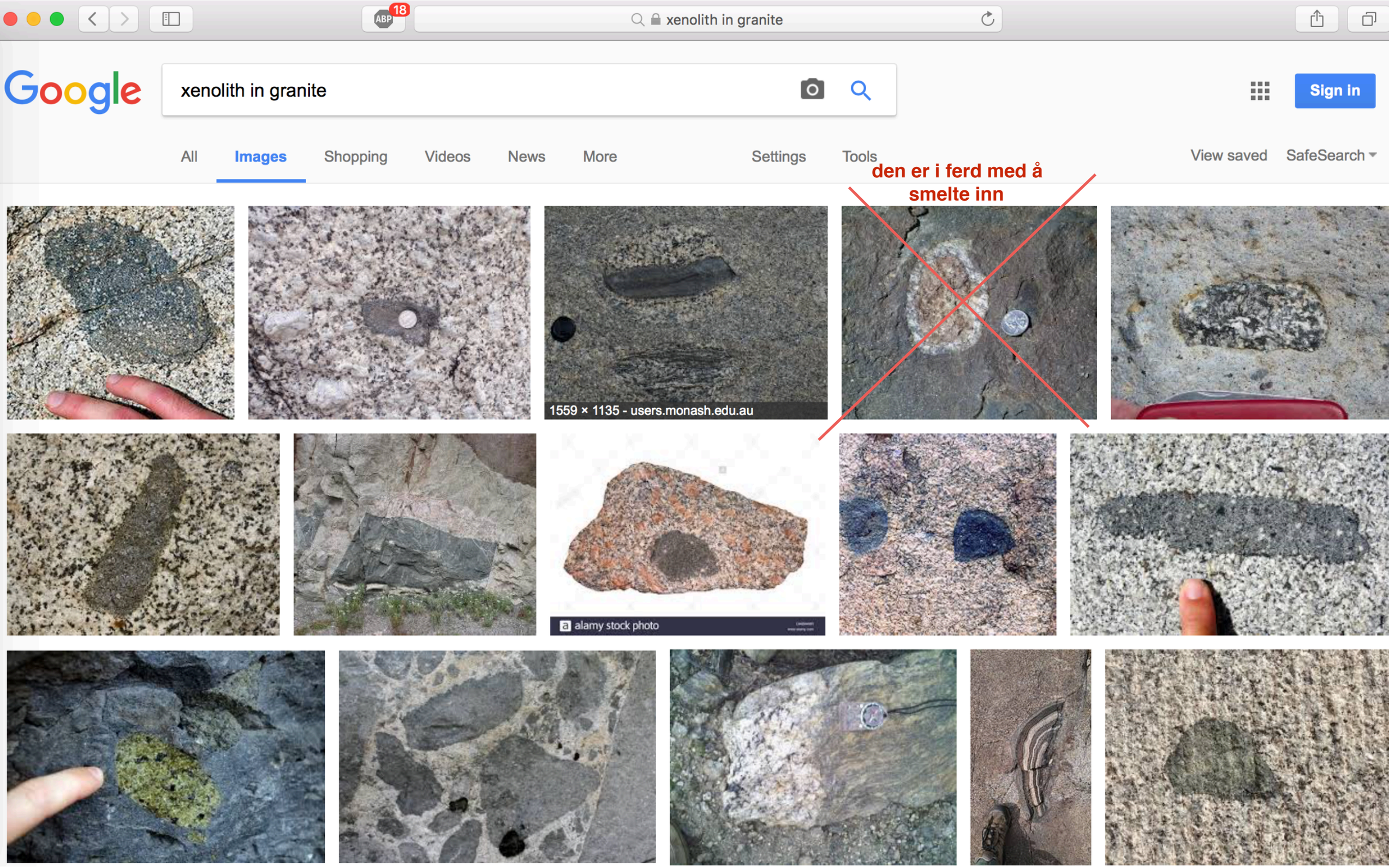
Magma intrudes by injection into fractures in the rock and expanding the fractures. The may also move by a process called stoping, wherein bocks are loosened by magma at the top of the magma body with these blocks then sinking through the magma to accumulate on the floor of the magma body.



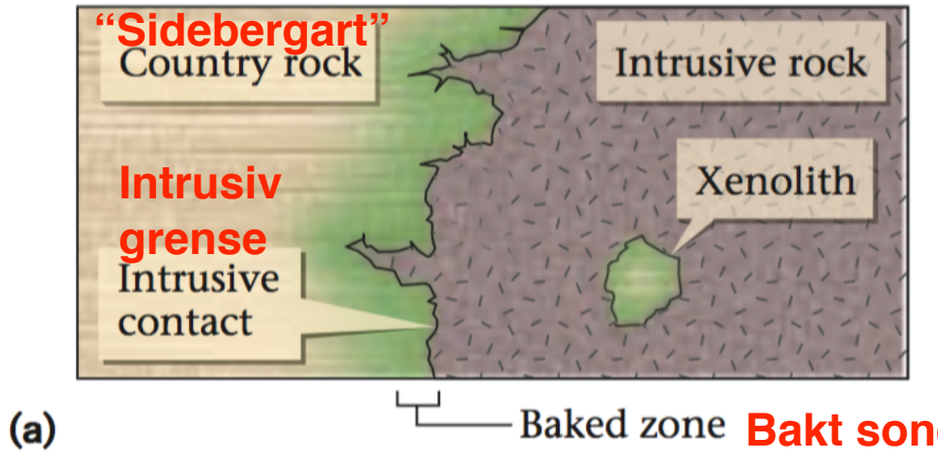
Bildet er kanskje litt misvisende:
Det finnes nesten aldri lyse xenolitter i mørk magma.

Xenolitter er alltid mørkere enn magma de sitter i.

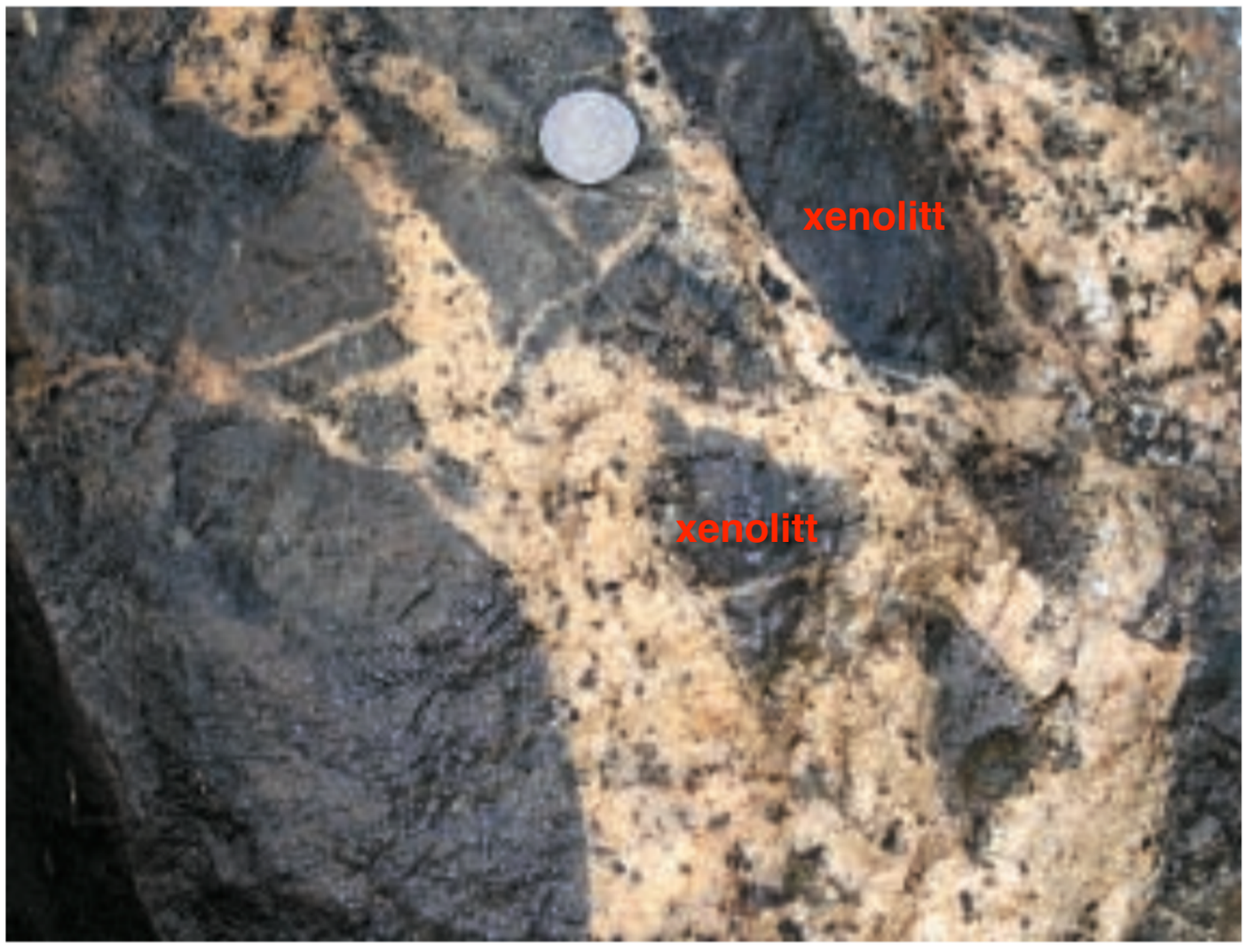
Typiske xenolitter



Olivin-peridotitt tatt med fra mantel.
Forekommer her som xenolitt i basalt

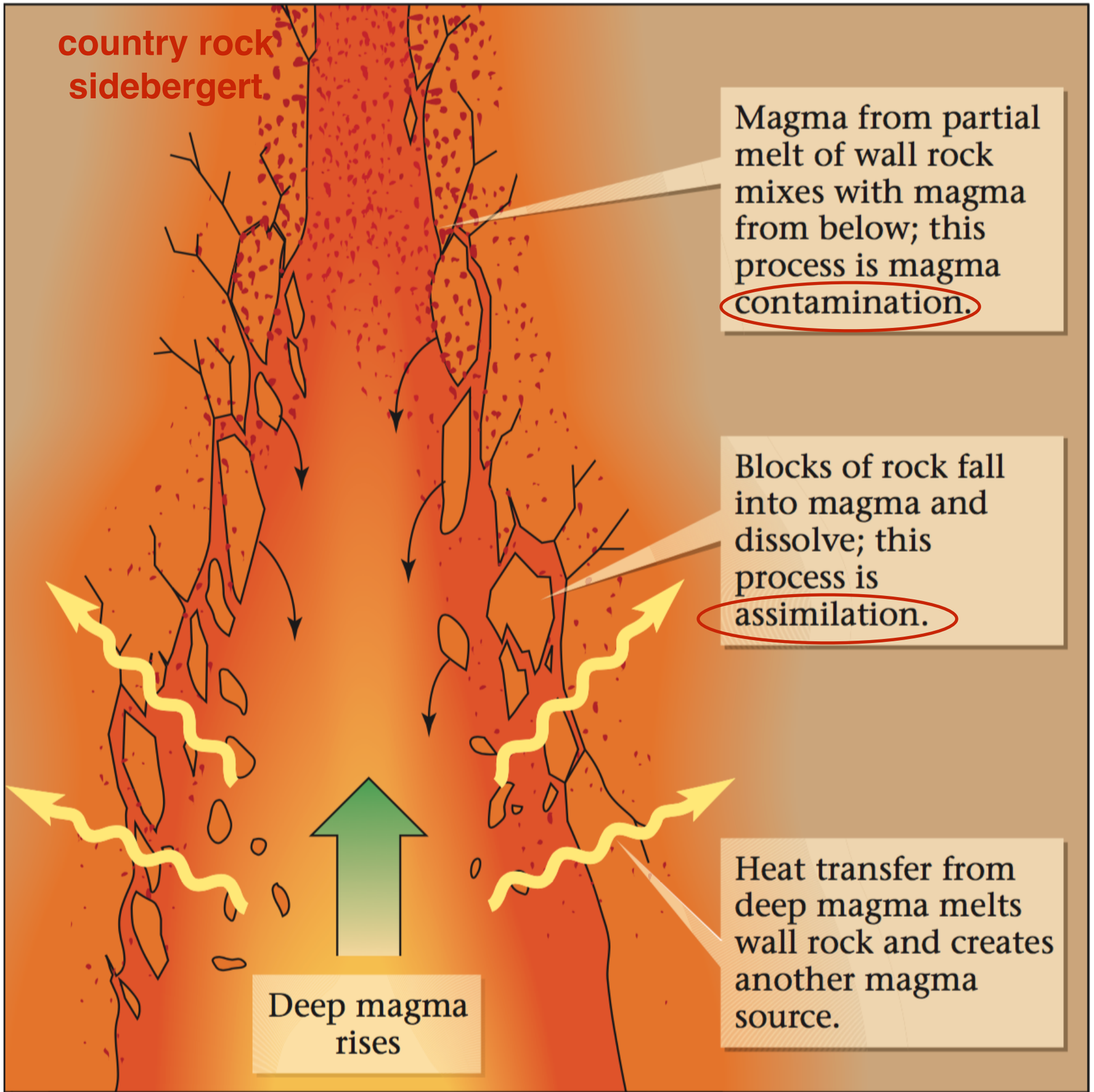


(a)



(b)

FIGURE 6.9 **(a)** An intrusive contact, showing the baked zone, blocks of country rock, fingers of the intrusion protruding into the country rock, and a xenolith. **(b)** A close-up photo of light-colored intrusive rock (granite) within dark-colored country rock. The coin indicates scale.

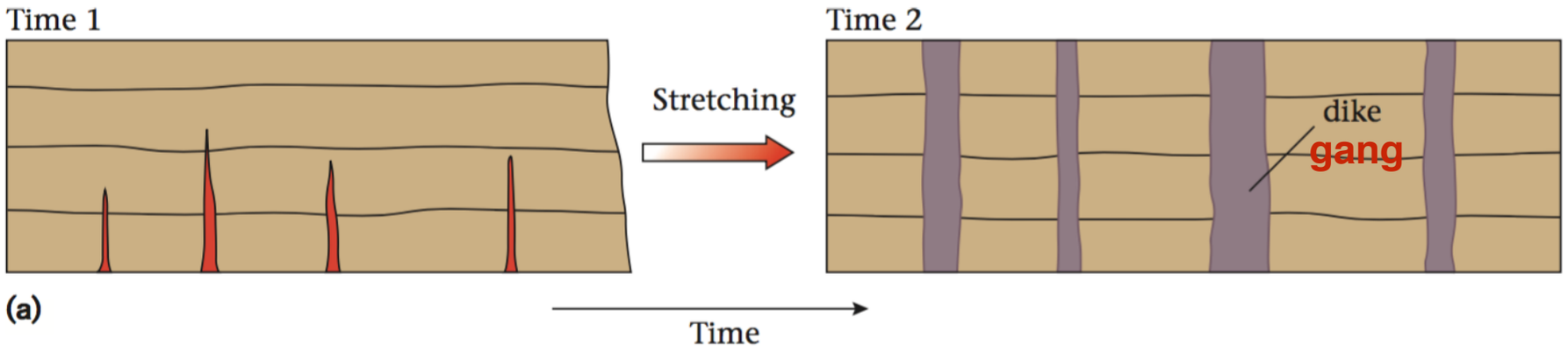


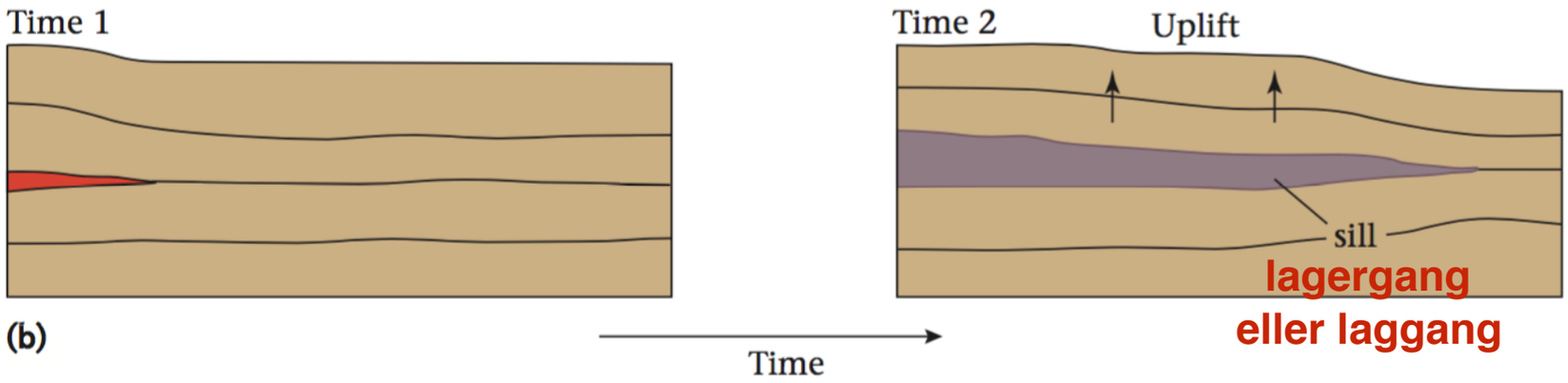
(b)

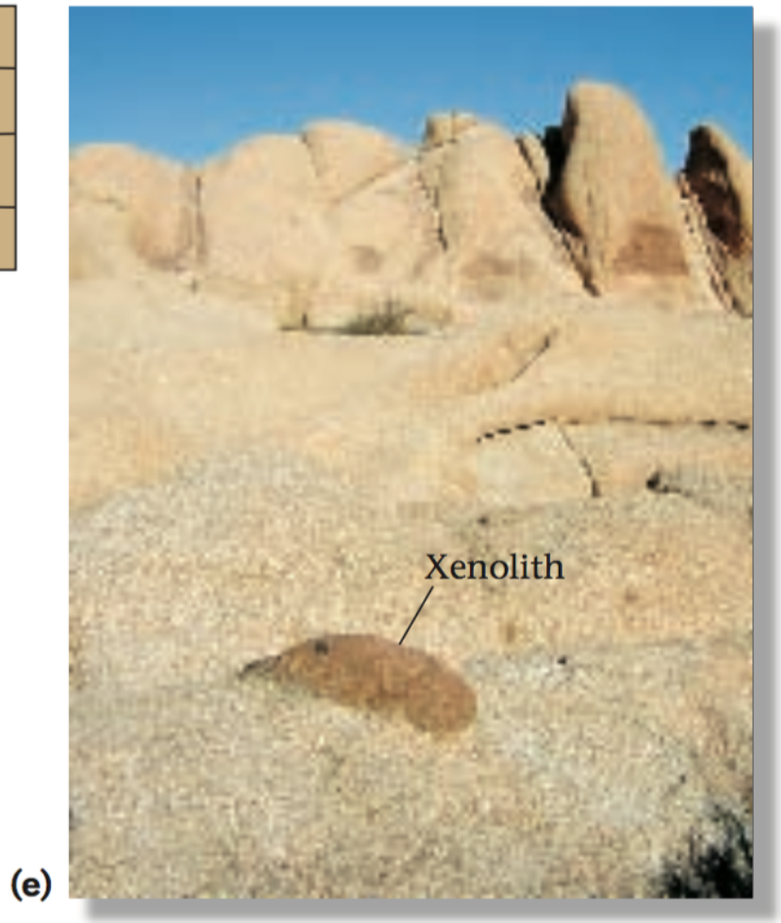
"kontaminering"

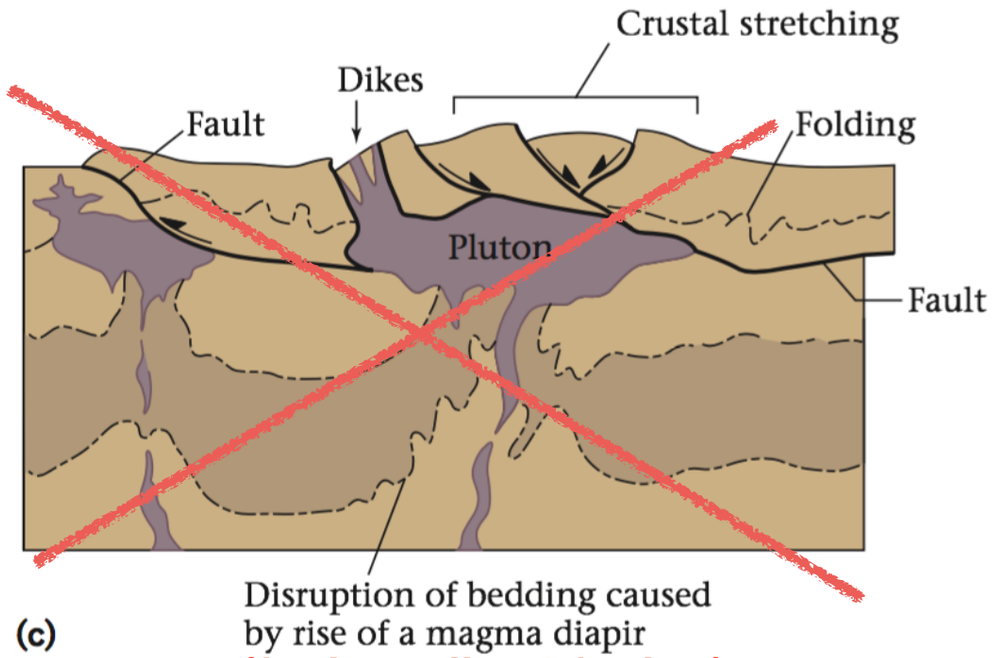
"assimilering"

kontakt smelting









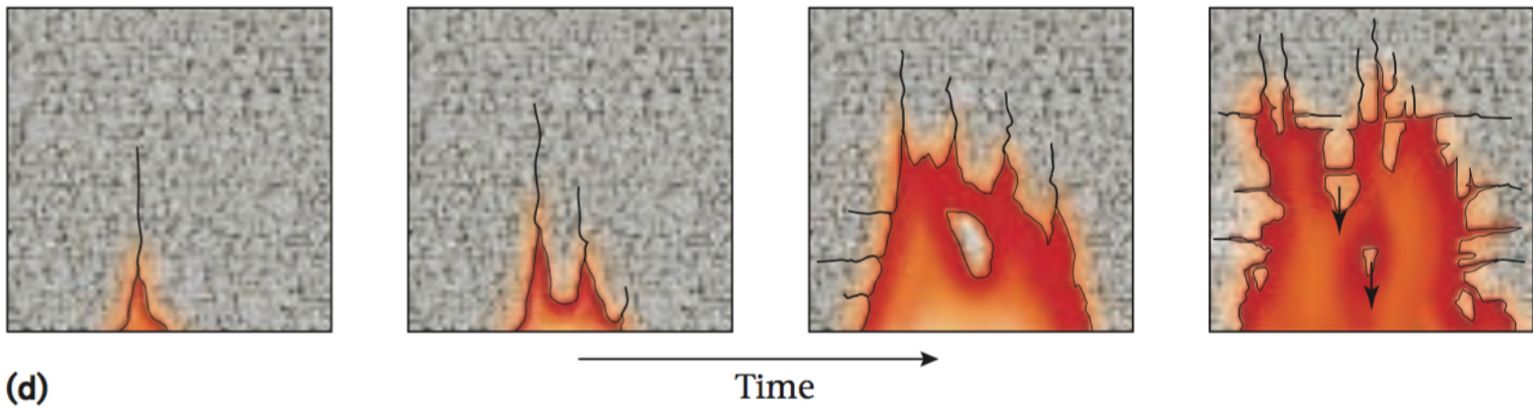
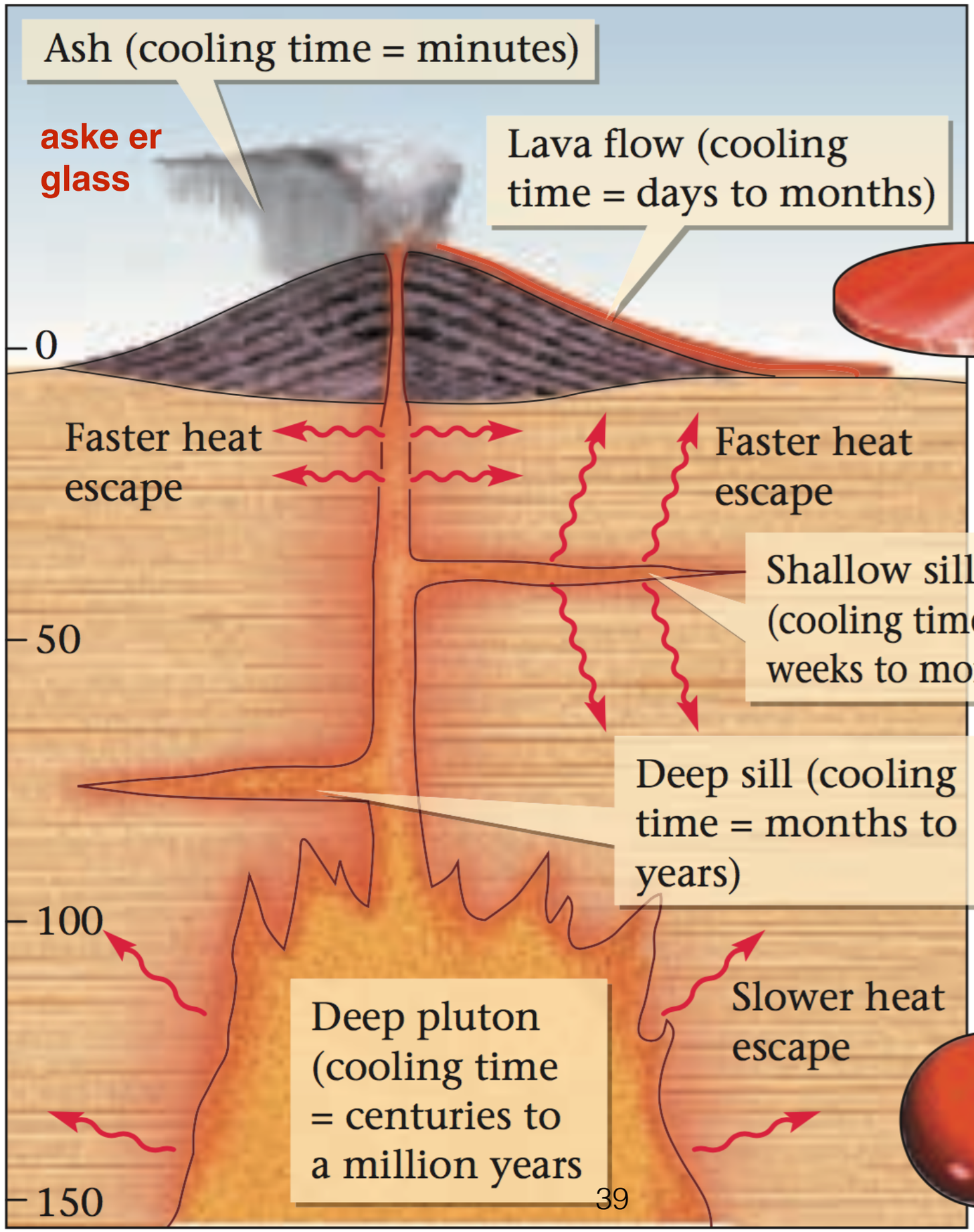


FIGURE 6.15 **(a)** Cross sections showing how the crust stretches sideways to accommodate dike intrusion. **(b)** Cross sections showing how intrusion of a sill may raise the surface of the Earth. **(c)** Ways in which crust accommodates emplacement of a pluton. **(d)** A magma stoping into country rock, gradually breaking off and digesting blocks as it moves. **(e)** Xenolith in a granite outcrop in the Mojave Desert. Note the coin for scale.



aske er glass

lavastrøm, finkornete mineraler og vulkansk glass

finkornete mineraler (ingen glass her)

grovkornete mineraler

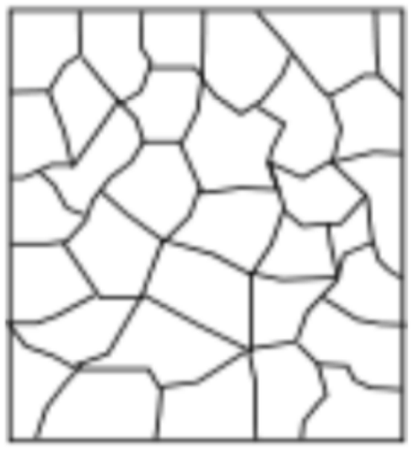
Because cooling of the magma takes place at a different rate, the crystals that form and their interrelationship (texture) exhibit different properties.

- Fast cooling on the surface results in many small crystals or quenching to a glass. Gives rise to ***aphanitic texture*** (crystals cannot be distinguished with the naked eye), or ***obsidian*** (volcanic glass). **phane = betyr "synlig", som 17.mai fane**

aphane = ikke synlig
"*a*" betyr "*ikke*" som 'apolitisk', 'asosial', 'atheist',

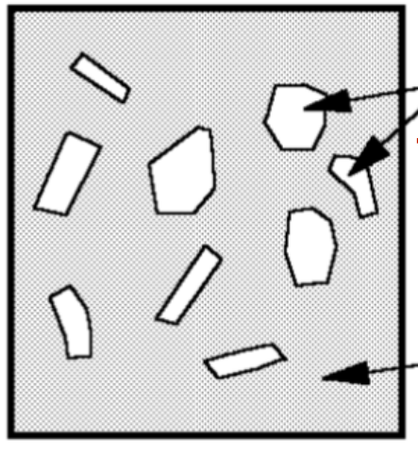
- Slow cooling at depth in the earth results in fewer much larger crystals, gives rise to ***phaneritic texture***.

faneritisk tekstur

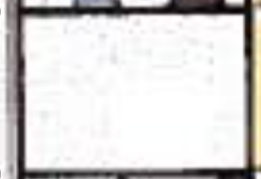


- ***Porphyritic texture*** develops when slow cooling is followed by rapid cooling. ***Phenocrysts*** = larger crystals, ***matrix*** or ***groundmass*** = smaller crystals.

geologer sier 'fenoskrystaller' (phenocrysts),
og ikke '~~fanokrystaller~~' (~~phanocrysts~~)



KJEMISK SAMMENSETNING	70% SiO2 FELSISK (GRANITTISK)	60% SiO2 INTERMEDIÆR (ANDESITTISK)	50% SiO2 MAFISK (BASALTISK)	40% SiO2 ULTRAMAFISK
HOVEDMINERALER	KVARTS, KALIFELTSPAT, NATRIUMPLAGIOKLAS	AMFIBOL, NATRIUM- OG KALSIUMRIK PLAGIOKLAS	PYROKSEN, KALSIUMRIK PLAGIOKLAS	OLIVIN, PYROKSEN
MINDRE BETYDNINGSFULLE MINERALER	AMFIBOLER, MUSKOVITT, BIOTITT	AMFIBOLER, BIOTITT	PYROKSENER, OLIVIN	KALSIUMRIK PLAGIOKLAS
FARGEINDEKS BASERT PÅ % AV MØRKE MINERALER	0–25 % (1)	25–45 % (2)	45–85 % (3)	85–100 % (4)

TEKSTUR					
GROVKORNET (faneritisk)		GRANITT	DIORITT	GABBRO	PERIDOTITT
FINKORNET (afanitisk)		RHYOLITT	ANDESITT	BASALT	KOMATIITT (SJELDEN)
PORFYRISK		PORFYRISK TEKSTUR KAN FOREKOMME I ALLE OVENSTÅENDE BERGARTER			FINNES IKKE
GLASS		OBSIDIAN PIMPSTEIN			
PYROKLASTISK		TUFF: FRAGMENTER MINDRE ENN 2 MM VULKANSK BREKSJE: FRAGMENTER STØRRE ENN 2 MM			

klastisk er fragment-holdig

breksje er brukket

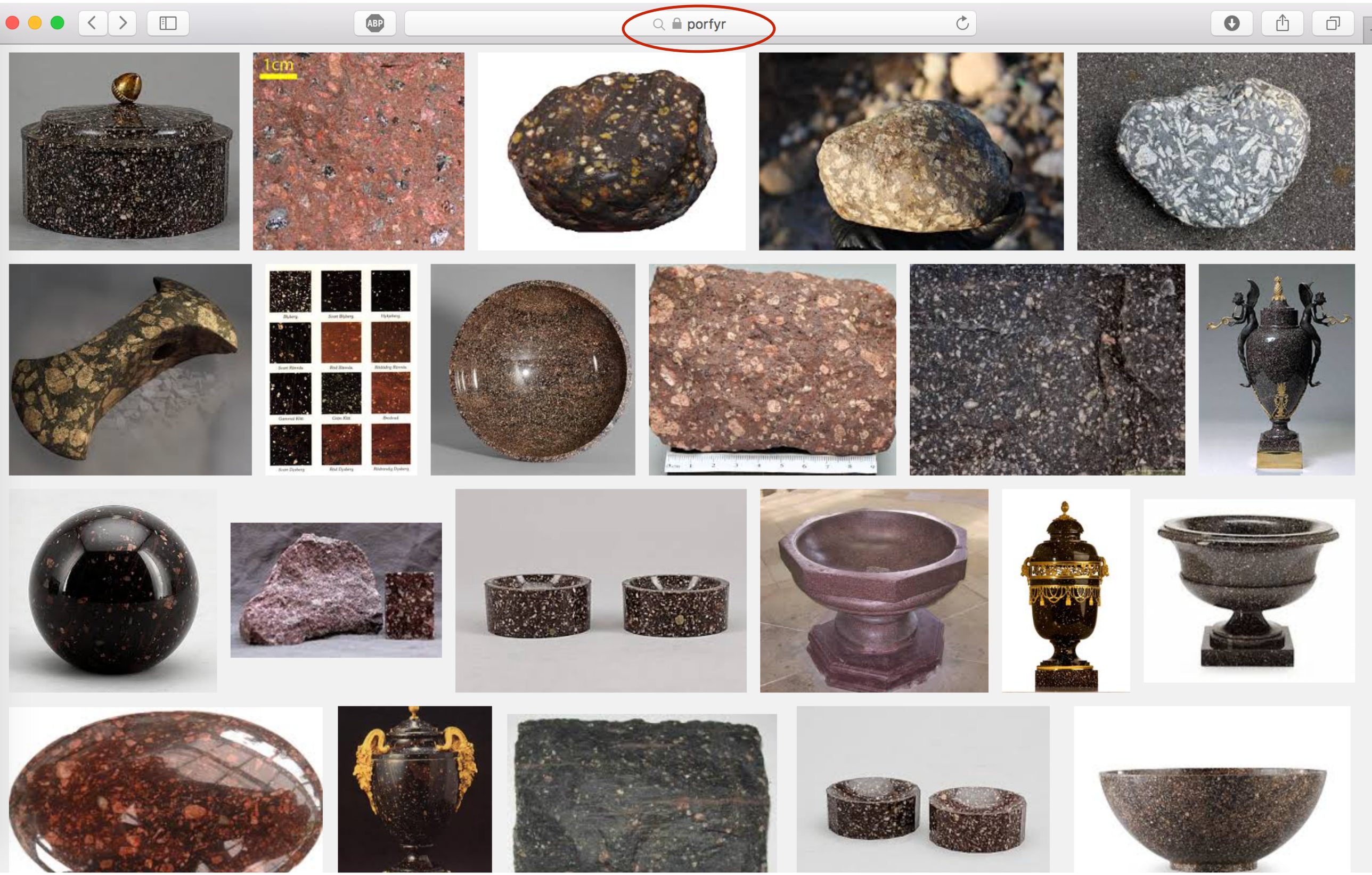
Plagioklasporfyr (Jeløya utenfor Moss)

te kuppeldiapirer (se side 99–100) over krateret.

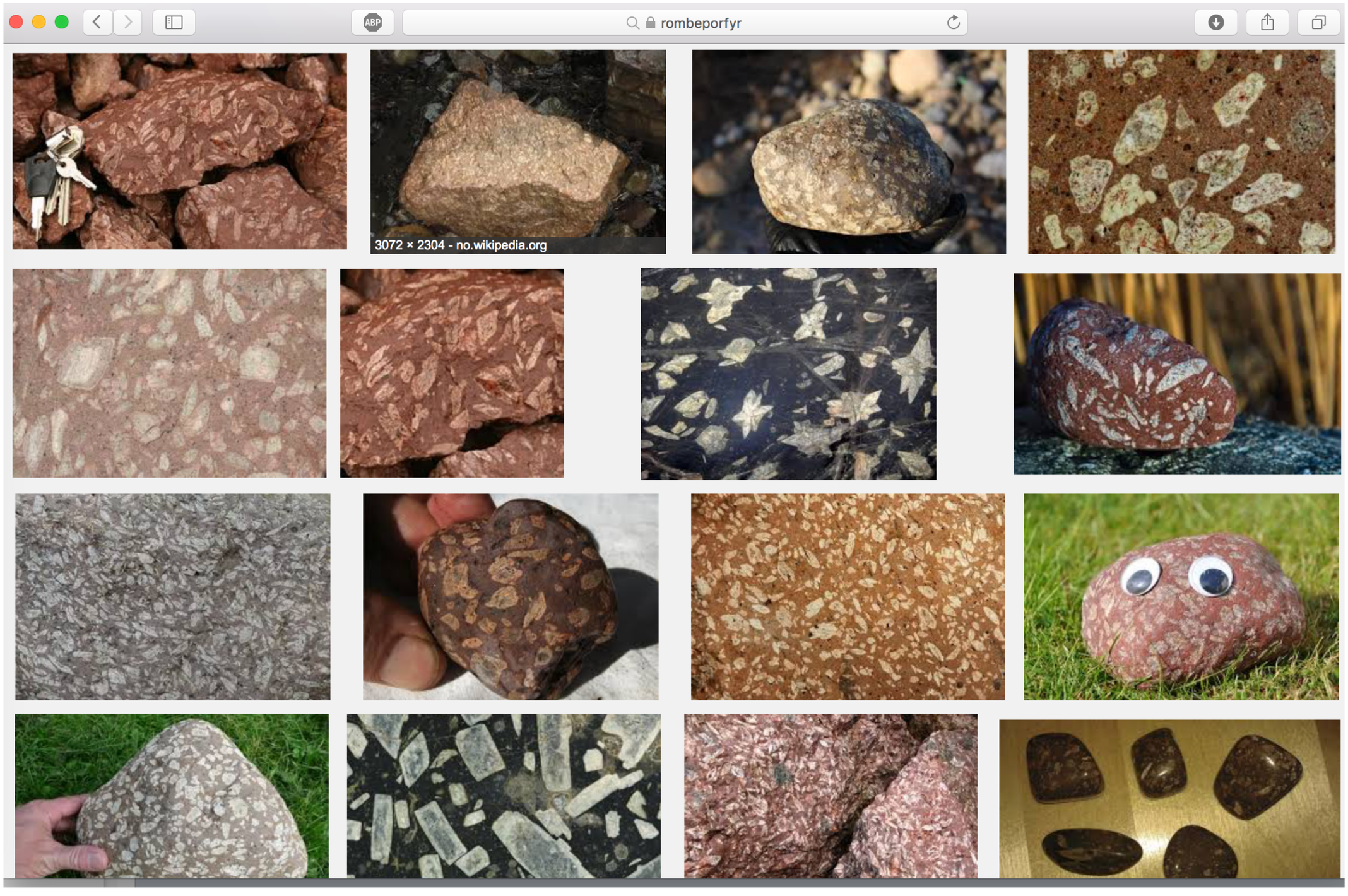
"*Porfyr*", med hvite plagioklas "*fenokrystaller*" i mørk *afanitisk matriks* (matriks kalles også "*grundmasse*")

(fagbegrep)

Typiske porfyrer



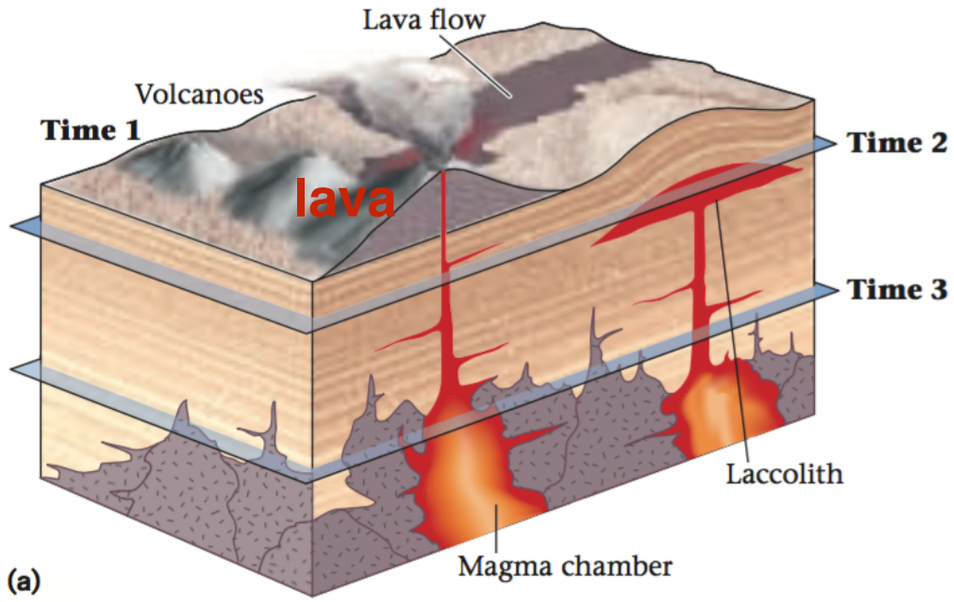
Oslofelt er kjent for porfyrer, som kalles for *rombeporfyrer*



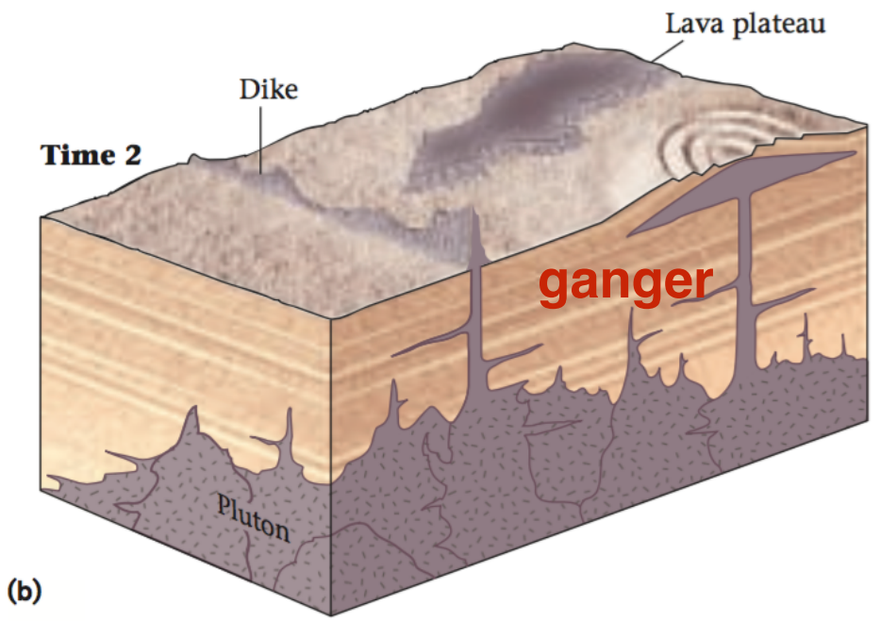
Fenokrystallene med krystall-flater utkrystalliserte i en magma-kammer.
Da ble det utbrudd, og lava strømte ut med noen fenokrystaller.
Lava størknet raskt til afanitisk lava med fenokrystaller, det vil si "porfyr"

Utvikling av bergarter og landskapet.
Erosjon fjerner øvere deler av jordskorpen.

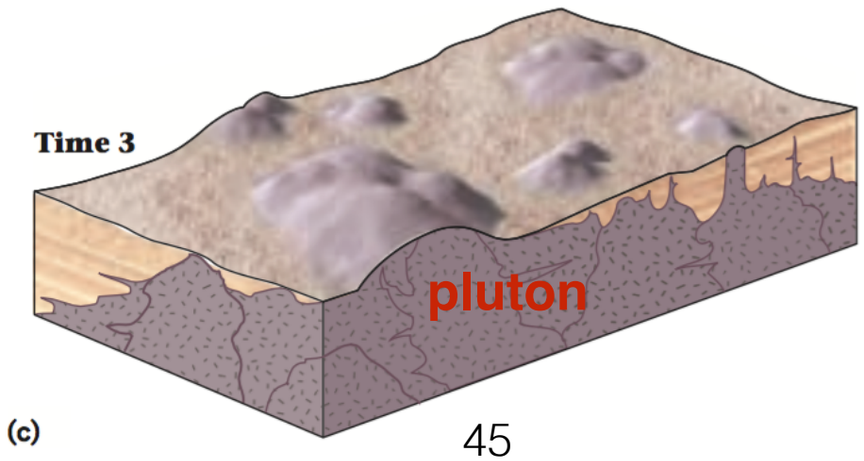
"Tid 1" ny magma og lava.

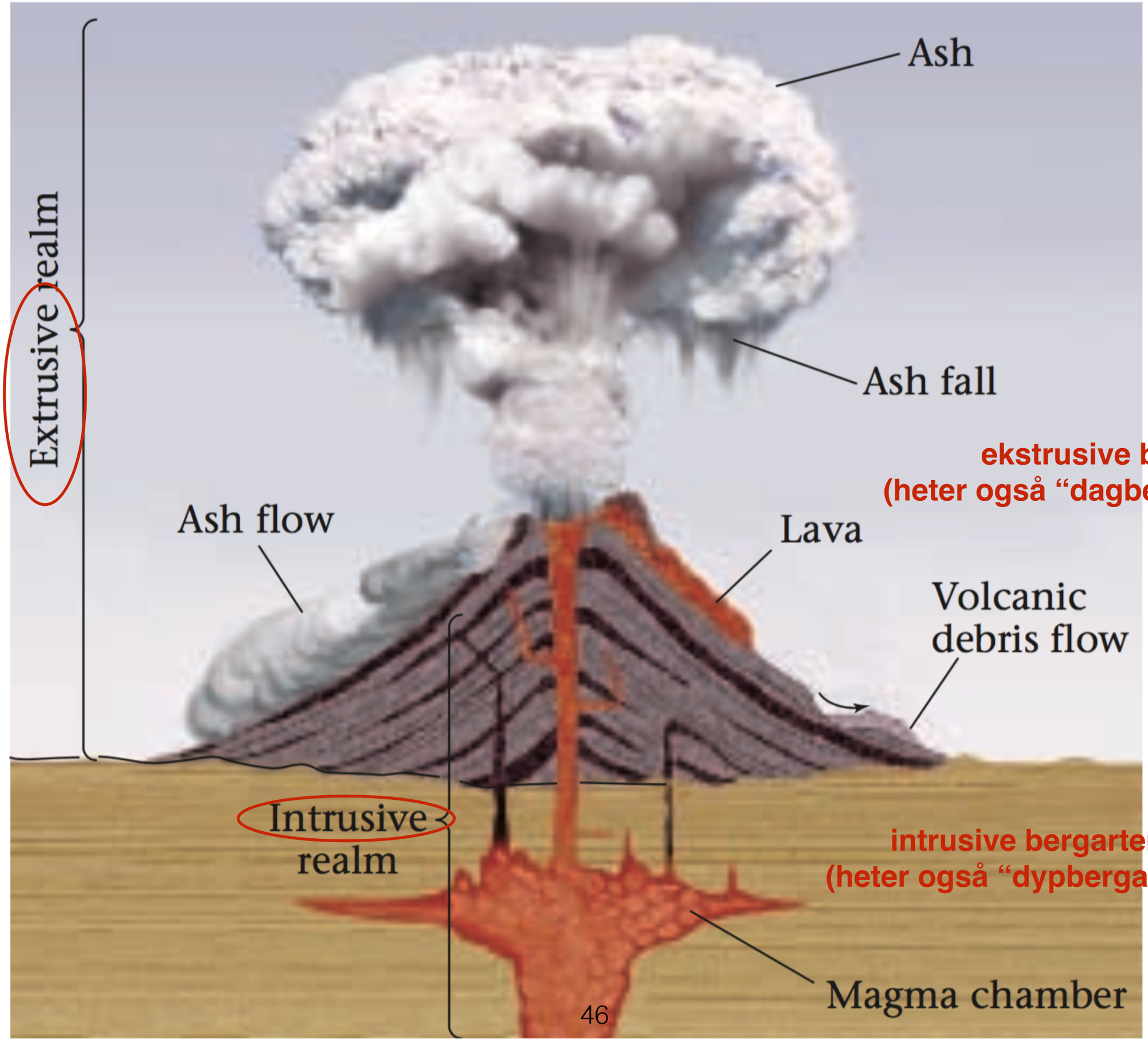


"Tid 2": Ingen magma, kun erosjon.



"Tid 3" ingen lava, kun dypere erosjon som viser plutoner.



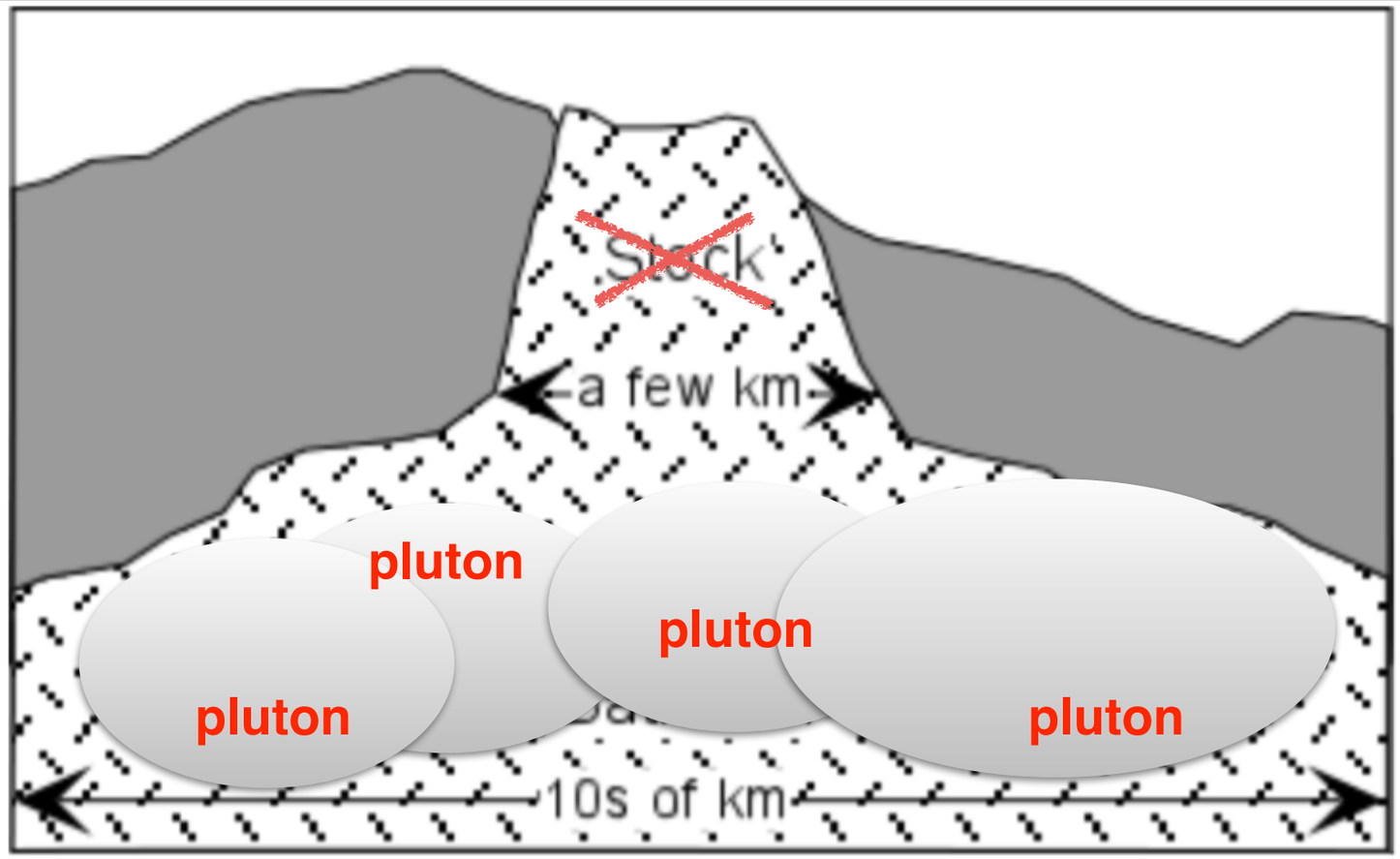


ekstrusive ba.
(heter også "dagbergarter")

intrusive bergarter
(heter også "dypbergarter")

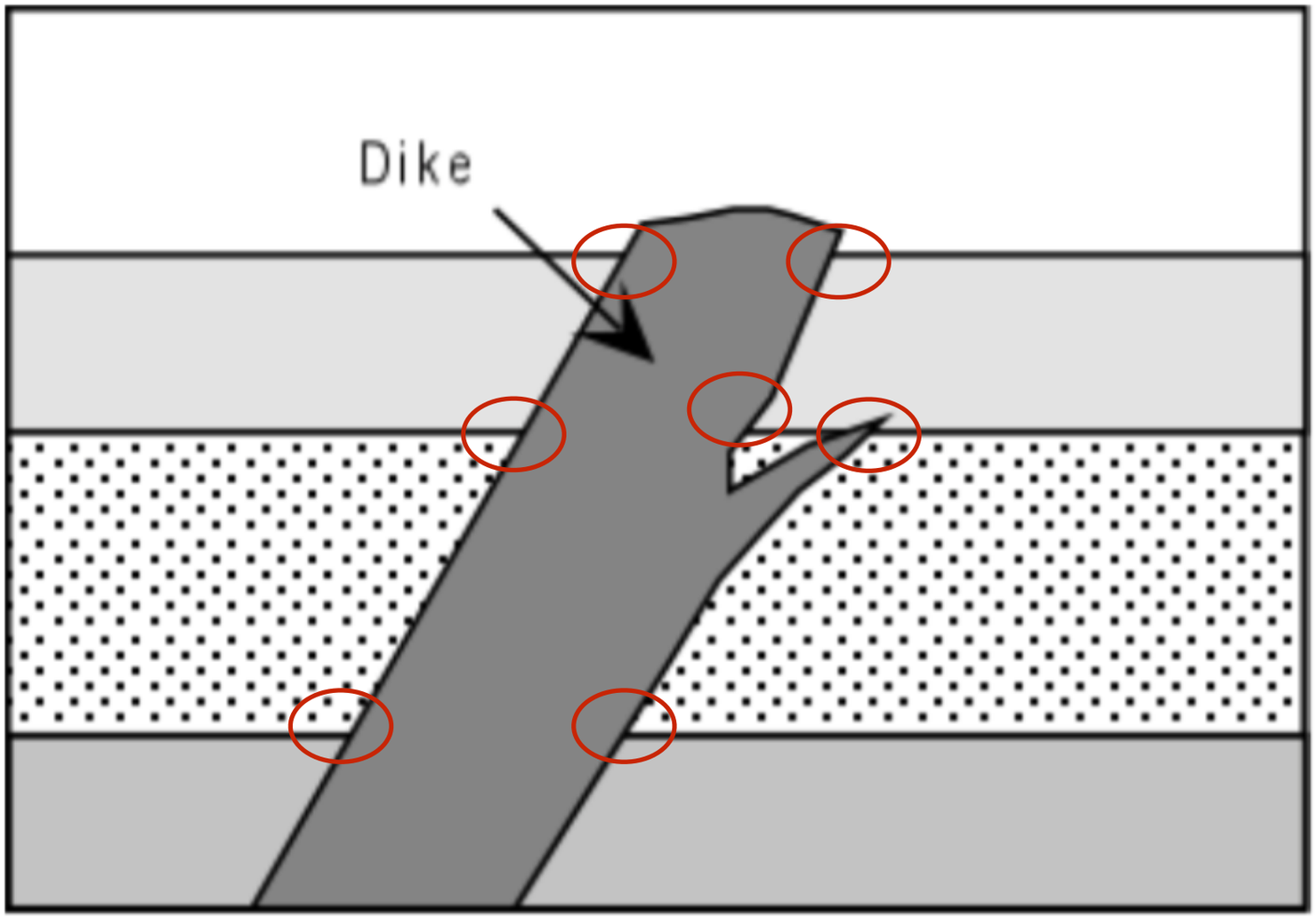
Her har jeg tegnet flere ovale plutoner innenfor denne store batolitten

- If multiple intrusive events occur in the same part of the crust, the body that forms is called a **batholith.** Several large batholiths occur in the western U.S. - The Sierra Nevada Batholith, the Coast Range Batholith, and the Idaho Batholith, for example (See figure 1-14a in your text).



During a magmatic event there is usually a close relationship between intrusive activity and extrusive activity, but one cannot directly observe the intrusive activity. Only after erosion of the extrusive rocks and other rock above the intrusions has exposed the intrusions do they become visible at the earth's surface (see figure 6.12 in your text).

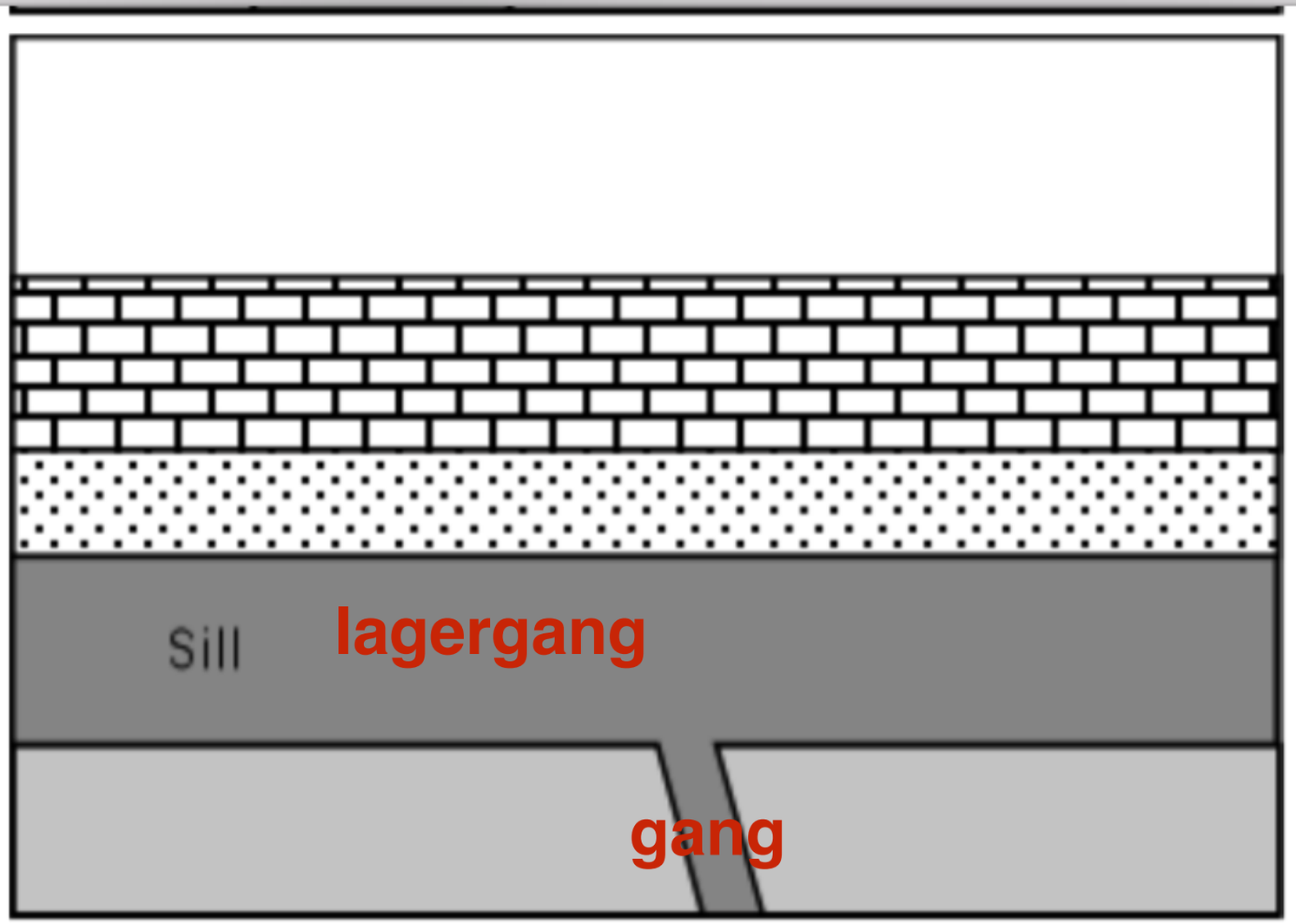
- **Dikes** are small (<20 m wide) shallow intrusions that show a discordant relationship to the rocks in which they intrude. Discordant means that they cut across preexisting structures. They may occur as isolated bodies or may occur as swarms of dikes emanating from a large intrusive body at depth.



en "gang"

***Diskordant*. Det vil si at den "kutter" bergartsgrenser.**

- **Sills** are also small ~~(<50 m thick)~~ shallow intrusions that show a concordant relationship with the rocks that they intrude. Sills usually are fed by dikes, but these may not be exposed in the field.



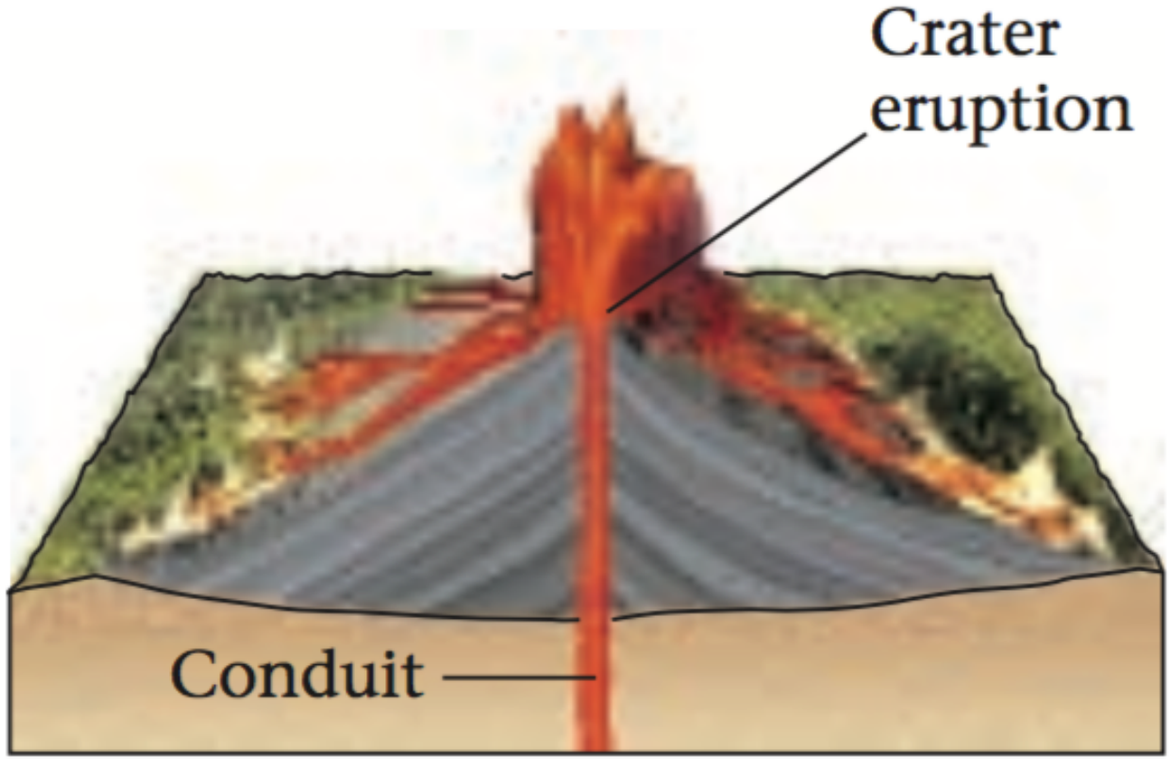
en "**lagergang**"

("konkordant" Det vil si, parallell med andre bergartsgrenser)

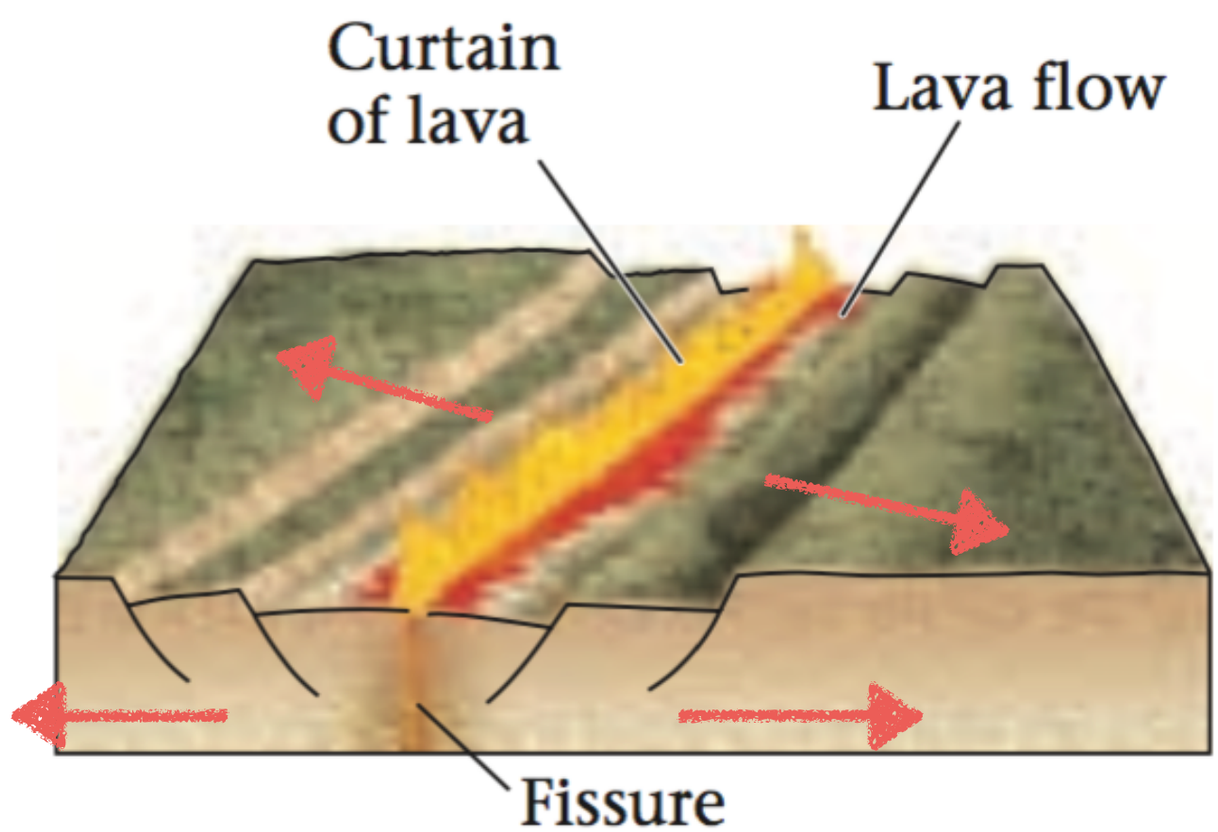
vulkansk ba. (ekstrusiv)	**rhyolitt**	**andesitt**	**basalt**	**komatiitt**
***gangba**. (intrusiv)*	**aplitt**		**diabas** (i USA) eller **doleritt** (i UK)	
plutonsk ba. (intrusiv)	**granitt**	**dioritt**	**gabbro**	**peridotitt**

spesielle begrep for felsiske og mafiske gangbergarter: aplitt og diabas.

FIGURE 9.9 **(a)** Some volcanoes erupt out of a circular vent above a tube-shaped conduit. **(b)** Other volcanoes erupt out of a long crack, called a fissure, and produce a curtain of lava. **(c)** A "curtain of fire" formed as lava erupts from a fissure. **(d)** A row of small cones, formed by eruption of lava at discrete vents along a fissure.



Sentralvulkan
(eng: central volcano)
ingen strekning av skorpen



Spaltevulkan
(eng: fissure eruption)
resultat av horisontal strekning av skorpen (se mine røde piler)

Viscosity of Magmas

(husk at SiO_4 fungerer som fortykningsmiddel)

Viscosity is the resistance to flow (opposite of fluidity). Depends on composition, temperature, & gas content.

- Higher SiO_2 content magmas have higher viscosity than lower SiO_2 content magmas
- Lower Temperature magmas have higher viscosity than higher temperature magmas.

Summary Table

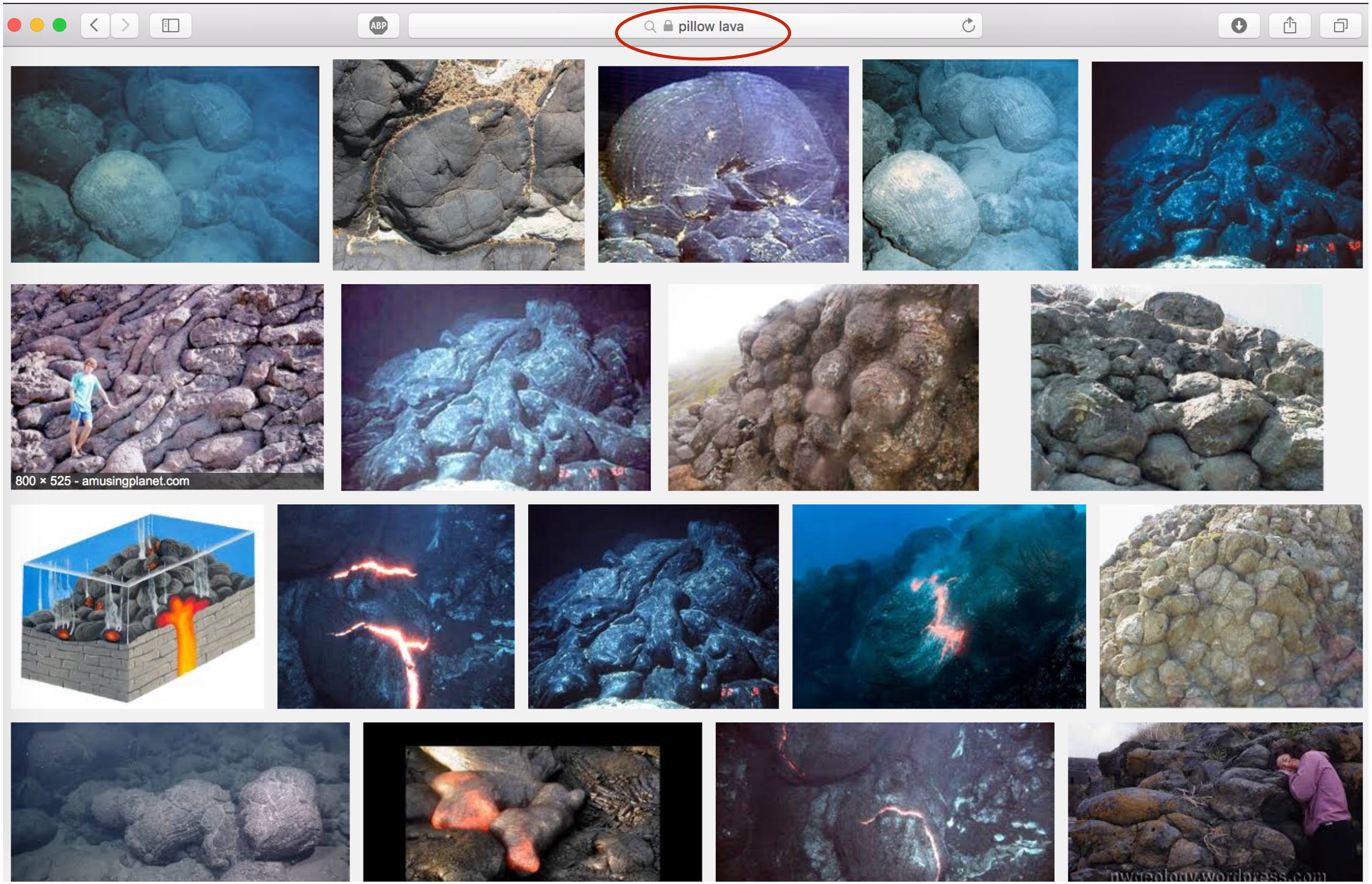
Magma Type	Solidified Volcanic Rock	Solidified Plutonic Rock	Chemical Composition (sammensetning)	Temperature	Viscosity (viskositet)	Gas Content
Mafic or Basaltic	Basalt	Gabbro	45-55 SiO_2 %, high in Fe, Mg, Ca, low in K, Na	1000 - 1200 °C	Low (som mørk syrup)	Low (fordi gass kommer vekk)
Intermediate or Andesitic	Andesite	Diorite	55-65 SiO_2 %, intermediate in Fe, Mg, Ca, Na, K	800 - 1000 °C	Intermediate (sviskefarget? yogurt)	Intermediate
Felsic or Rhyolitic	Rhyolite	Granite	65-75 SiO_2 %, low in Fe, Mg, Ca, high in K, Na	650 - 800 °C	High (som hvit tannpasta)	High (fordi gass blir fanget)

sprakk opp her under avkjølingen i regelmessige, sekskantete søyler, hver på rundt en halv meter i diameter.

Kun mafisk lava.
Lav viskositet

Putelava. Der basaltisk lava trenger fram på havbunnen, for eksempel langs midthavsryggene, blir lavaen sjokk-avkjølt og danner puteformete legemer som er 10–50 cm store. Ytterst dannes det en tynn glass-skorpe, derunder tett basalt, som sprekker opp i karakteristiske, radiære sprekker.

Dårlig eksempel. Gå til Google for bedre bilder



Se også youtube med søkeørd: "pillow lava"
(f.eks. pillow lava 480)