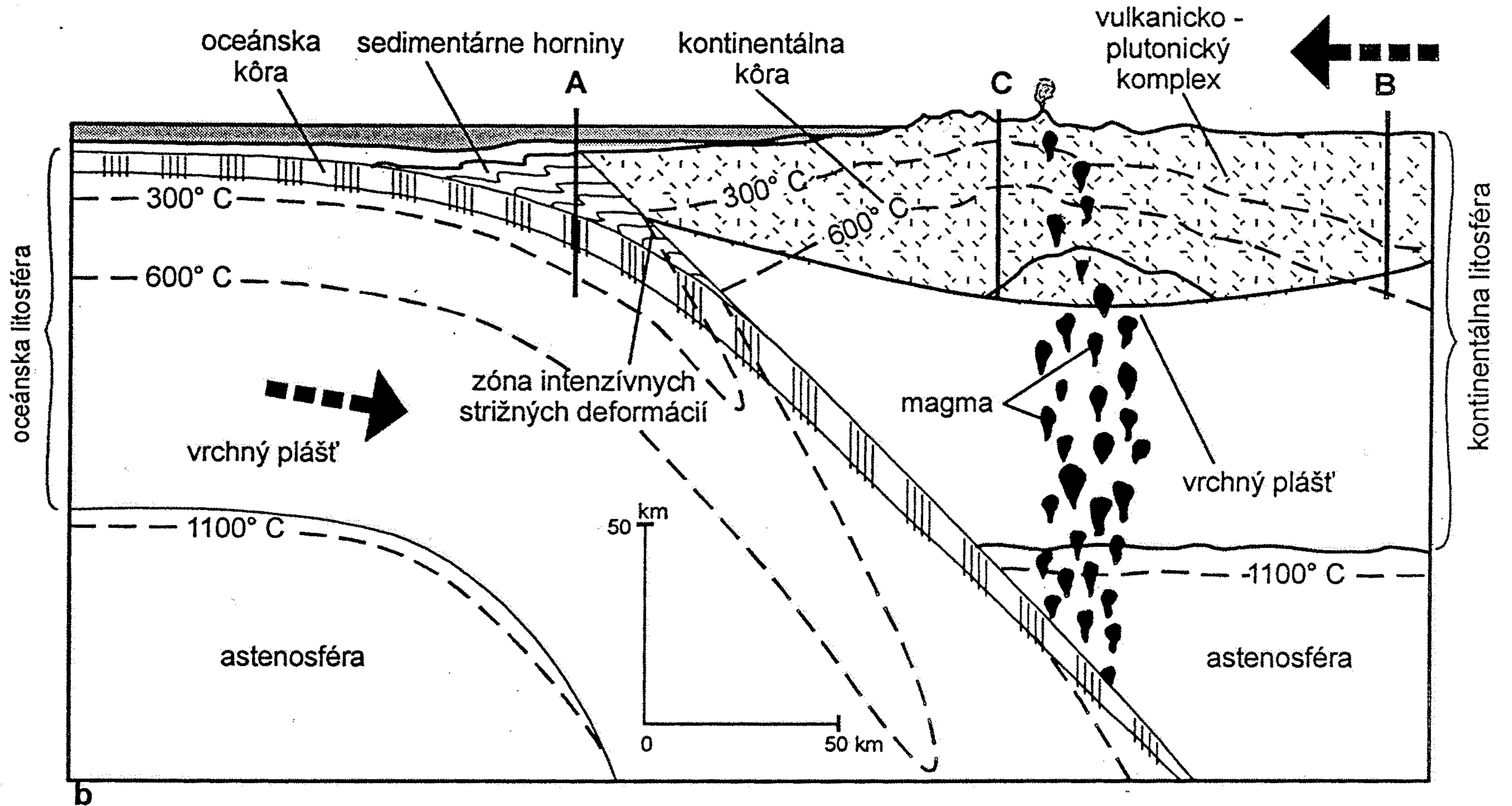
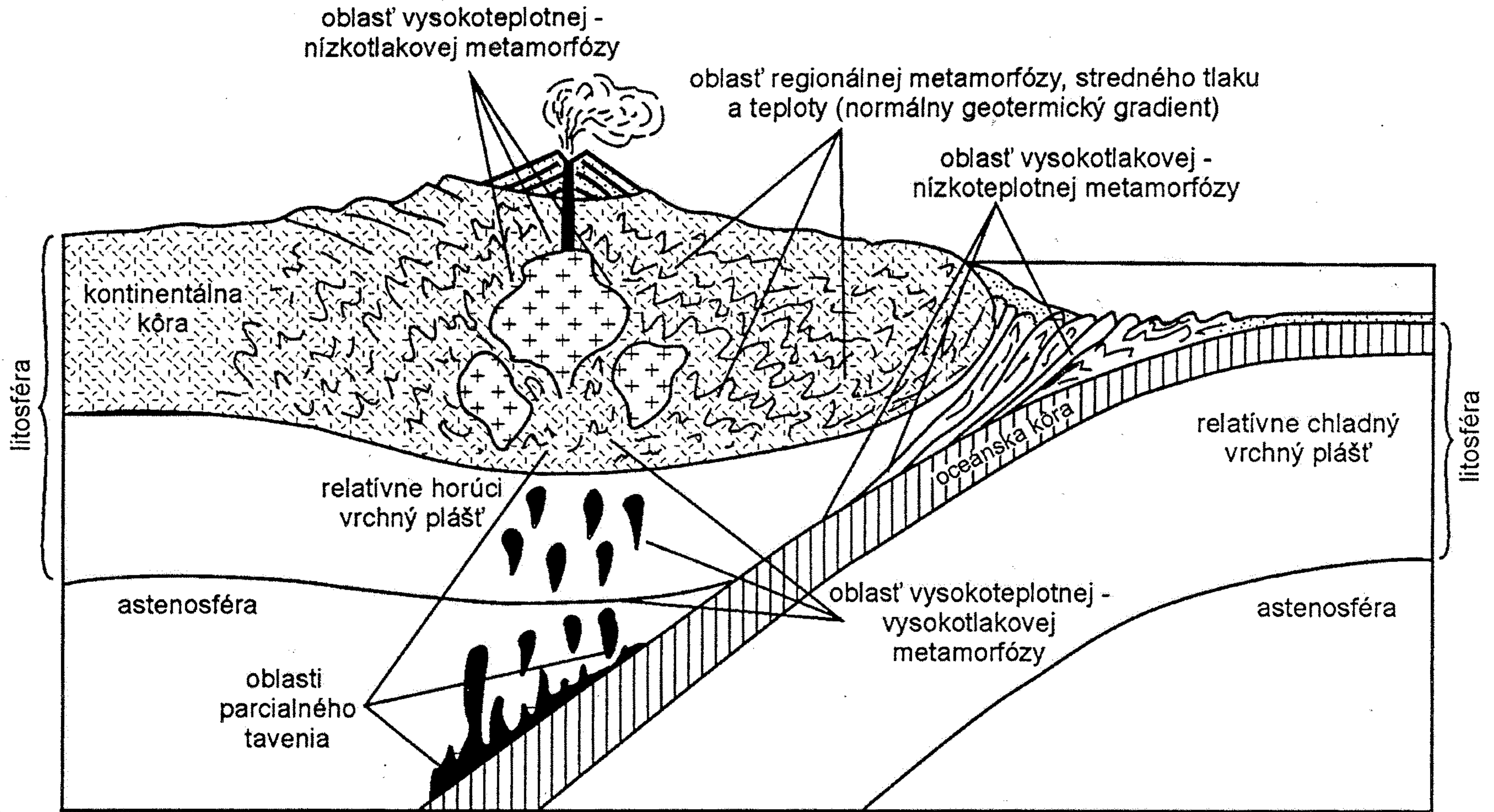


Abb. 13.1
 Druck- und Temperaturbedingungen der metamorphen Prozesse in der Lithosphäre; die geraden Linien stellen geothermische Gradienten dar: A) Im Bereich der abtauchenden Platte einer Subduktionszone (gilt nur für Subduktionszonen mit Abtauchwinkeln $> 30^\circ$, bei flacheren Abtauchwinkeln gilt B); B) Kontinentale Kruste im Bereich eines Magmatic arcs oder einer Kontinent-Kontinent-Kollision; C) Kontaktmetamorphose und hydrothermale Metamorphose, z.B. am Mittelozeanischen Rücken; die in der Abbildung gezeigten Begriffe werden im Text erläutert (10 kbar = 1 GPa) (Entwurf: G. FRANZ, nach verschiedenen Quellen).



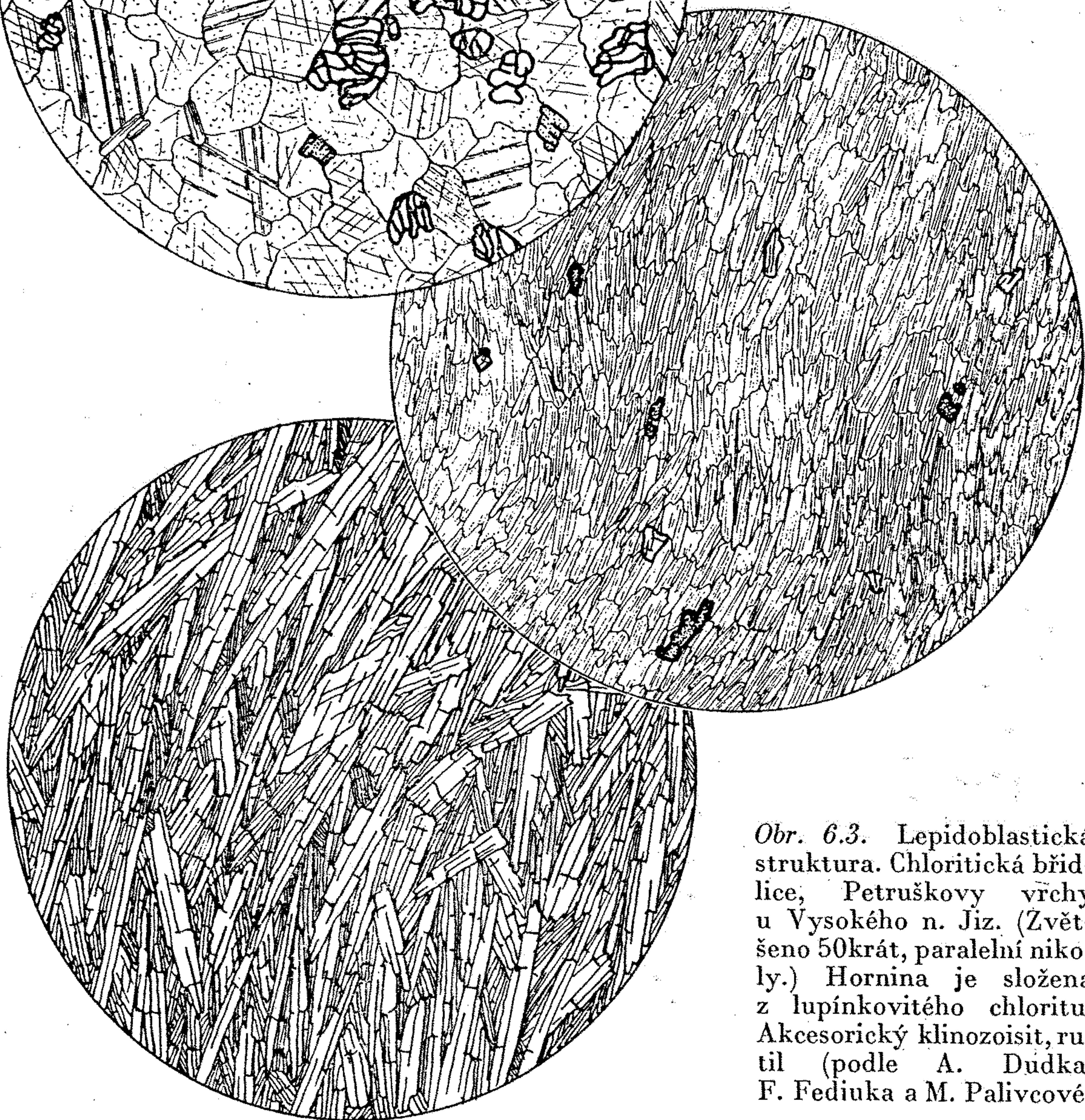
Obr. 9.8. Metamorfóza naprieč konvergentných okrajov litosférických dosiek. a – Lokalizácia zón relatívne chladnej litosféry v spodnej (oceánskej) litosférickej doske a horúcej v oblasti vrchnej (kontinentálnej) litosférickej dosky. b – Priebeh 300 °C, 600 °C a 1 100 °C izoterm v oblasti konvergentných okrajov litosférických dosiek s vyznačením miest rozdielnych geotermických gradientov (A, B, C), ktorých priebeh je vyjadrený v schéme tlakovo-teplotných podmienok metamorfných fácií na obr. 9.7. (upravené podľa Plummera – McGearyho 1996)



Obr. 9.10. Schematický rez cez konvergentný styk oceánskej a kontinentálnej LD znázorňuje z pohľadu teórie tektoniky LD výskyt hlavných typov metamorfózy v závislosti od geotermického gradientu (geotektonického prostredia)

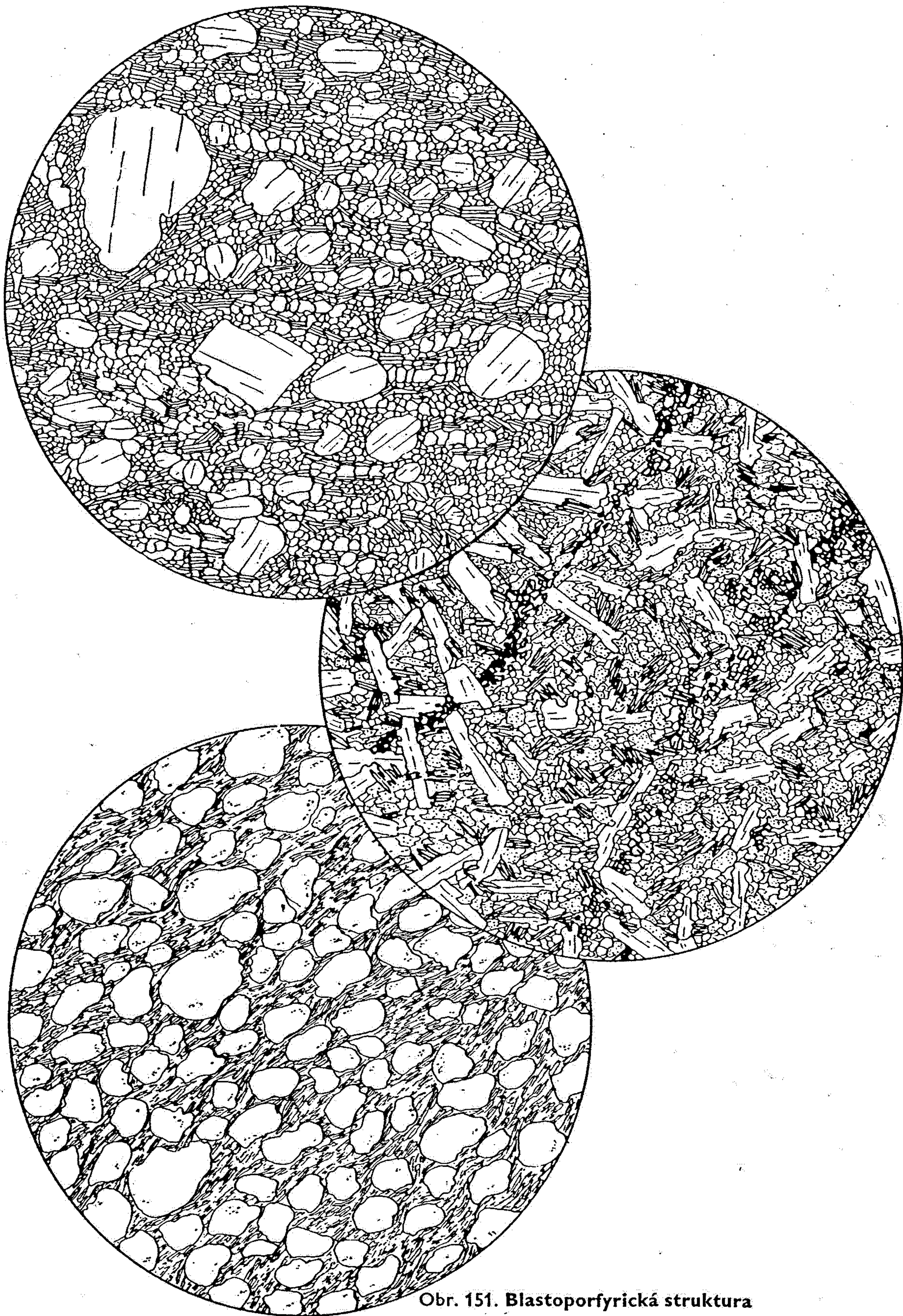


Obr. 6.1. Granoblastická struktura. Mramor, Studnice u Nového Města na M. (Zvětšeno 13krát; paralelní nikoly.) Izometrická zrna kalcitu — štěpná, forsteritu — silně konturovaná (podle A. Dudka, F. Fediuka a M. Palivcové)



Obr. 6.2. Nematoblastická struktura. Amfibolit, Onšov u Vranova n. D. (Zvětšeno 15krát; paralelní nikoly.) Hornina se skládá výhradně ze sloupků a stébel amfibolu (podle A. Dudka, F. Fediuka a M. Palivcové)

Obr. 6.3. Lepidoblastická struktura. Chloritická břidlice, Petruškovy vrchy u Vysokého n. Jiz. (Zvětšeno 50krát, paralelní nikoly.) Hornina je složena z lupínkovitého chloritu. Akcesorický klinozoisit, rutil (podle A. Dudka, F. Fediuka a M. Palivcové)



Obr. 151. Blastoporfyrická struktura

Mylonitizovaná muskovitická žulorula, Krhovice u Znojma.

Reliktně zachované vyrostlice živců v drcené a rekrystalované základné tkáni složené z drobnějších zrn živců, křemene a lupínků muskovitu.

Zvětšeno 15×, nikoly ||. Obr. 152. Blastoofitická struktura

Zelená břidlice (epizonálně metamorfovaný „spilit“), skalní stěna u nádraží v Kralupech nad Vltavou.

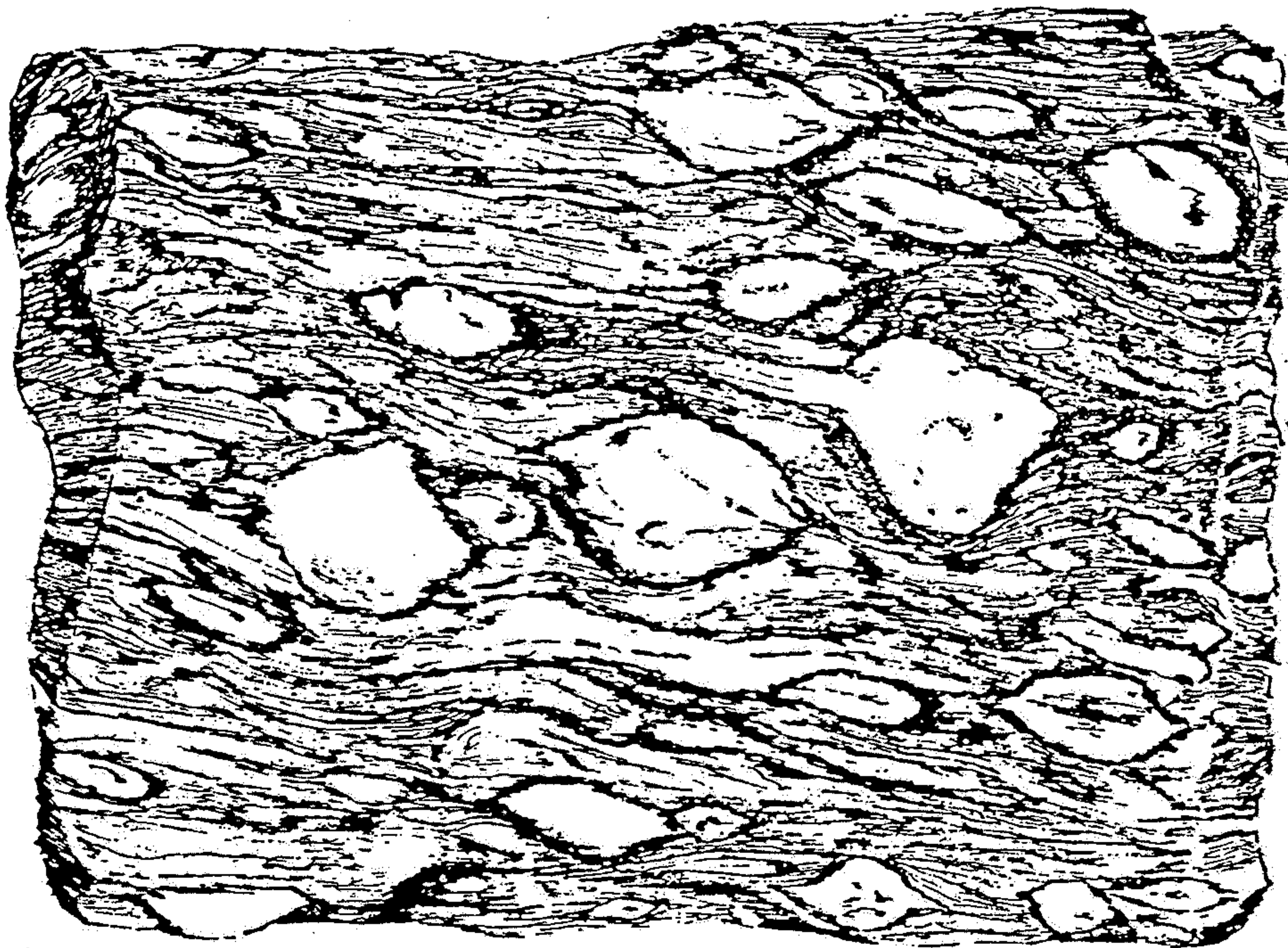
Reliktně zachovaný tvar a uspořádání lišt původně basických, nyní albitizovaných plagioklasů v rekrystalované základní tkáni složené z drobného albitu, chloritu, křemene a titanitu, vytvářejícího proužky.

Zvětšeno 60×, nikoly ||. Obr. 153. Blastopsammitická struktura

Kontaktně metamorfovaný algonkický pískovec, Koupě u Hudčic jz. od Březnice.

Reliktní klastická zrna křemene uložená v jemnozrné rekrystalované základní tkáni, která se skládá z jemných šupinek biotitu a zrněk křemene.

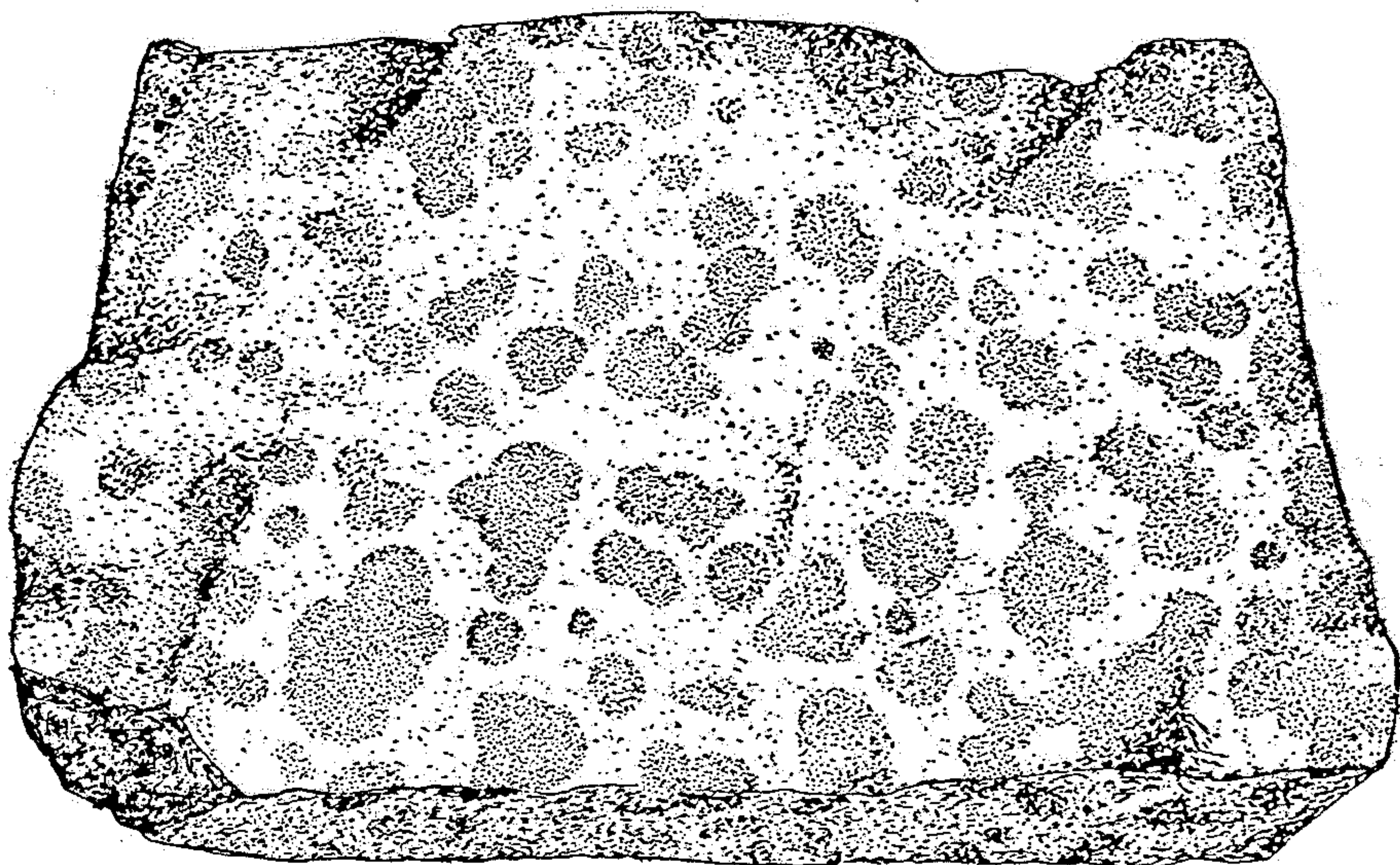
Zvětšeno 16×, nikoly ||.



Obr. 182. Okatá textura

Dvojslídňá ortorula (bítešská), Nedvědice na Moravě.

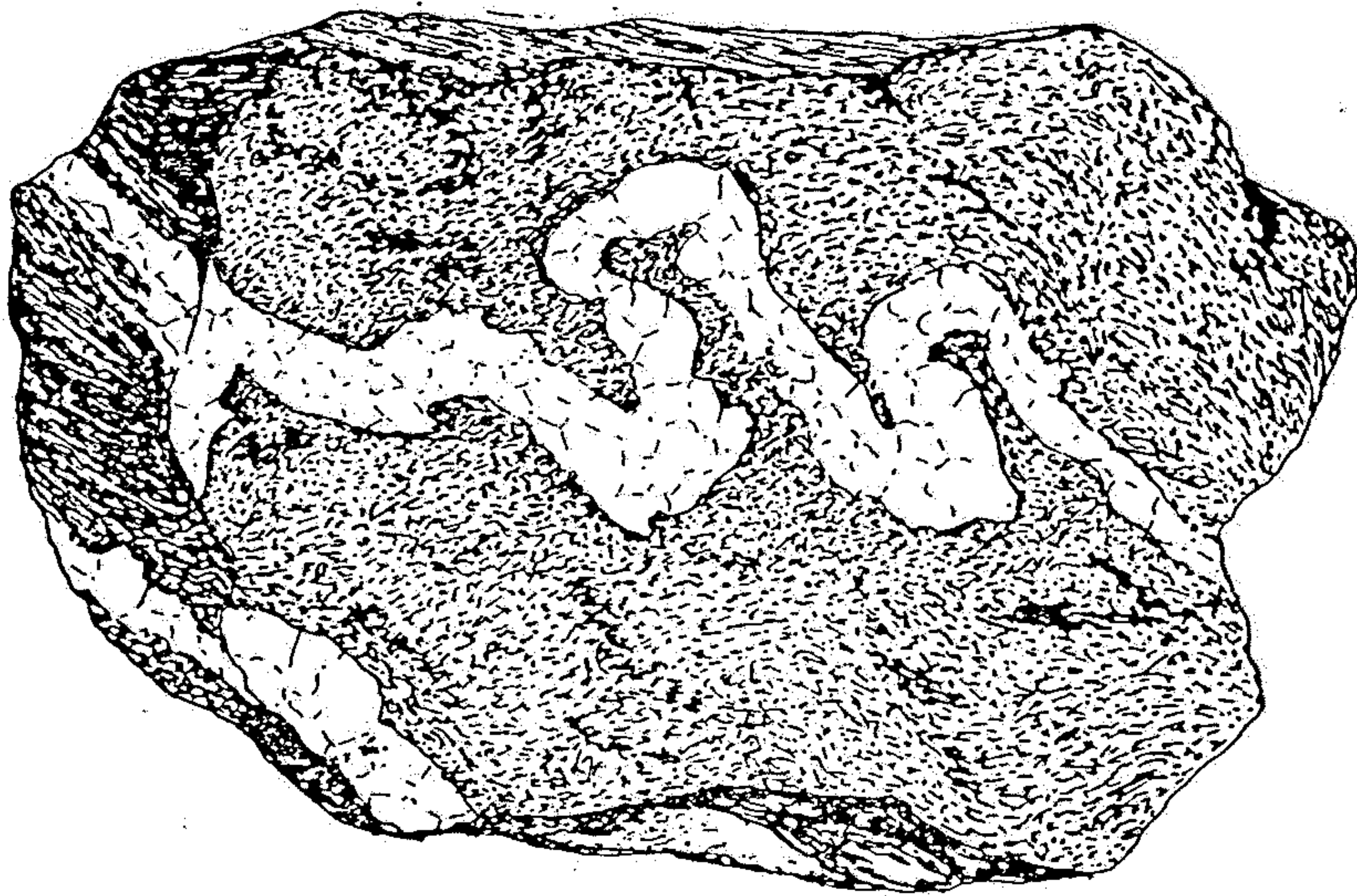
Porfyrblasty živců mají tvar „ok“ a jsou uloženy v základní tkáni složené z křemene, živce a biotitu.



Obr. 183. Skvrnitá textura

Spilosit (slín vypálený na kontaktu s čedičem), Čerovka u Jičína.

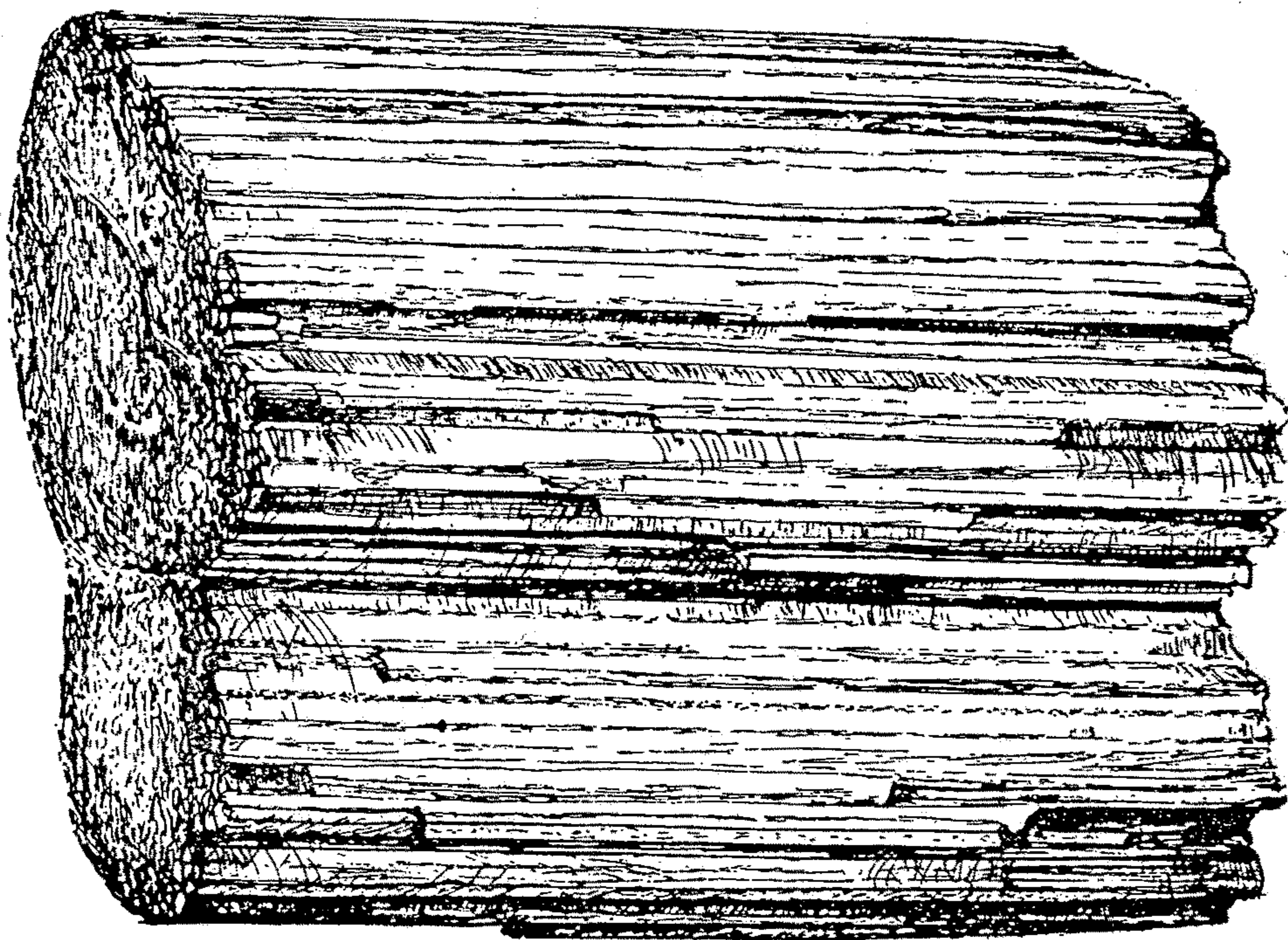
Tmavozelené skvrny rozptýlené ve světle šedém podkladu.



Obr. 185. Ptygmatitická textura

Ptygmatit, Krasíkovice u Pelhřimova.

Nepravidelně zklíkácné žilky křemenno-živcové hmoty pronikají biotitickou pararulou.



Obr. 180. Stébelnatá textura

Dvojslídňá ortorula, Doubravčany u Kolína.

V hornině není foliace, zato je v ní výrazně vyvinuta lineace v podobě tenkých válcovitých útvarů vzniklých rotačním pohybem.

Zmenšeno na $\frac{2}{3}$.

Archiv Petrografického ústavu KU.



Obr. 181. Plástevňatá textura

Dvojslídňá ortorula, Chotouchov u Kolína.

Zmenšeno na $\frac{2}{3}$.

Výrazná foliace, podmíněná tabulkovitě odlučnými polohami se slídou.

Archiv Petrografického ústavu KU.

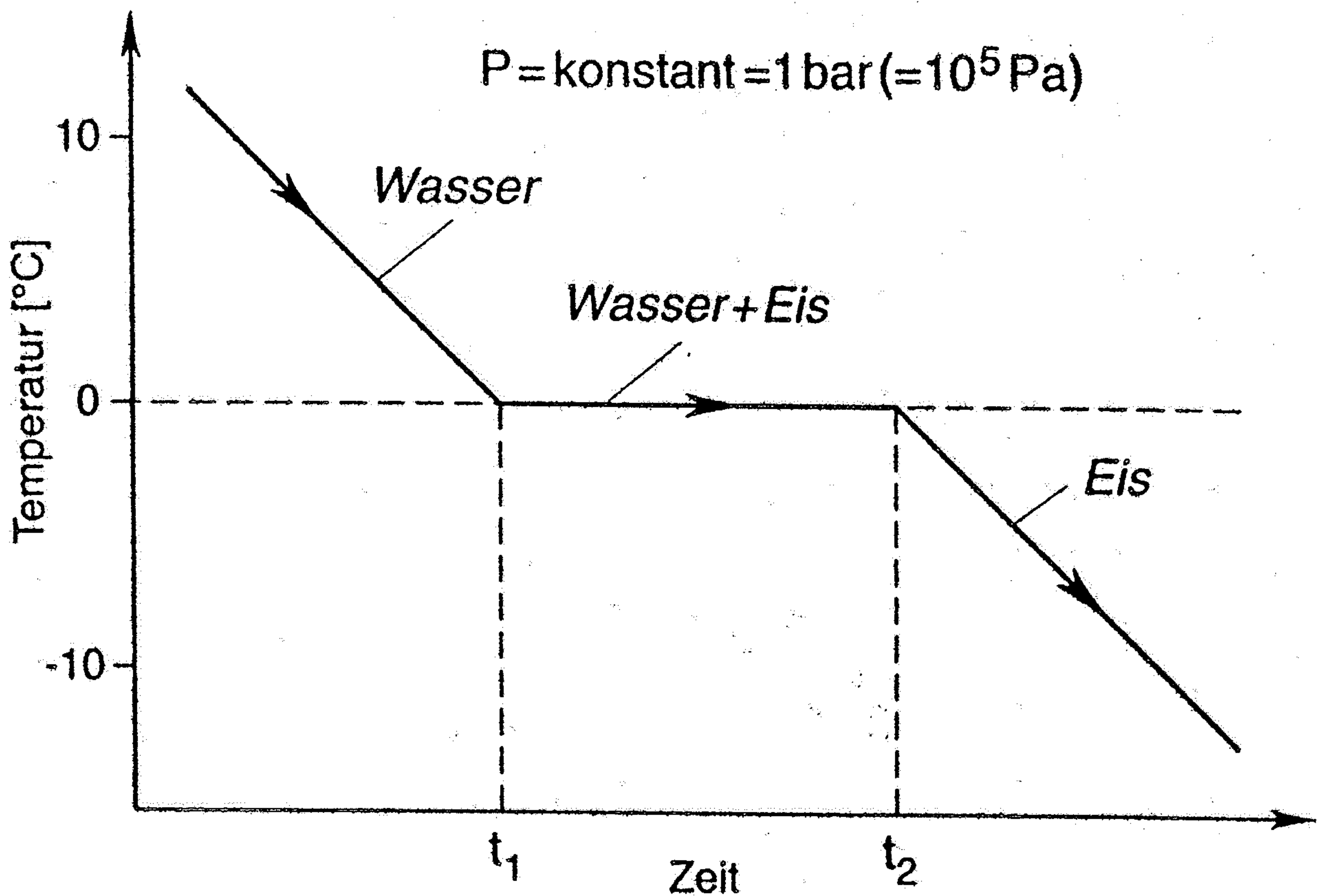


Abb. 13.6

Temperatur-Zeit-Kurve des Systems H_2O bei konstanter Wärmeentnahme (Kühlung). Bei Zimmertemperatur ist nur die Phase Wasser stabil. Zum Zeitpunkt t_1 setzt die Kristallisation von Eis ein. Die wachsenden Kristalle geben dabei latente Wärme ab und halten die Temperatur des Systems konstant (trotz fortgesetzter Kühlung). Zwischen t_1 und t_2 sind die beiden Phasen Wasser und Eis stabil. Erst wenn alles Wasser zu Eis kristallisiert ist, kann das System weiter abgekühlt werden. Beim Abkühlen einer Magmenkammer in der Kruste laufen ähnliche Prozesse ab, allerdings wesentlich komplexer. Erst wenn der letzte Tropfen Silikatschmelze auskristallisiert ist, kann der Pluton auf Umgebungstemperatur abkühlen.

ENTALPIE (H)

(tepelný obsah)

Teplo přijaté při isobarickém vratném ději se rovná přírůstku entalpie. Např. při tání ledu nebo vypařování vody se skupenské teplo rovná přírůstku entalpie.

$$\text{entalpie} \leftarrow \boxed{H = U + p \cdot V} \rightarrow \text{objem}$$

↑ tlak

↓
vnitřní energie
vazebná energie vibrační energie

GIBBSOVA FUNKCE

(Gibbsův potenciál = termodynamický potenciál = volná entalpie)

U fyzikální soustavy je to součet volné energie (F) a součinu tlaku (p) a objemu (V)

$$\text{Gibbsova funkce} \leftarrow \boxed{G = F + p \cdot V} \rightarrow \text{objem}$$

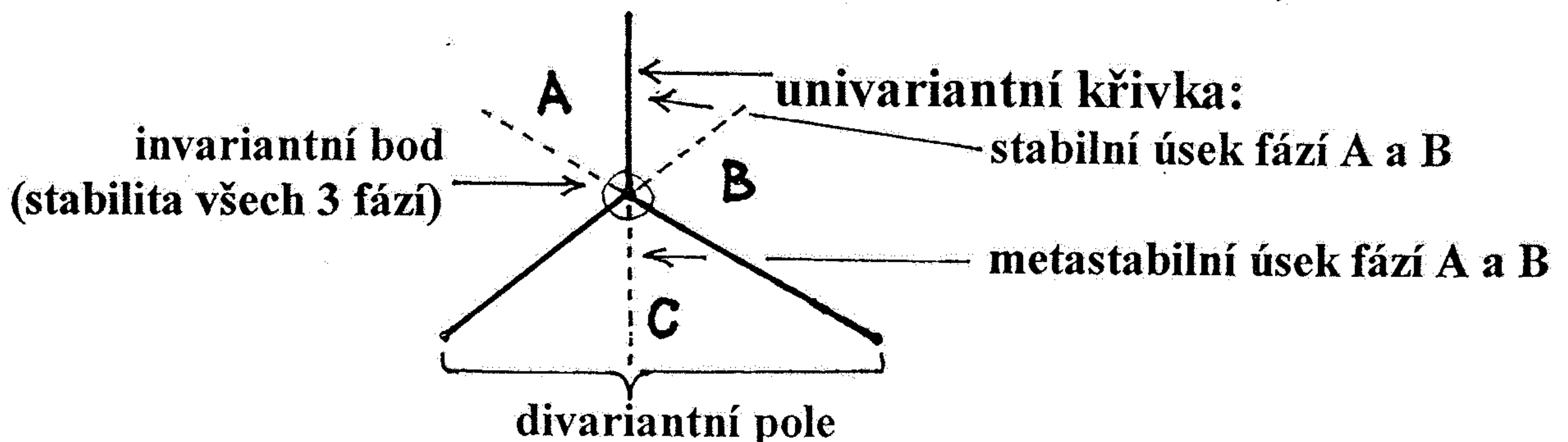
↑ tlak

↓
Vnitřní energie entropie (míra neuspořádanosti)
 $\boxed{U - T \cdot S}$

↓
absolutní teplo

GIBBSOVO FÁZOVÉ PRAVIDLO

(Fázové diagramy - např. třífázový diagram A - B - C)

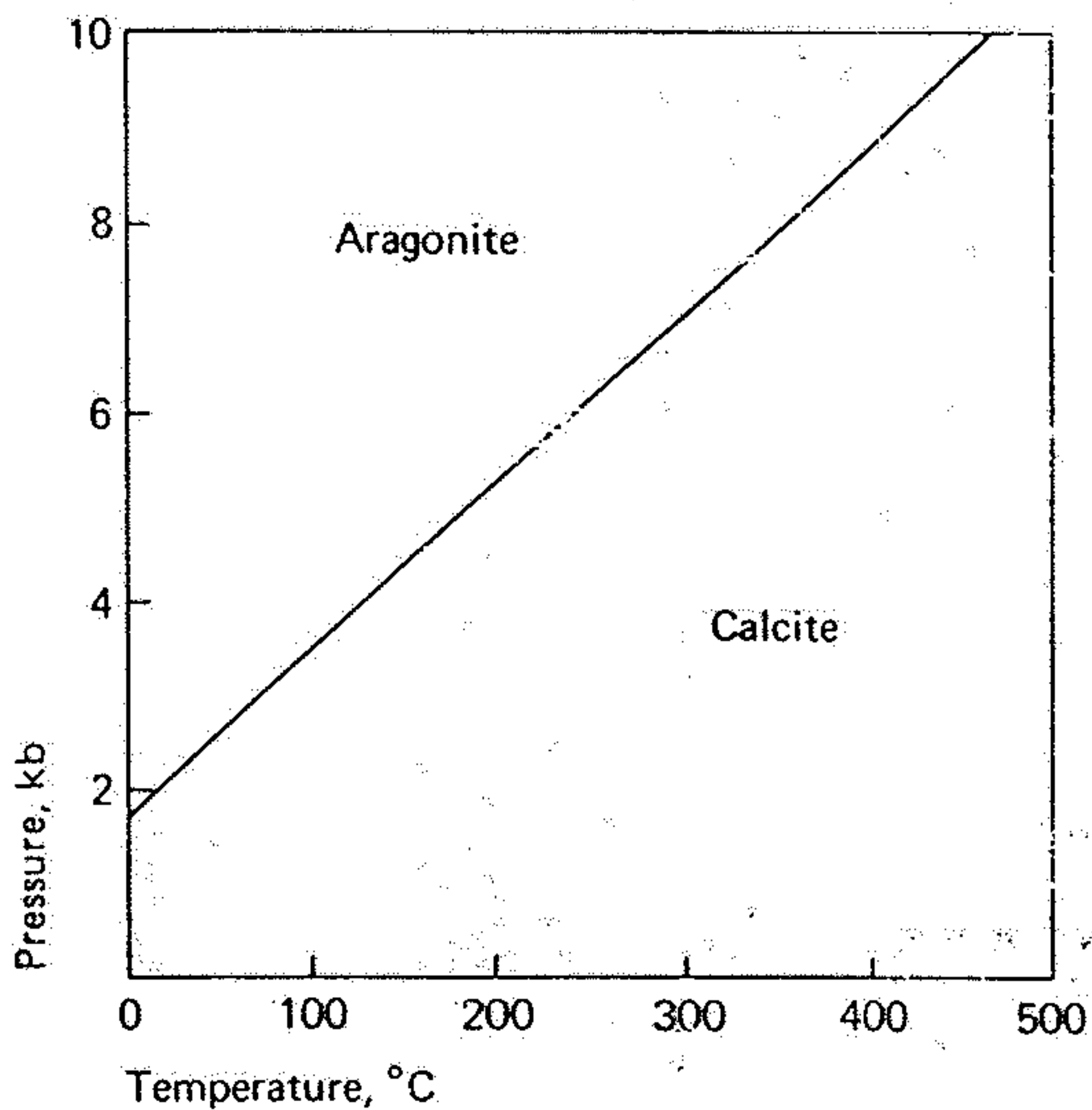
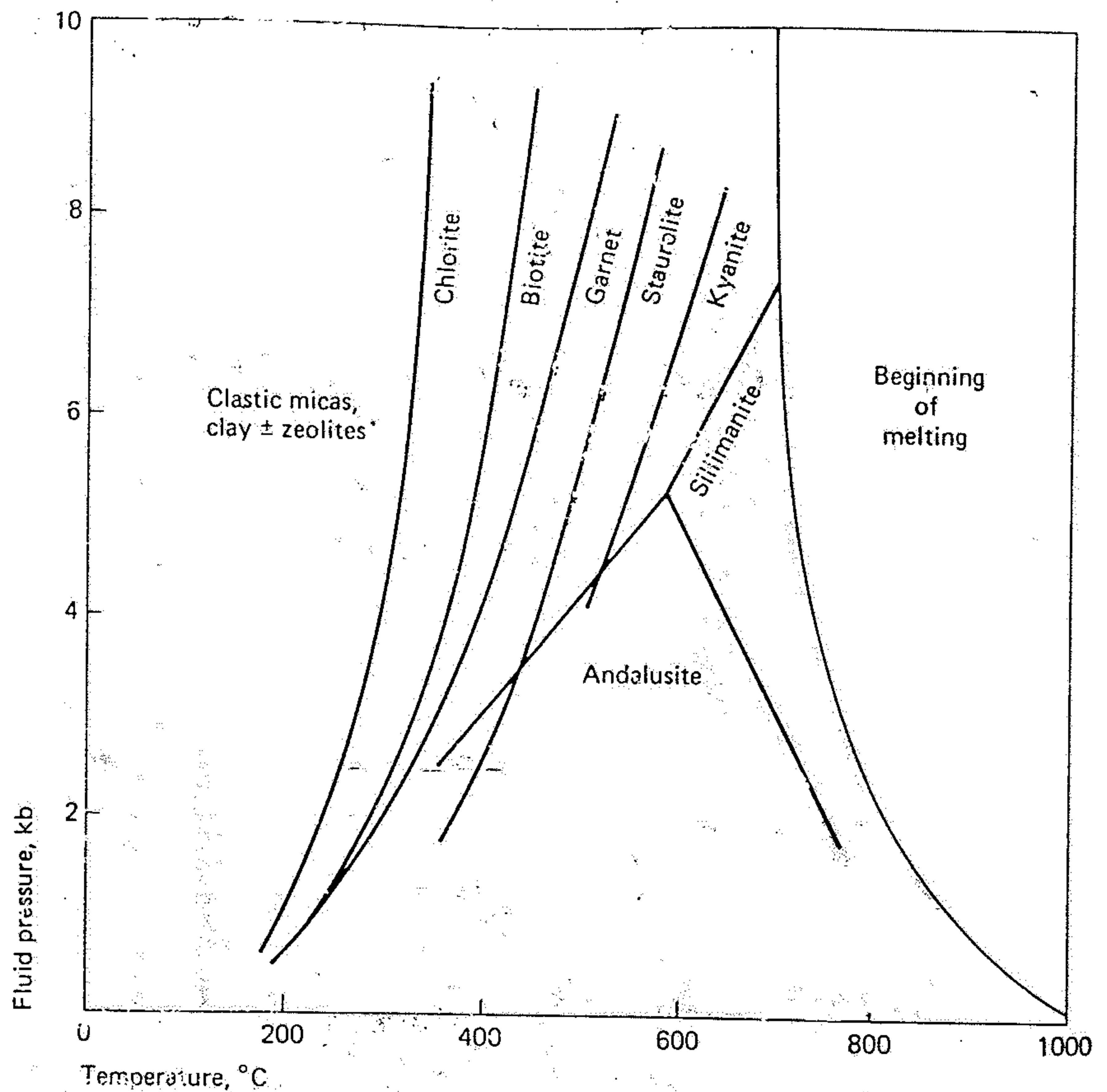


(Oblast stability fáze C a příslušné minerální asociace – parageneze)

Schreinemakerovo pravidlo: univariantní křivky svírají úhel menší než 180°

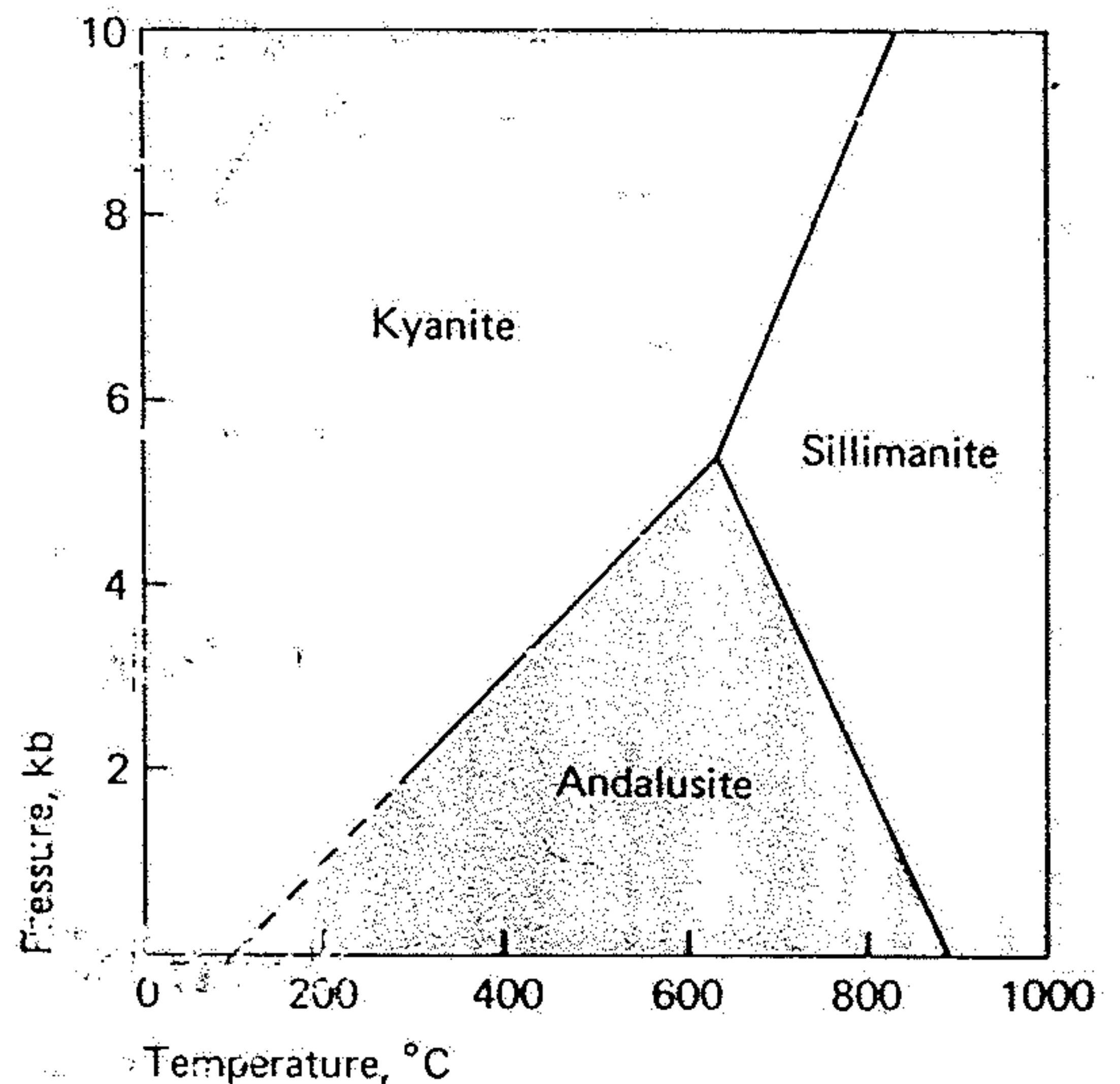
5.3

A hypothetical petrogenetic pressure-temperature grid applicable to progressive metamorphism of shales. Curves, which are based on experimental studies, mark the first appearance of the phase shown on the high-temperature side. (After W. G. Ernst, *Earth Materials*, Figure 7-9, Prentice-Hall, inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969)



5.1

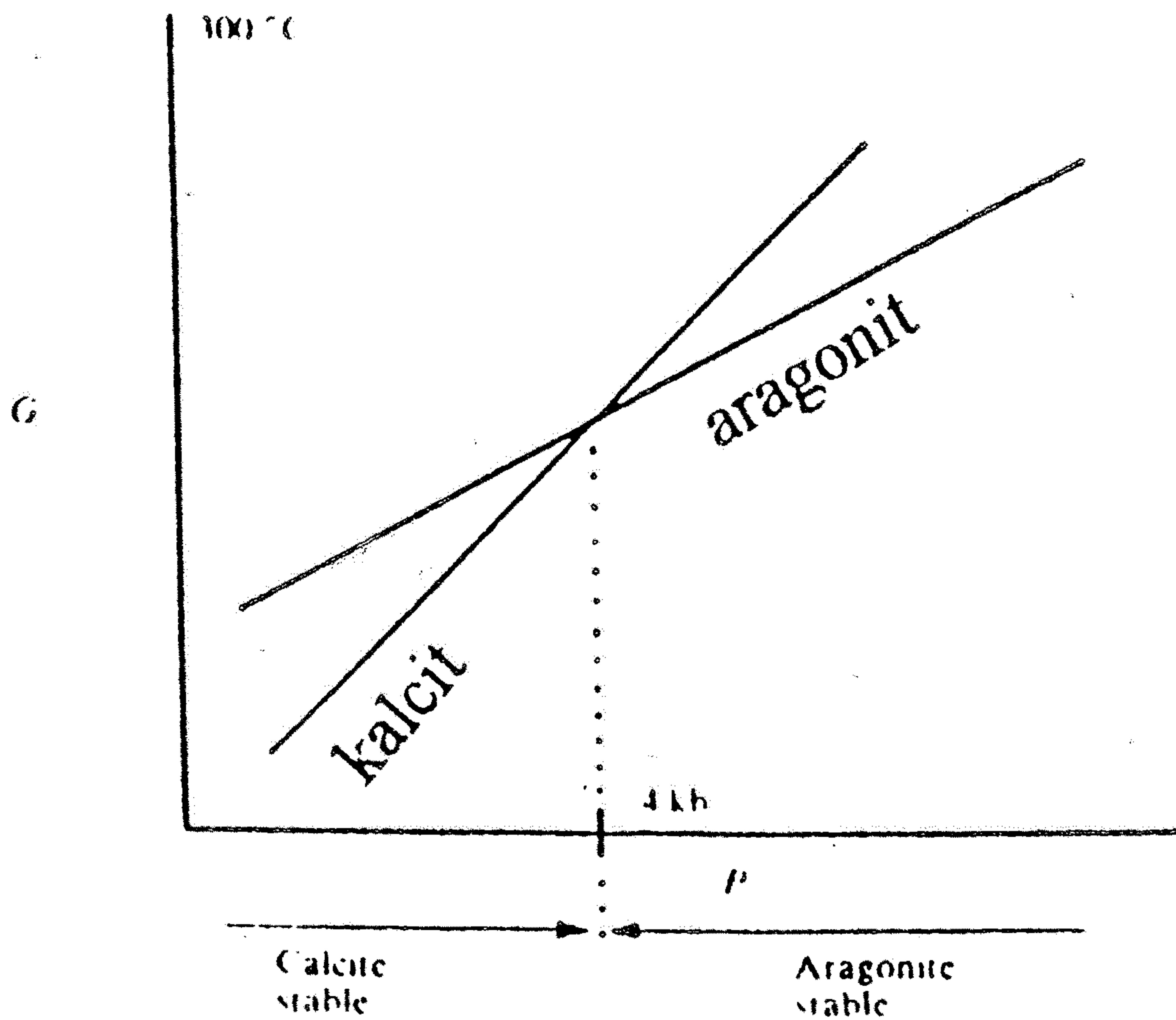
A pressure-temperature phase diagram for the compound CaCO_3 , showing the stability fields of the two polymorphic forms, calcite and aragonite, and the equilibrium boundary between them. (Generalized from various sources)



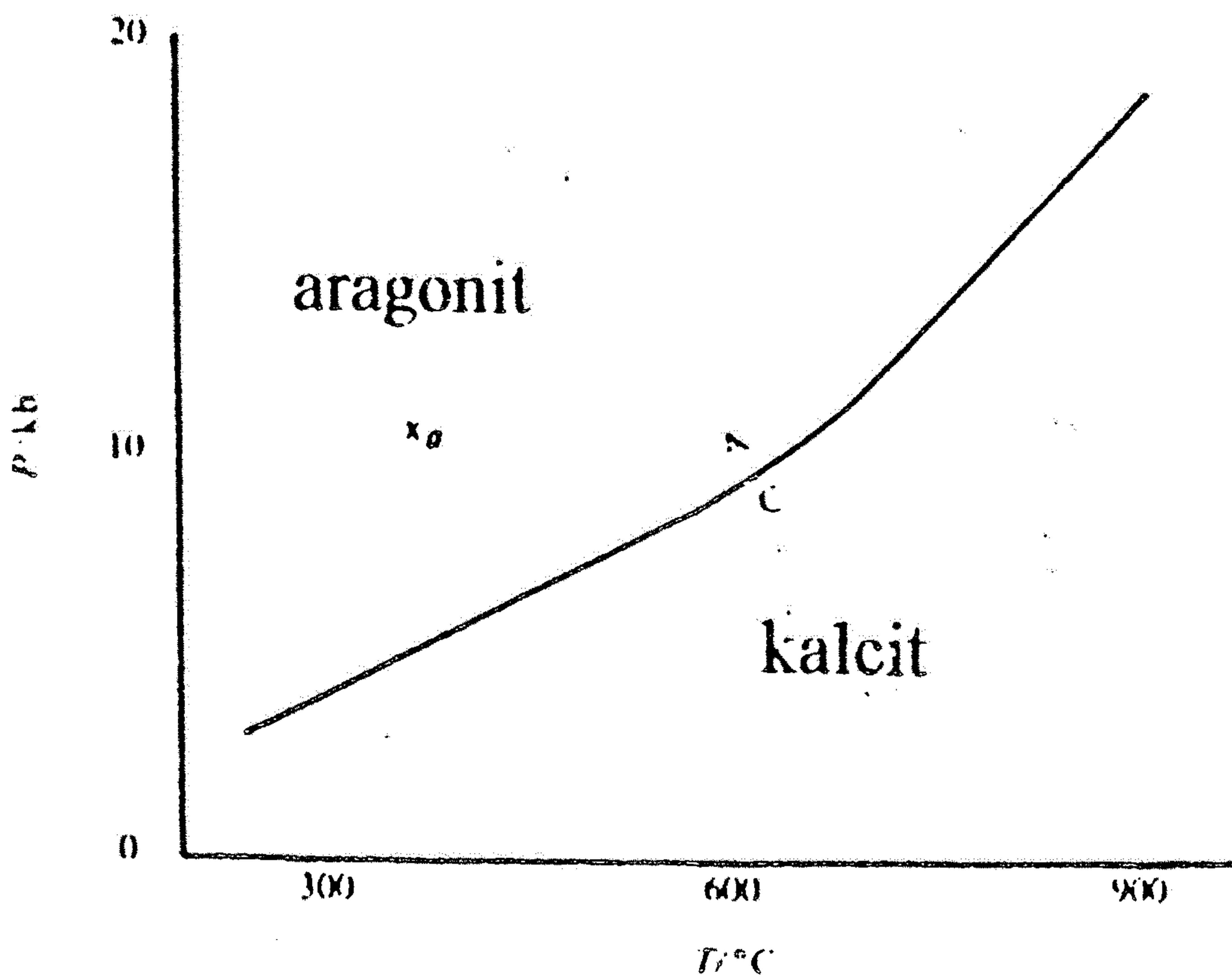
5.2

A pressure-temperature phase diagram for Al_2SiO_5 , showing the stability fields for the three polymorphs kyanite, sillimanite, and andalusite, and the equilibrium boundaries between them. Note that all three polymorphs can coexist stably at only one specific temperature and pressure. (Compiled from various sources)

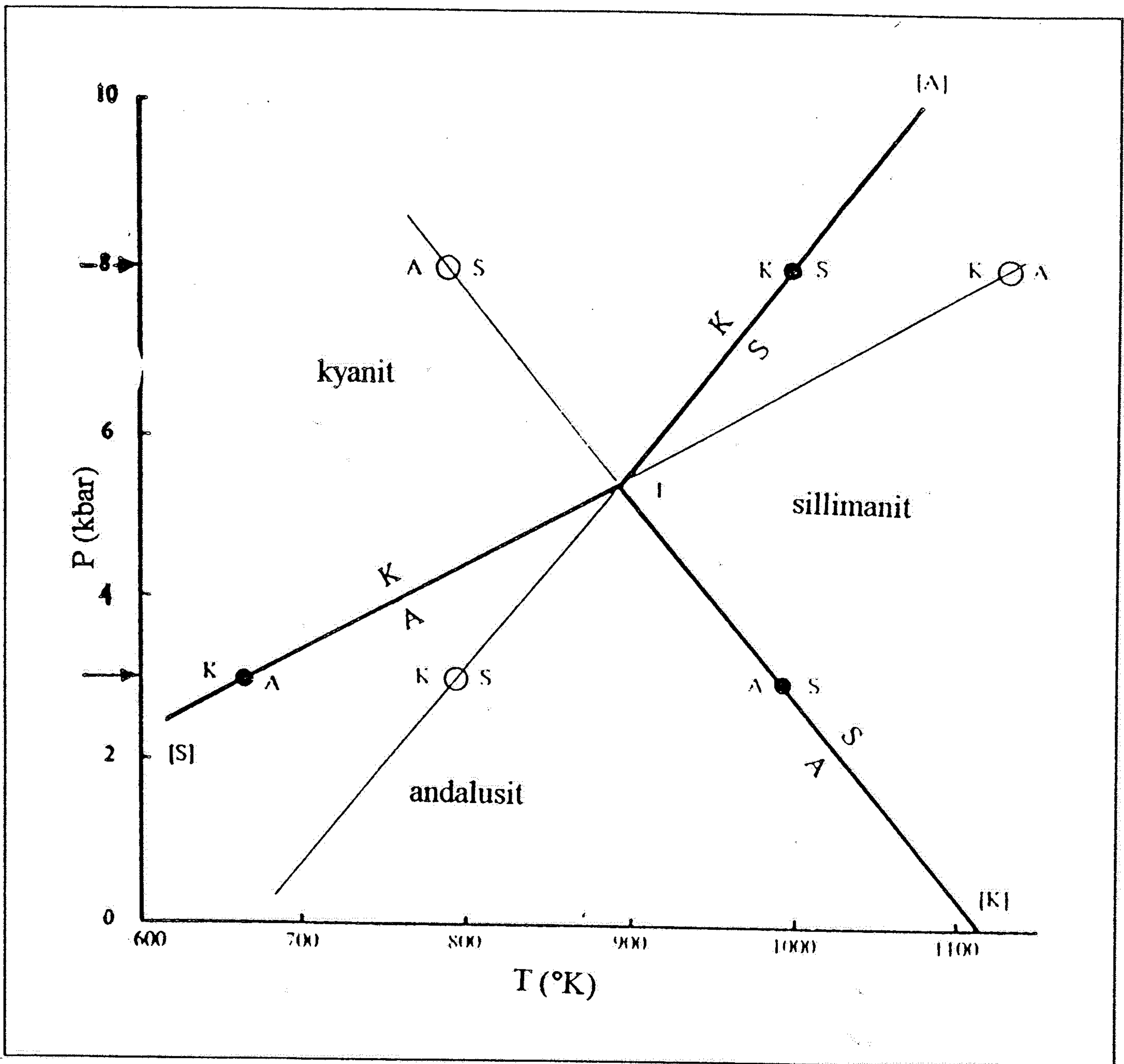
(a)



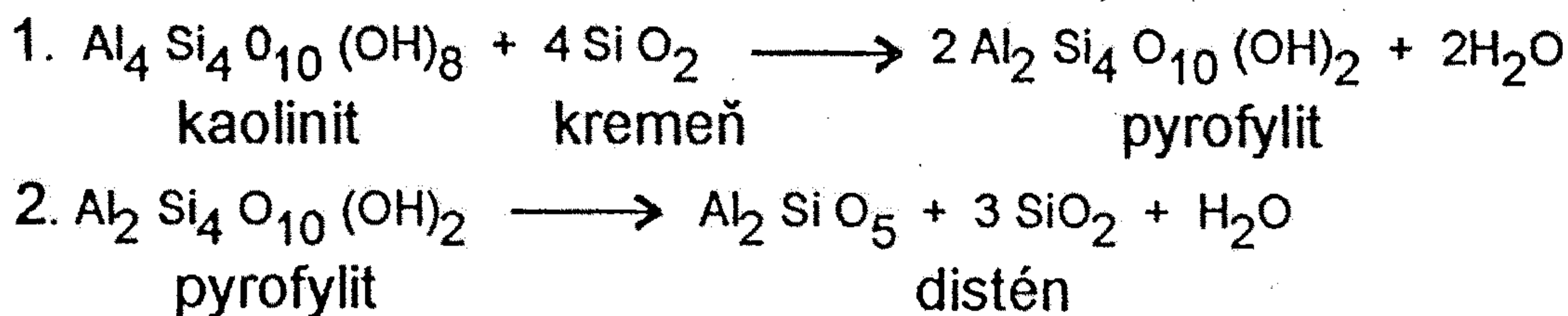
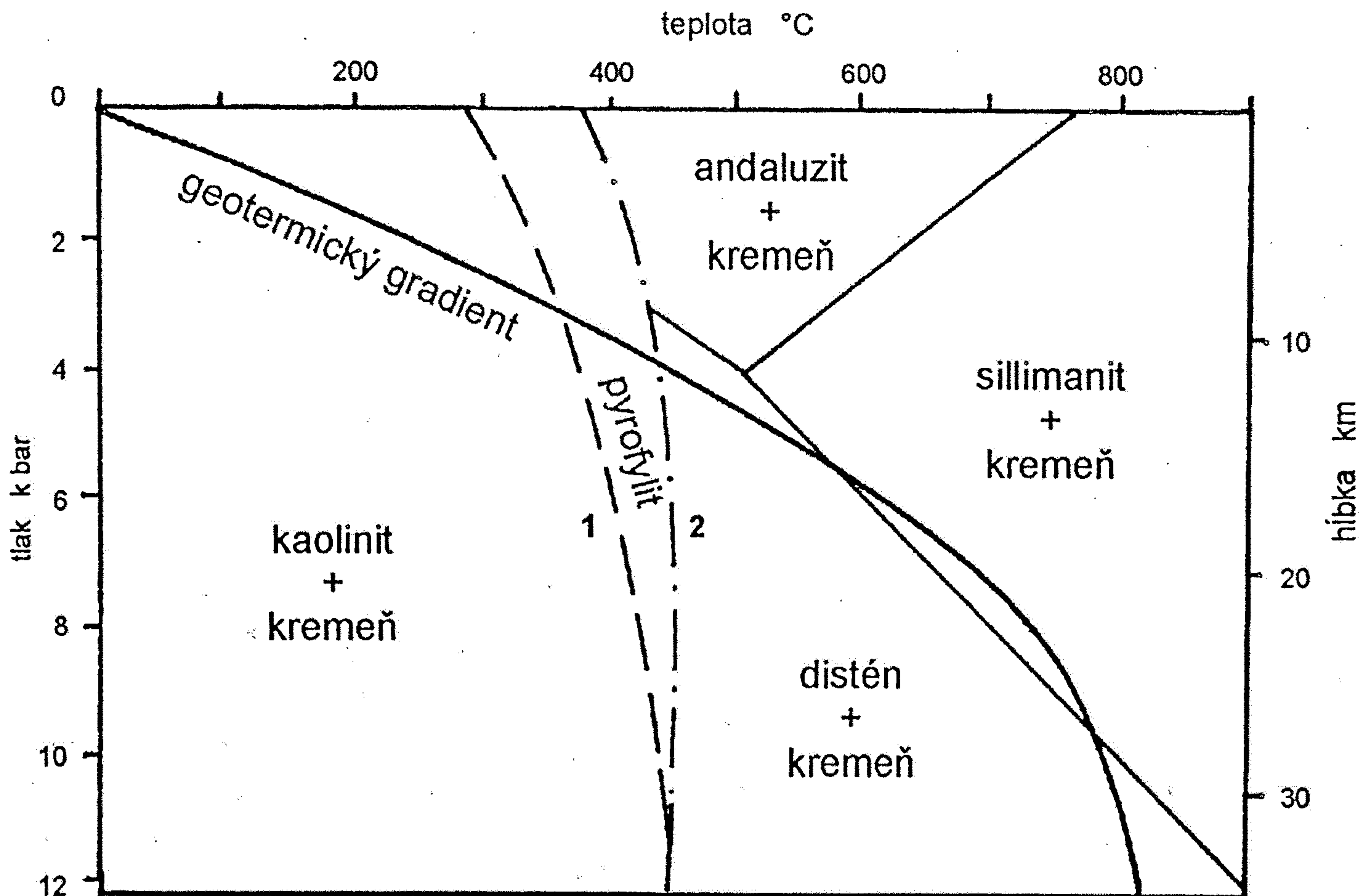
(b)



Obr. 104: a) Schematický diagram vztahu gibbsovy funkce a tlaku (pro teplotu $300\text{ }^{\circ}\text{C}$), b) polymorfni reakce kalcitu na aragonit v jednosložkové soustavě CaCO_3



Obr. 105: P-T fázový diagram pro jednosložkovou soustavu aluminosilikátů Al_2SiO_5 . Invariantní bod, kde mohou být stabilní všechny fáze - andalusit, sillimanit a kyanit je označen I. Silnějšími čarami jsou vyznačeny stabilní části univariantních křivek, tenkými čarami jsou části metastabilní. Diagram byl konstruován z G-T diagramu, podobně jako v případě kalcitu a aragonitu.



Obr. 9.3. Lepším priblížením ku skutočnej hornine je zmes zložená z ílového minerálu kaolinitu ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) a kremeňa. Krivka 1 vyznačuje horný limit teploty a tlaku, pri ktorej kaolinit a kremeň môžu koexistovať. Vpravo od tejto krivky kaolinit a kremeň budú navzájom reagovať za vzniku pyrofylitu a vodnej pary. Vpravo od krivky 2 pyrofyilit sa bude rozkladať buď na andaluzit + kremeň + H_2O alebo na distén + kremeň + H_2O . Postupnosť minerálov, ktoré sa budú tvoriť v hornine tvorenej kaolinitom a kremeňom poklesávajúcej do hĺbky takým spôsobom, že budú sledovať krivku geotermického gradientu, je nasledujúca: kaolinit + kremeň, pyrofyilit, distén + kremeň, sillimanit + kremeň a opäť distén + kremeň. (upravené podľa Skinnera – Portera 1987)

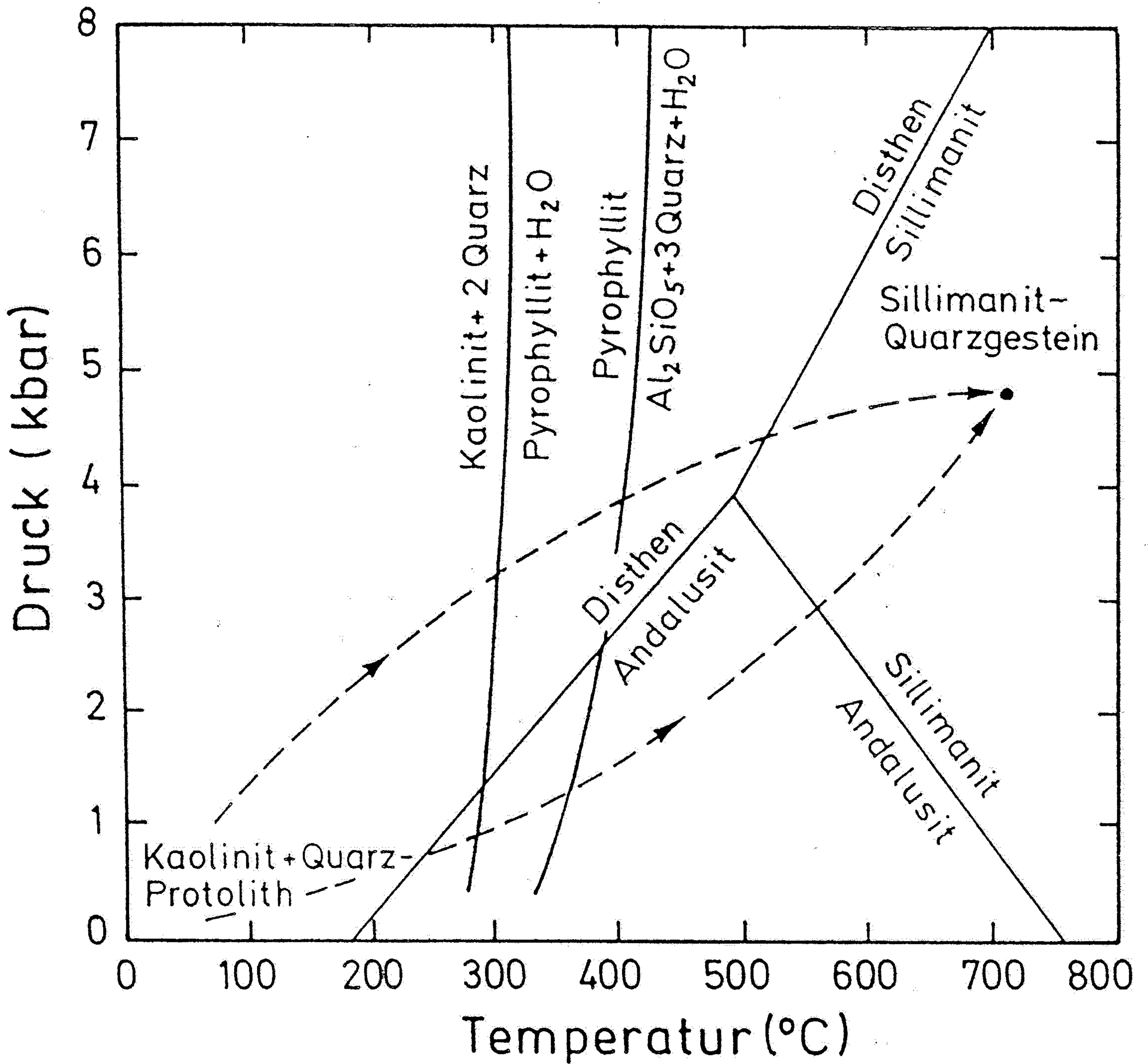


Abb. 13.5

Druck-Temperatur-Diagramm der prograden Metamorphose eines Kaolinit-Quarz-Sandsteins. Kaolinit bricht bei ca. 300 °C zusammen, der wasserärmere Pyrophyllit bei ca. 400 °C. Diese Reaktionen sind temperatursensitiv, daher verlaufen die Phasengrenzen in dem Diagramm nahezu senkrecht. Oberhalb von 400 °C entsteht ein wasserfreies Alumosilikat (je nach Druck: Andalusit oder Disthen). Bei fortschreitender Metamorphose bildet sich Sillimanit. Die gestrichelten Linien zeigen zwei mögliche Entwicklungspfade (P-T-Pfade) vom Protolith zum Metamorphit (nach SELVERSTONE, 1988).

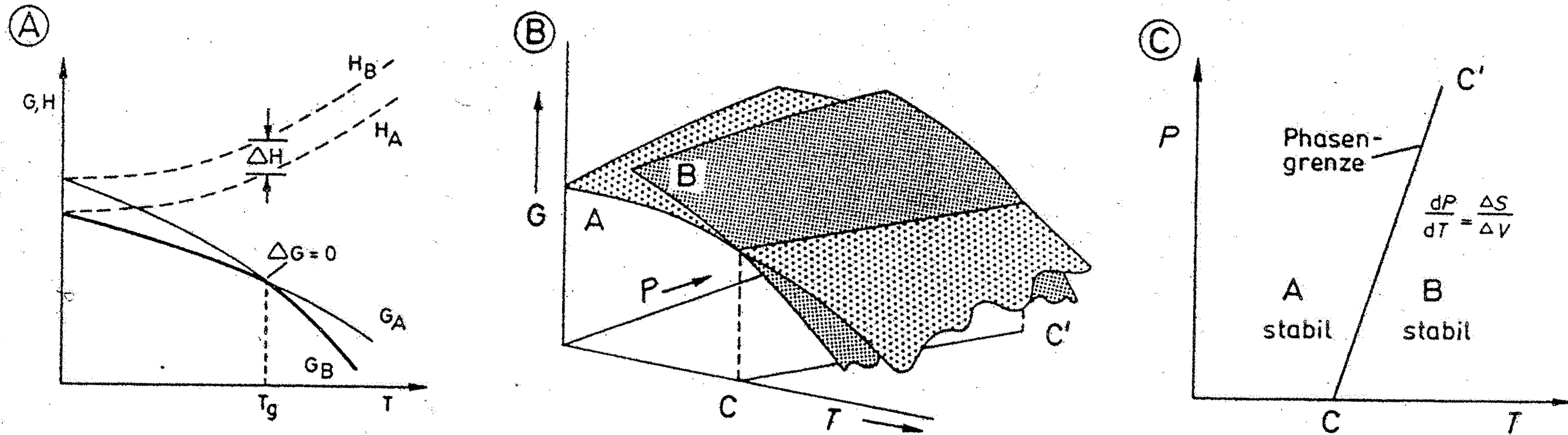
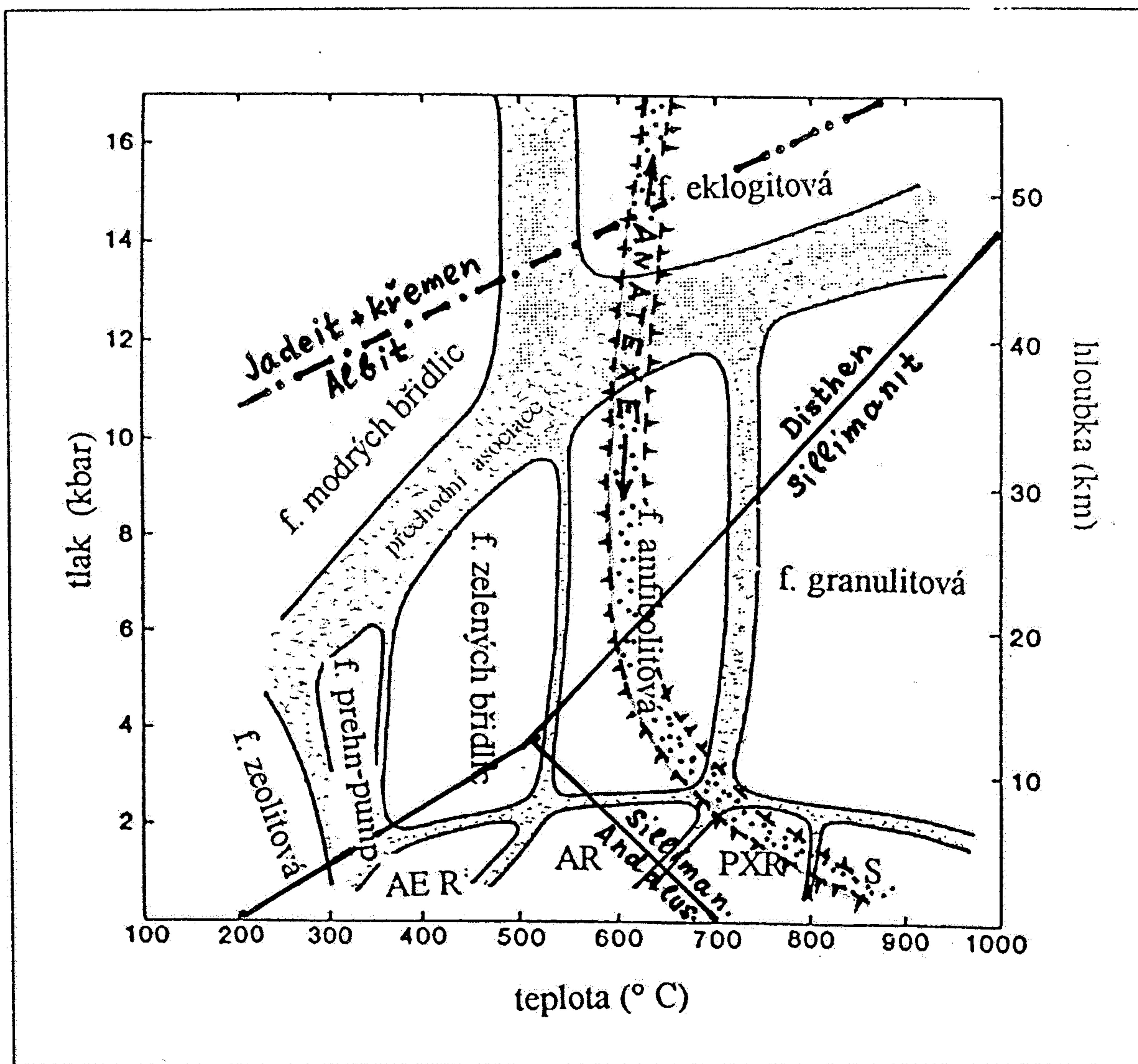


Abb. 13.7

a) Die Variation der freien Energie G und der Enthalpie H zweier Phasen A und B als Funktion der Temperatur T (bei konstantem Druck). Die Enthalpie-Differenz ΔH der beiden Phasen variiert nur unwesentlich mit der Temperatur. Die Differenz der Gibbschen Freien Energie G ändert sich mit steigender Temperatur, da in diesem Beispiel die Entropie S der beiden Phasen sich mit der Temperatur unterschiedlich entwickelt. Die Kurven G_A und G_B kreuzen sich bei T_g . Unterhalb T_g ist nur die Phase A stabil (fette Linie), weil hier $G_A < G_B$. Bei T_g können beide Phasen A und B nebeneinander existieren, da $\Delta G = 0$. Es liegt eine Gleichgewichtsparagenese vor. Oberhalb von T_g entsteht Phase B auf Kosten von Phase A;

b) Fügt man (a) die dritte Dimension 'Druck' hinzu, gelangt man zu Flächen der freien Energie G im G,P,T-Raum. Die Schnittlinie (C-C') der beiden G-Flächen für die Phasen A und B definiert den Gleichgewichtszustand.

c) Projektion von Diagramm (b) auf die P,T-Ebene: Der Verlauf der Phasengrenze (C-C') wird durch $dP/dT = \Delta S/\Delta V$ festgelegt (nach PUTNIS, 1992).



Pole jednotlivých metamorfních facií v P-T diagramu. Vysvětlivky pro facie kontaktní metamorfózy: AER- f. albit-epidotických rohovců, AR - f. amfibolických rohovců, PXR - f. pyroxenických rohovců, S- f. sanidinitová (podle Yardley 1989).

- a) chloritová zóna - typická minerální asociace chlorit, muskovit, křemen
- b) biotitová zóna - biotit, muskovit, chlorit, křemen
- c) granátová zóna - granát (almandin), muskovit, biotit, křemen
- d) staurolitová zóna - staurolit, granát, biotit, muskovit, křemen
- e) kyanitová zóna - kyanit, granát, biotit, muskovit, křemen
- f) sillimanitová zóna - sillimanit, biotit, granát, plagioklas, draselný živec, křemen

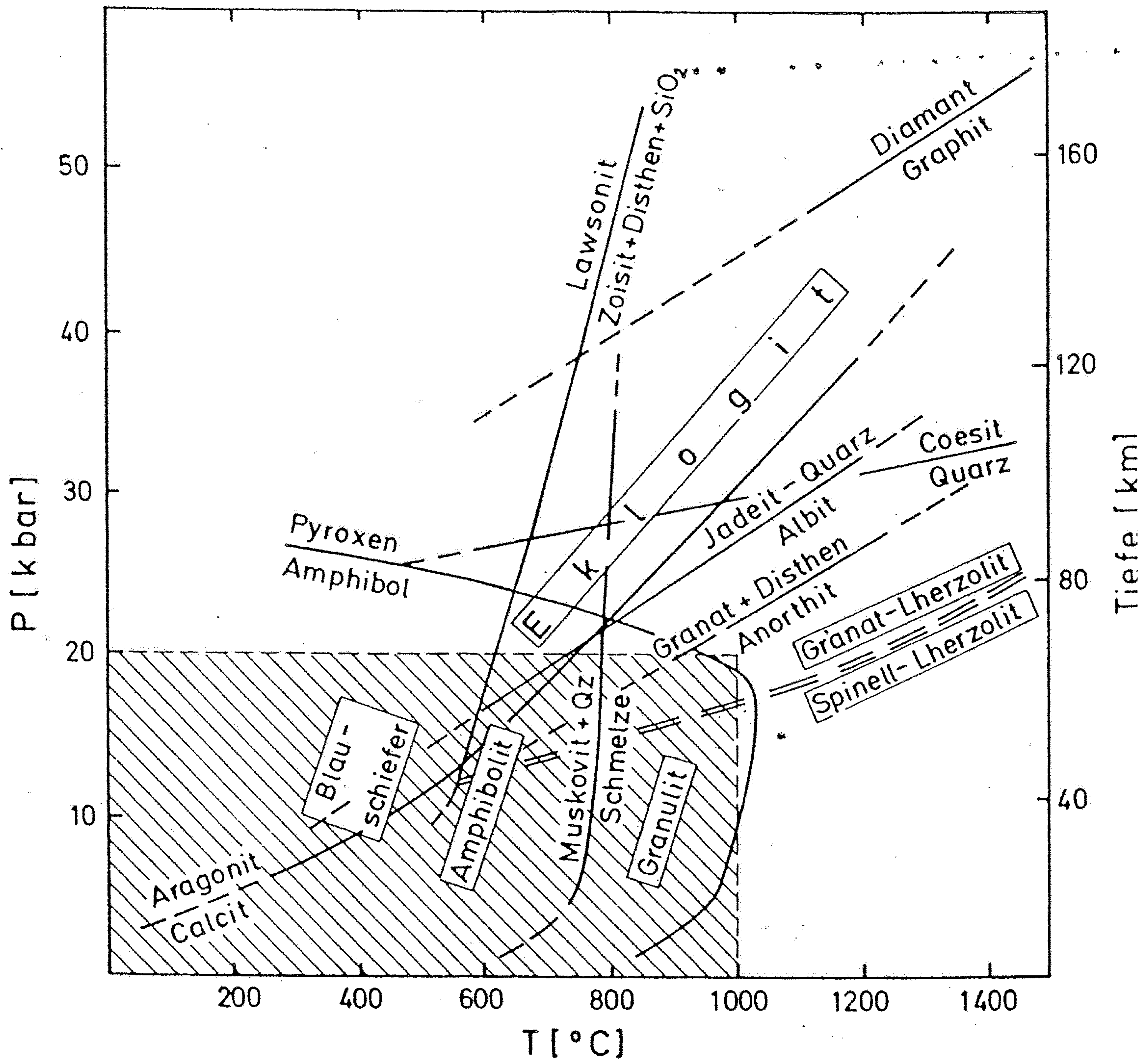


Abb. 13.13

P,T-Bedingungen wichtiger Mineralreaktionen in der tiefen Kruste und im Mantel; schraffierte Fläche entspricht dem Bereich von Abb. 13.11. Die Phasengrenzen (Kasten 13.1) sind als Linien mit exakter Position dargestellt. Allerdings sind bei vielen der gezeigten Mineralreaktionen Mischkristalle beteiligt (z.B. Amphibol, Granat), was in natürlichen Systemen eine Verbreiterung der Phasengrenzen zu breiten Zonen bewirkt. In dieser Abbildung sind einige Mineralreaktionen aufge-

führt, die in der Hochdruckpetrologie von Bedeutung sind. In relativ geringer Tiefe verläuft die Grenze zwischen Spinell- und Granat-führender Lherzolith (vgl. Tab. 12.2 und Abb. 9.11, 12.9). Quarz wird oberhalb von 30 kbar zu dem dichteren Coesit umgebaut. Dieses Hochdruckmineral kann auch bei Meteoriteneinschlägen entstehen (Impaktmetamorphose); Gesteine (in Rechtecken) und Minerale vgl. Tab. 13.1, Tab. 13.3 und Tab. 1.1. (Entwurf G. FRANZ nach versch. Quellen).

7.3 Generalized pressure-temperature fields for metamorphic facies. Boundaries are not sharp and distinct lines but extend over considerable width. [Modified from various sources.]

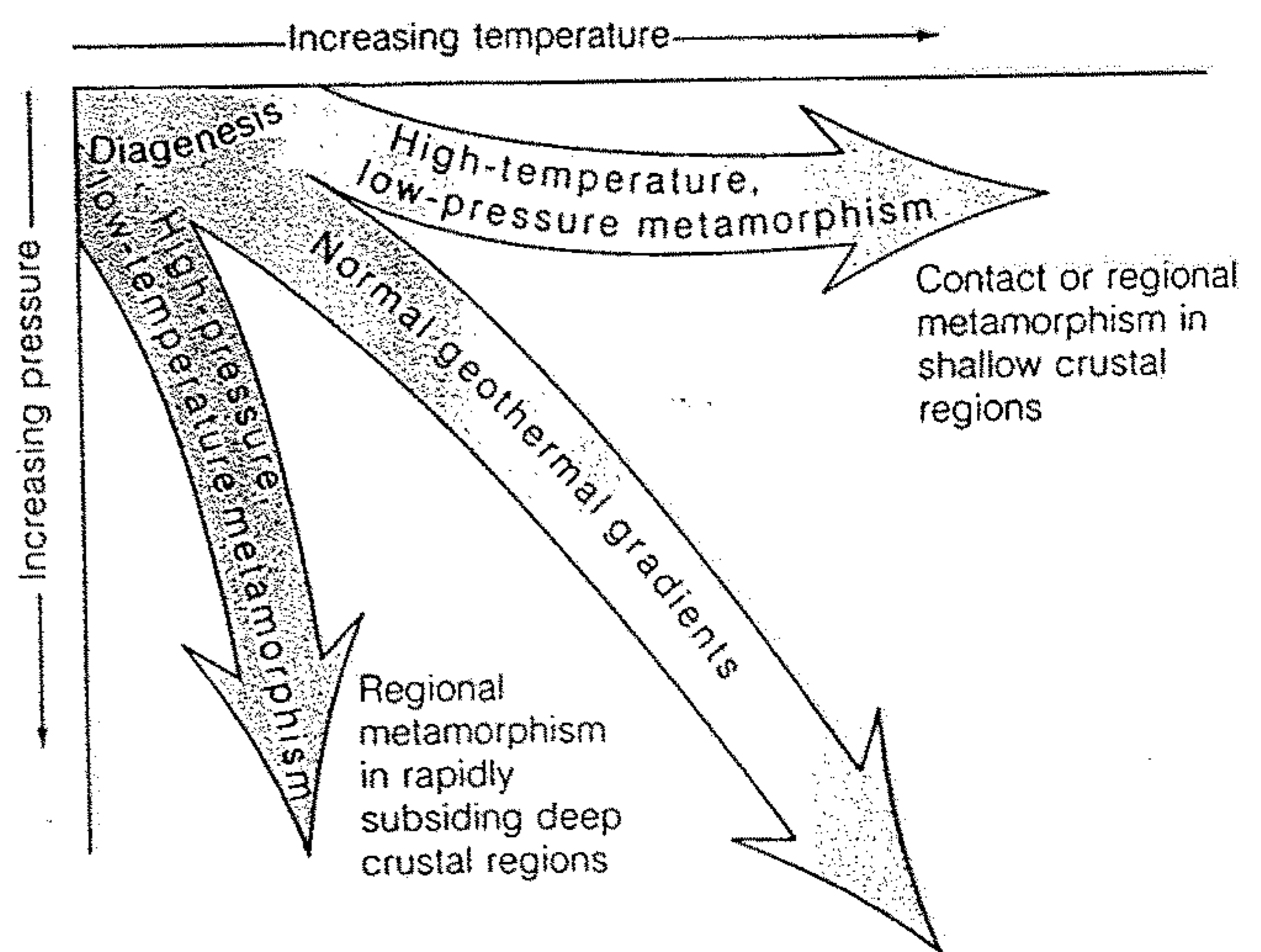
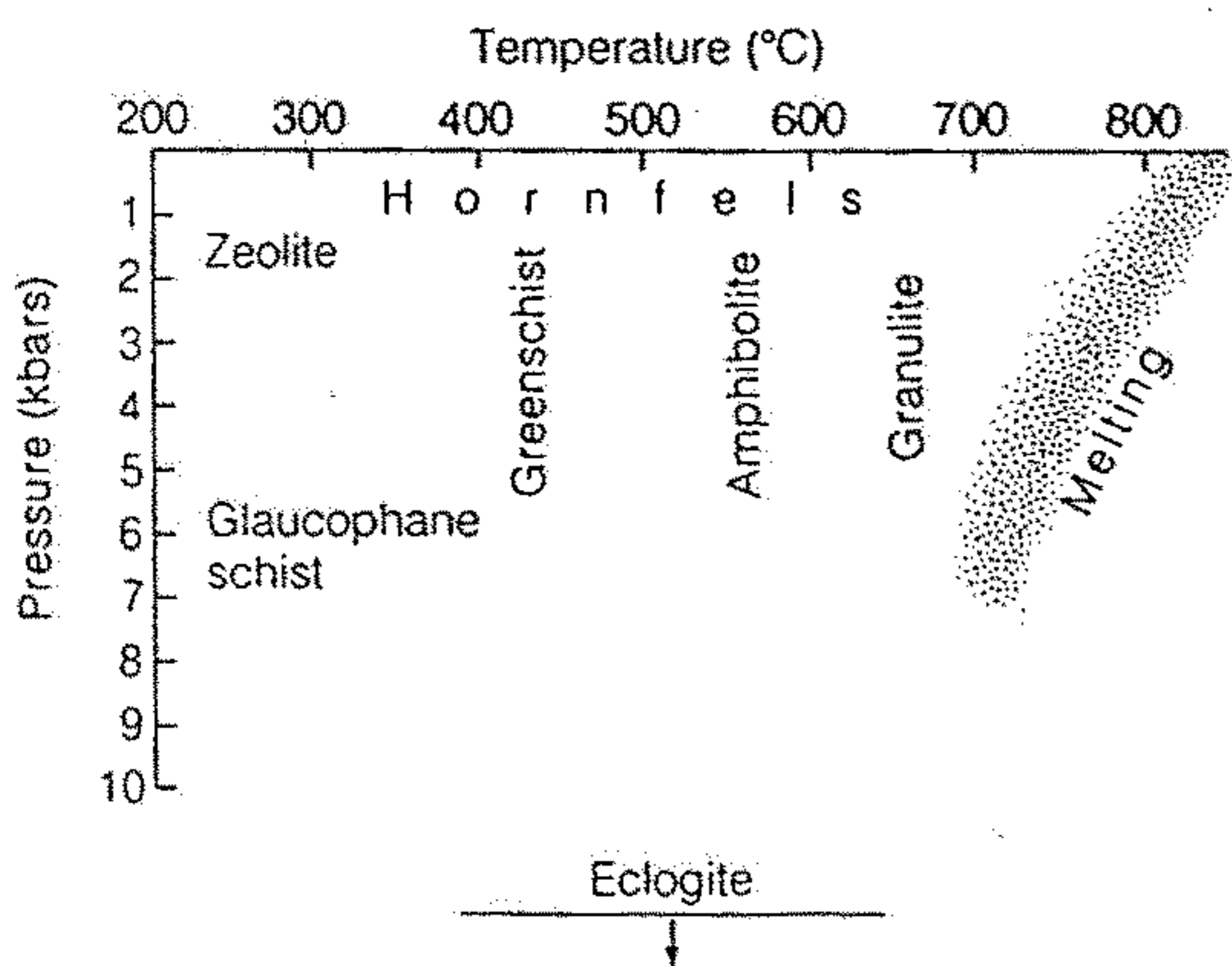
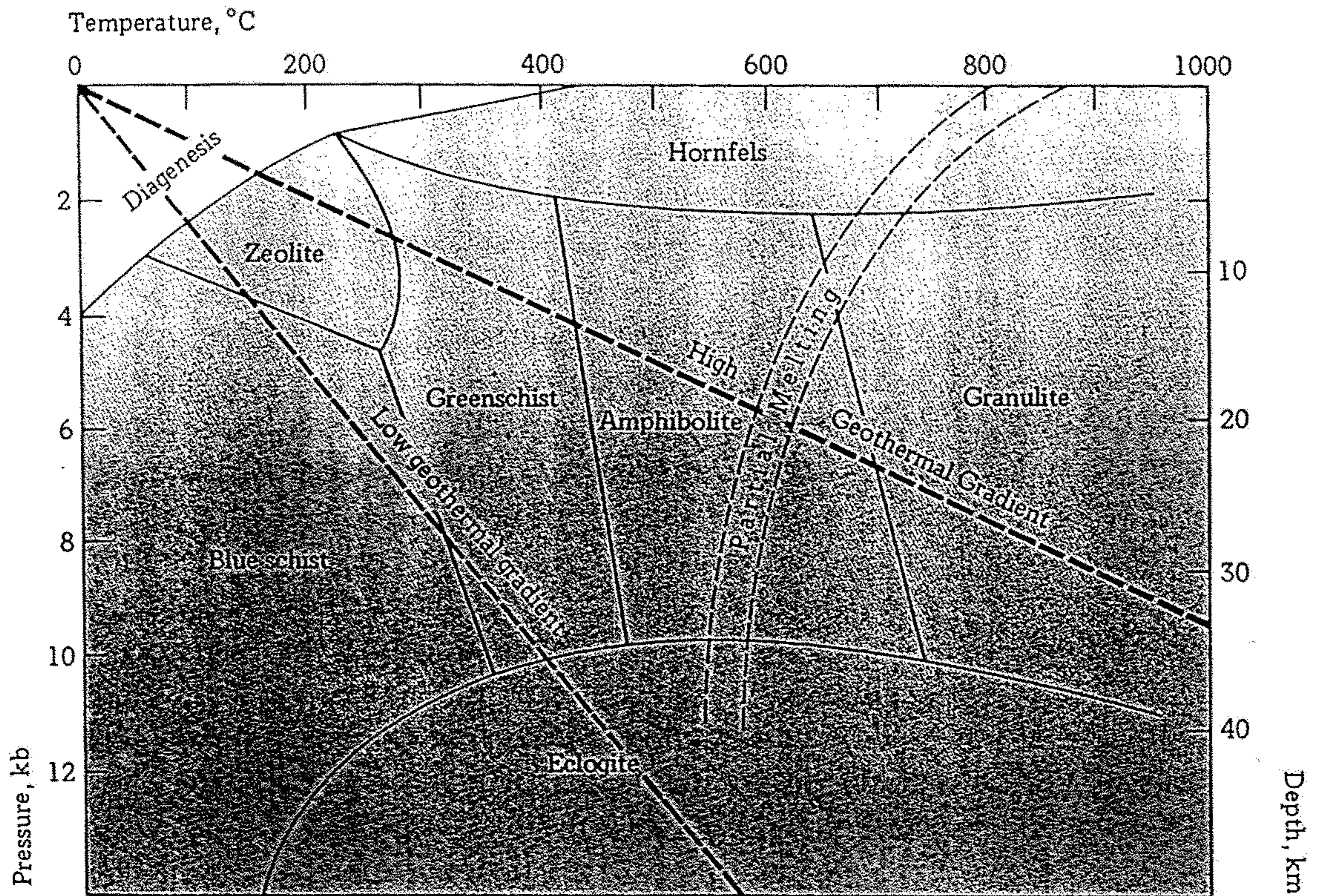


Figure 17-16

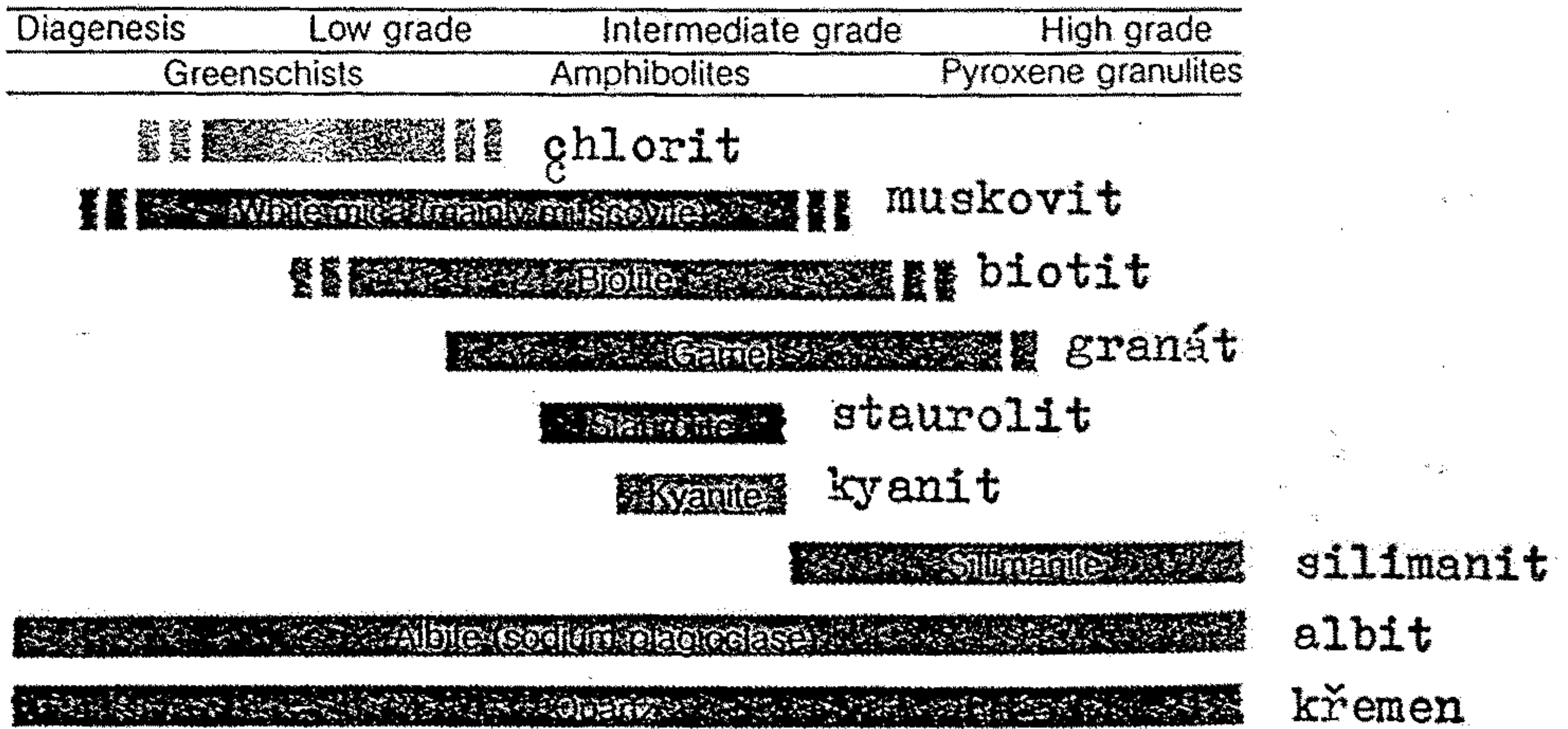
Generalized and simplified metamorphic facies diagram, showing the distribution of metamorphic rock types in relation to the temperature and pressure fields in which they are formed. There are no sharp boundaries between any of these facies.

Figure 17-14

Different metamorphic routes of pressure and temperature increase may be induced by combinations of tectonic and igneous activity. The different routes produce different groups of metamorphic rock types.

Figure 17-12

(a) Changes in mineral composition of shales metamorphosed under conditions of intermediate pressure and temperature. (b) Idealized map view of a regionally metamorphosed terrain in which shales have been metamorphosed under the same conditions. The isograd lines mark the first appearance of the index mineral and correspond to the diagram in (a).



(a)

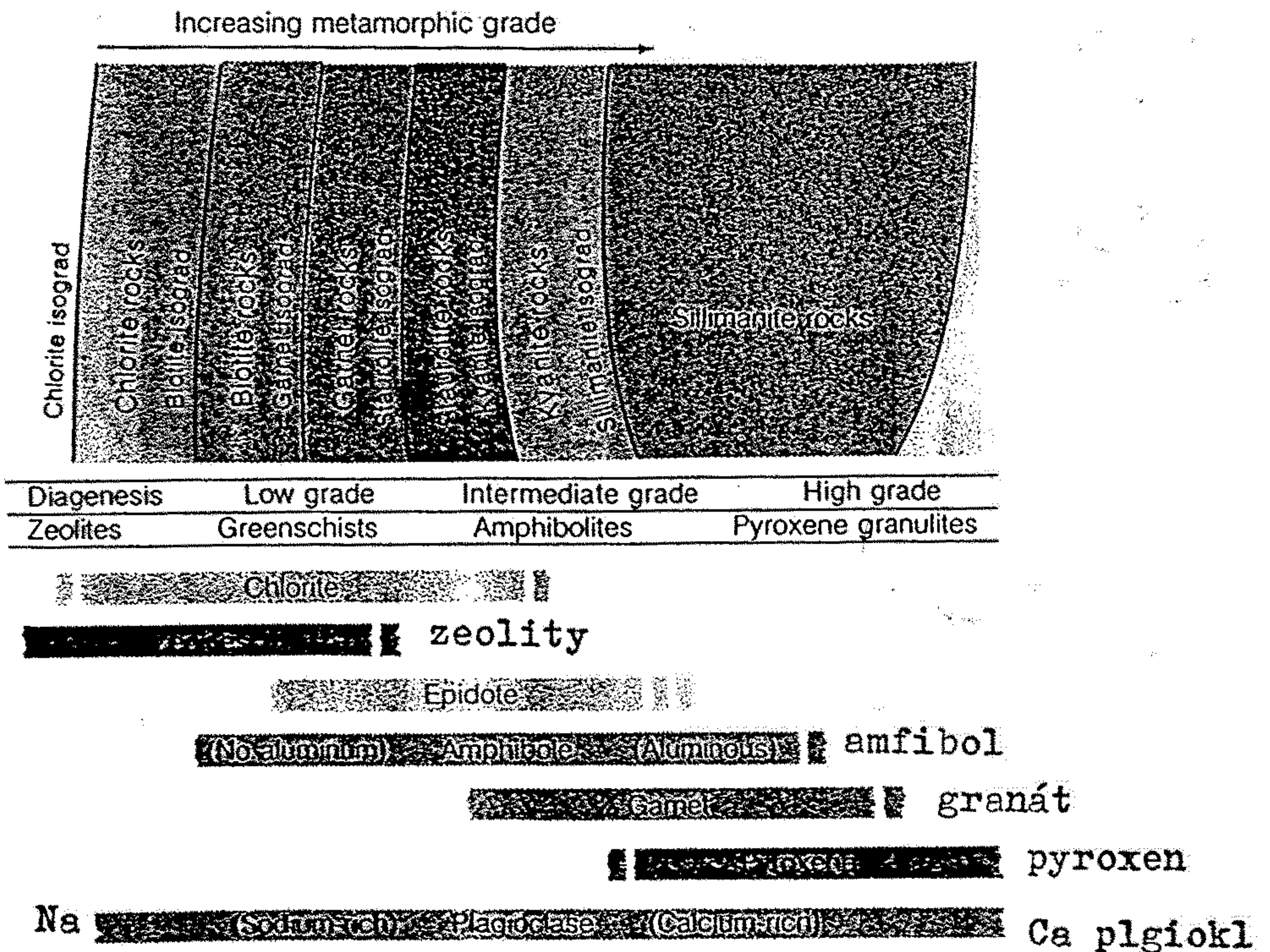


Figure 17-15

Changes in mineral composition of basalts and the other mafic rocks metamorphosed under conditions of intermediate pressure and temperature. Compare these with the mineral assemblages of shales metamorphosed under the same conditions (see Figure 17-12) to see the effect of original composition on mineralogy.

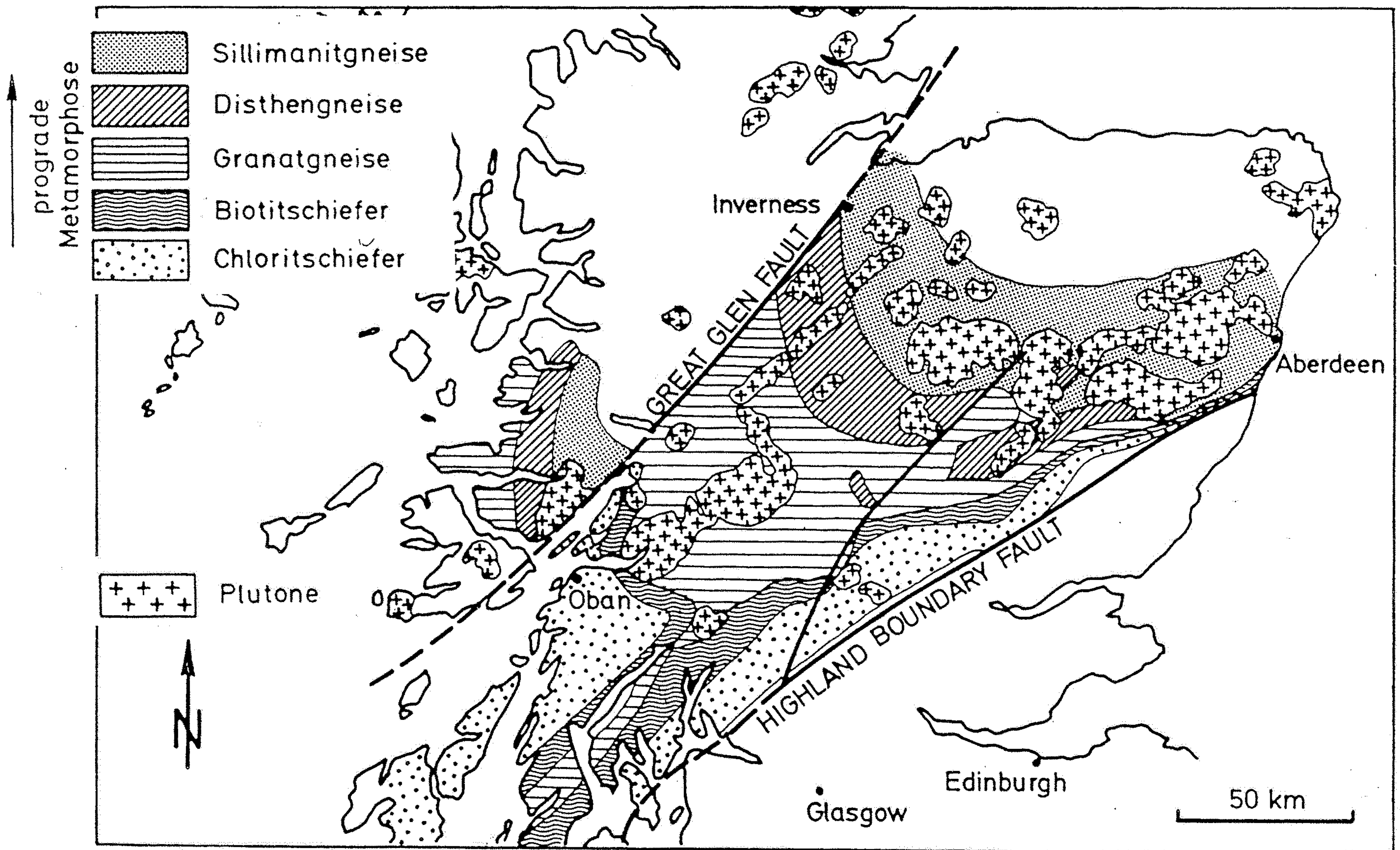
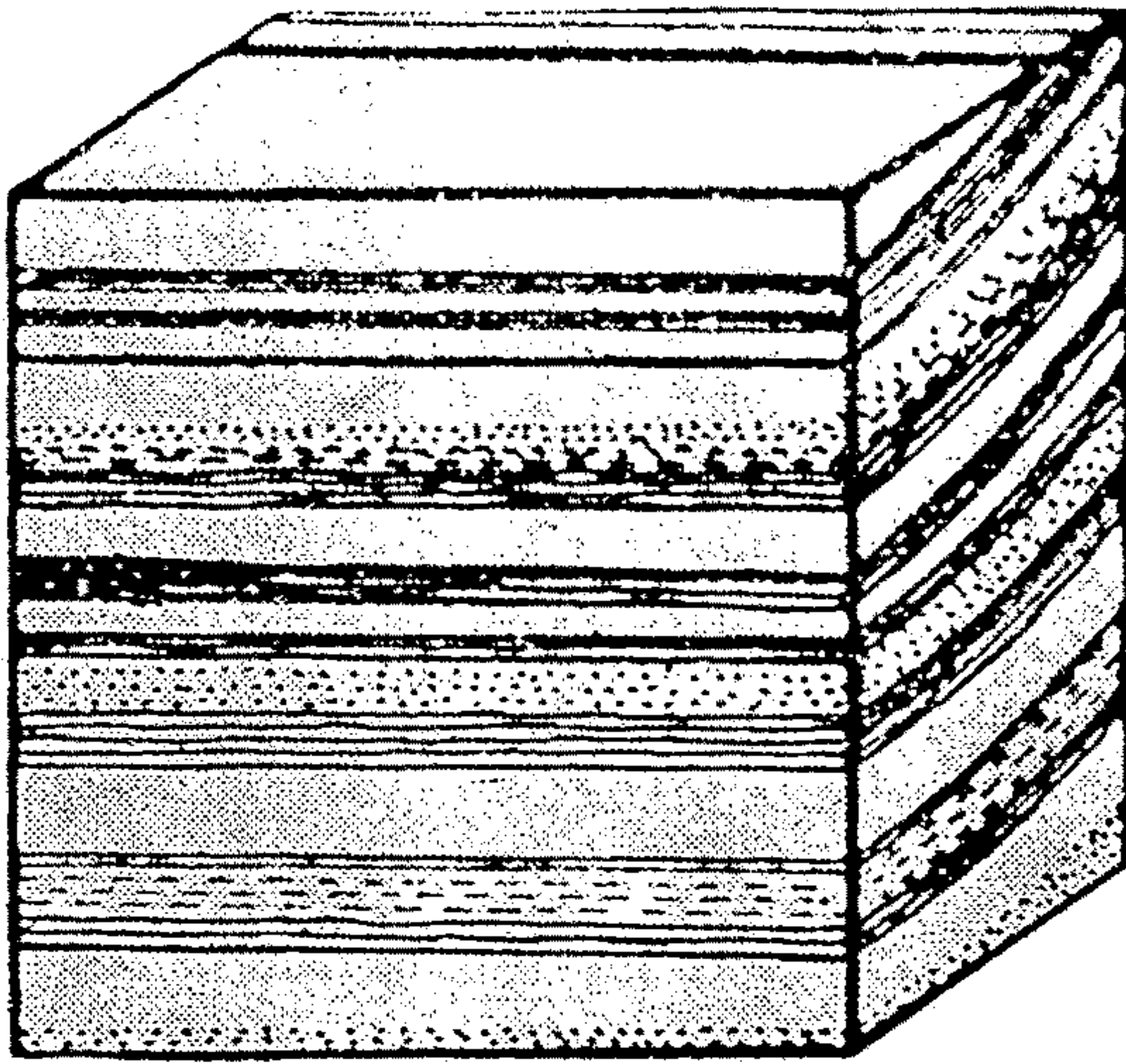
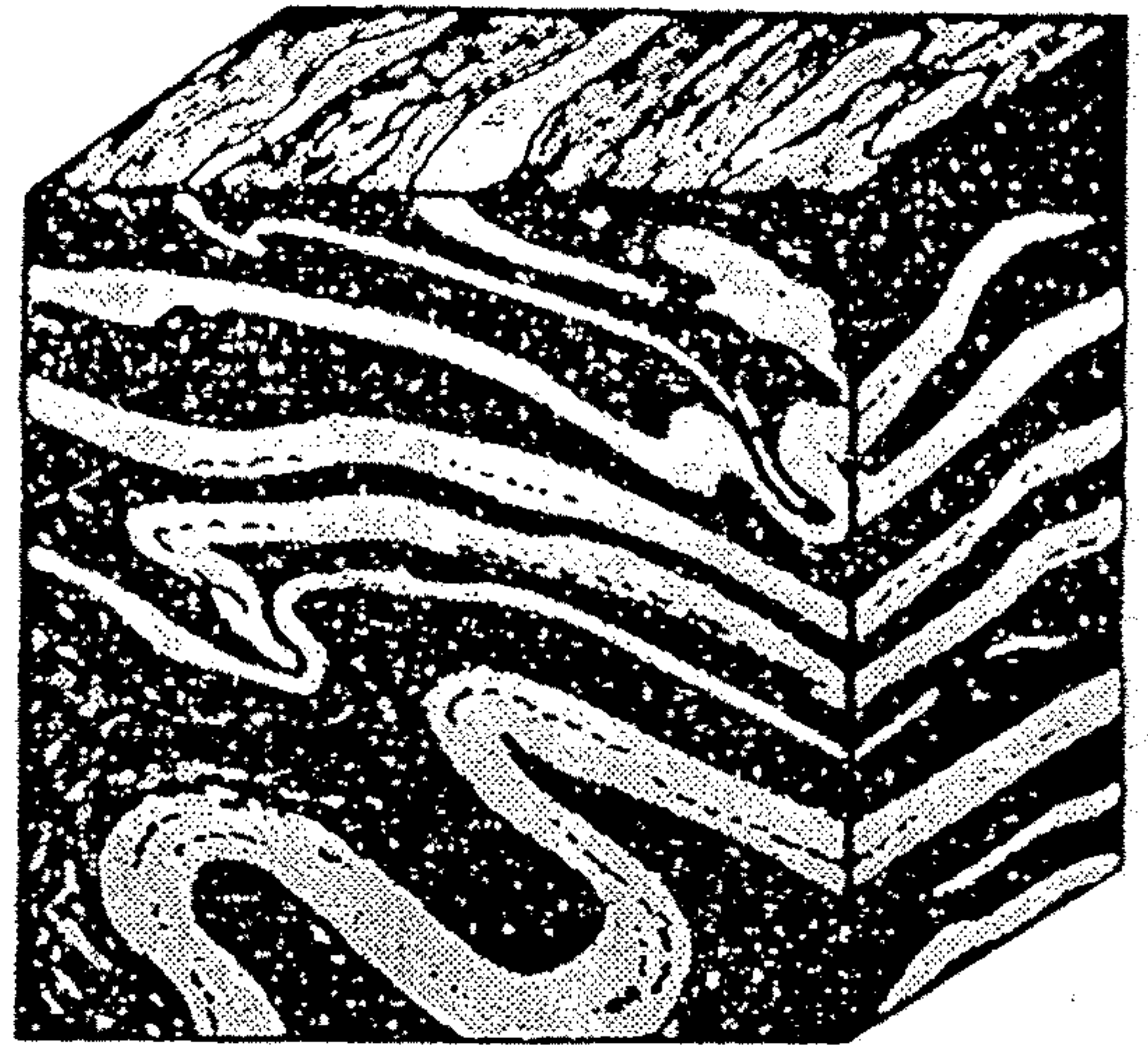


Abb. 13.15

Fazieszonen der Regionalmetamorphose in Schottland, einem klassischen Gebiet der Metamorphose-Forschung. Prograde Metamorphose und magmatische Intrusionen sind im Zuge der kaledonischen Orogenese vor ca. 450 Ma entstanden. Spätkaledonischer sinistraler Versatz entlang der Great-Glen-Störung hat die metamorphe Abfolge rund 100 km versetzt. Die im Norden der Britishen Inseln und in Westskandinavien aufgeschlossenen kaledonischen Strukturen sind das Ergebnis der Plattenkollision von Laurentia (Teile des heutigen Nordamerikas) mit Baltica (die präkambrische Kruste Skandinaviens und Nordwestrußlands), bei der der lapetus (Protoatlantik) geschlossen wurde (mehr dazu in Abschn. 14.1). Spätorogene Heraushebung und Erosion legte diesen mittleren Krustenabschnitt frei (aus ZEIL, 1990).

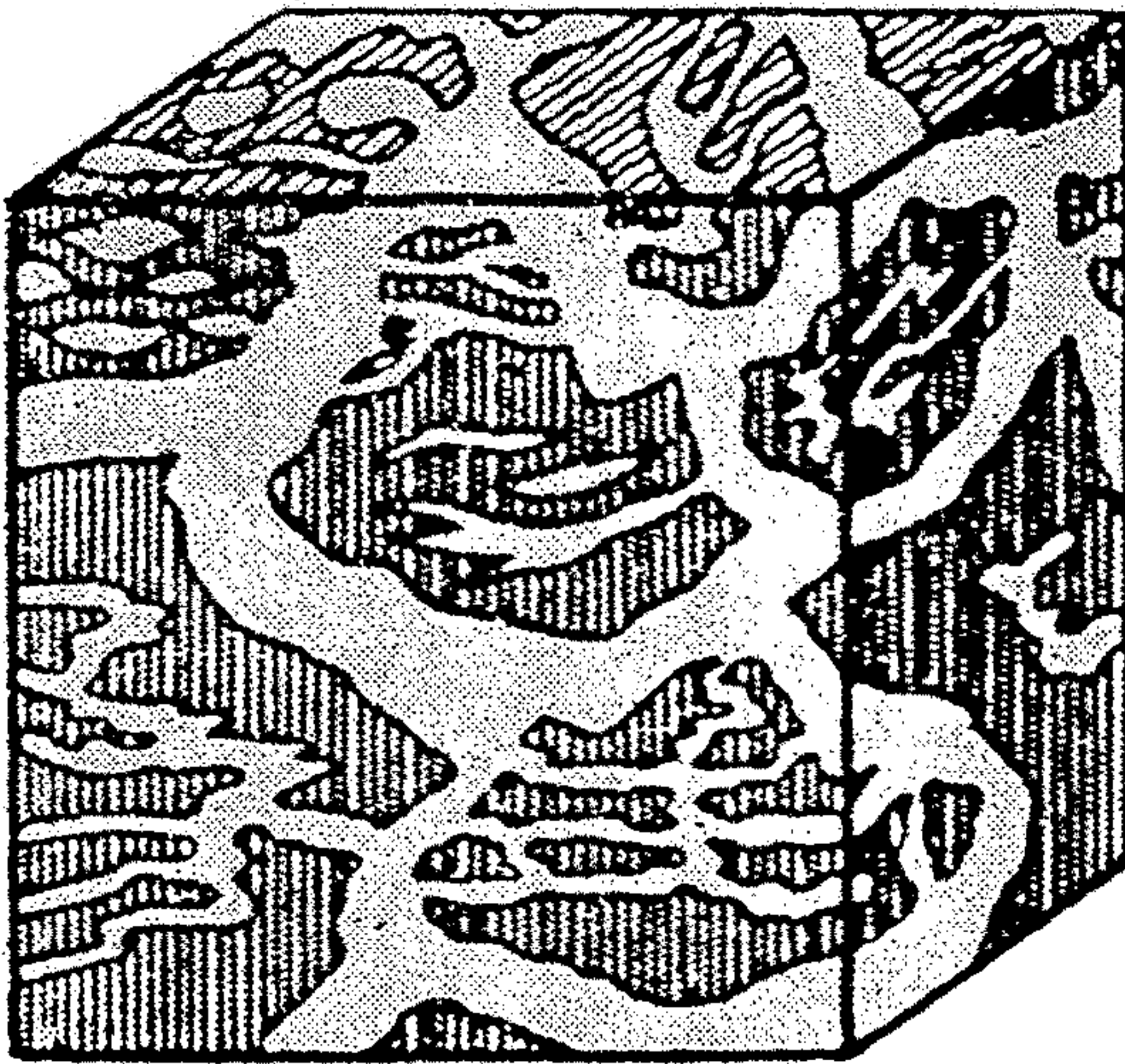


a

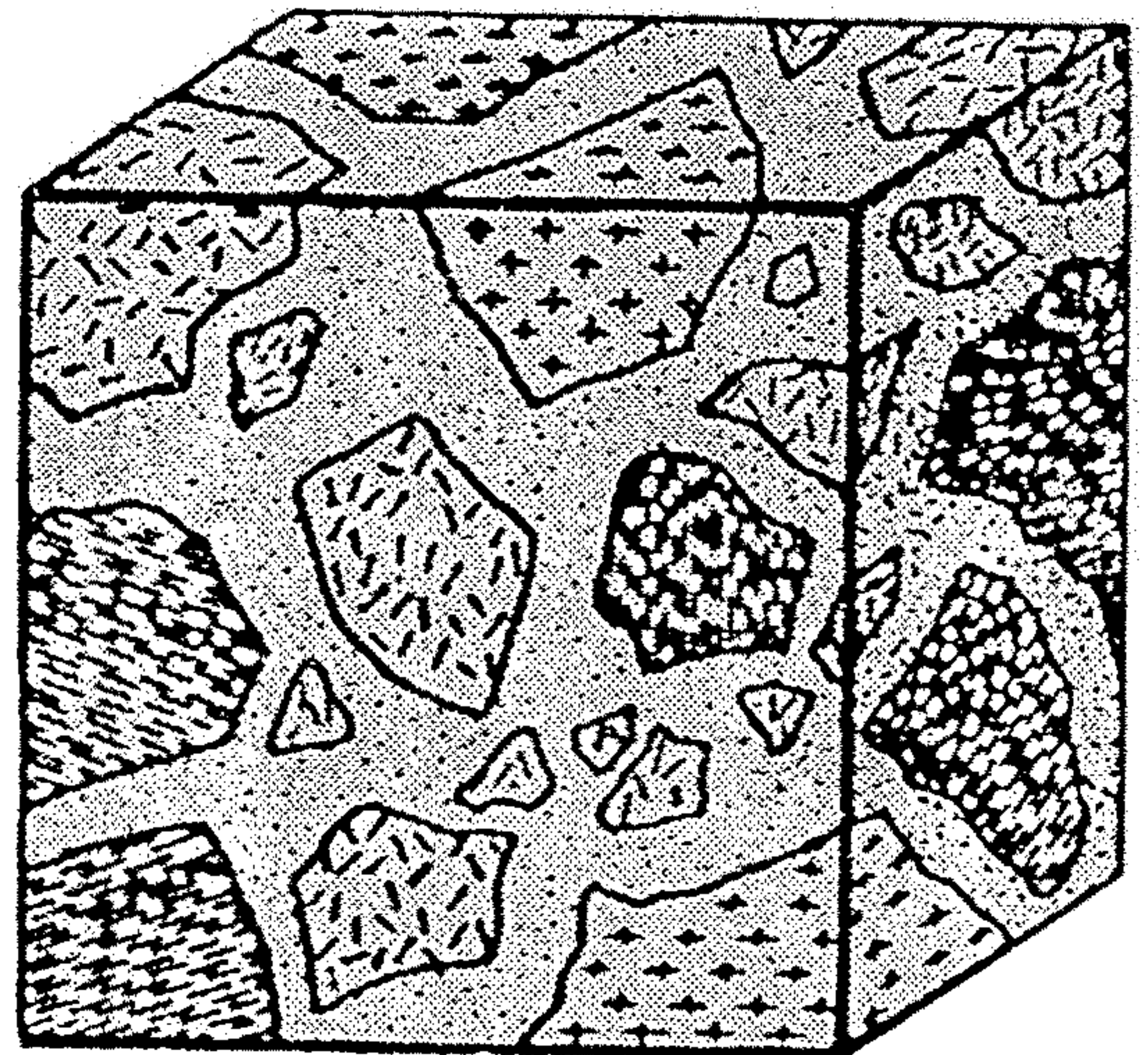


b

Obr. 23. Stromatity, podle P. Niggliho 1948, s. 110. – a) Ložní střídání stavebních jednotek při klidném uložení, b) při vrásové stavbě.

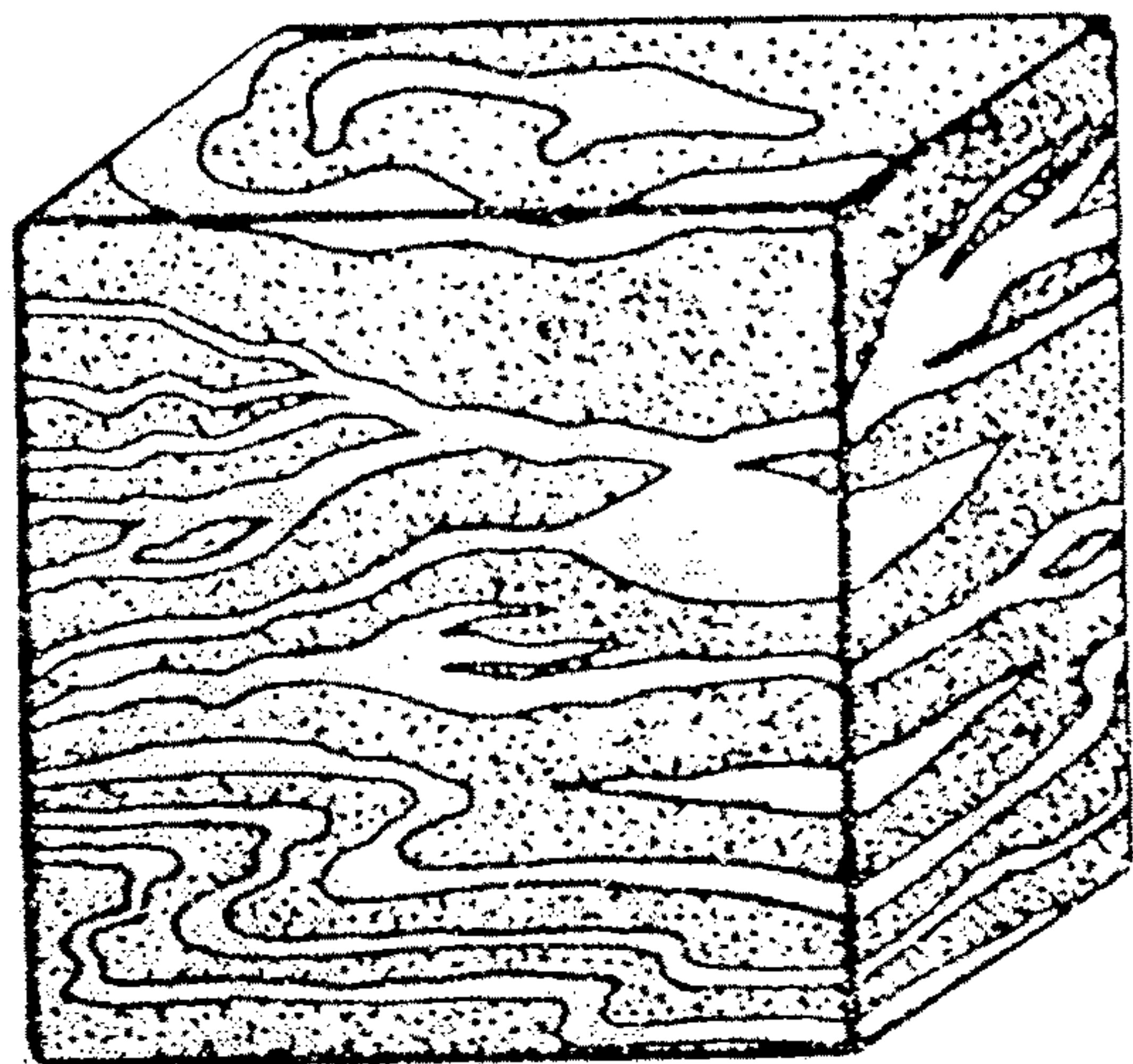


a

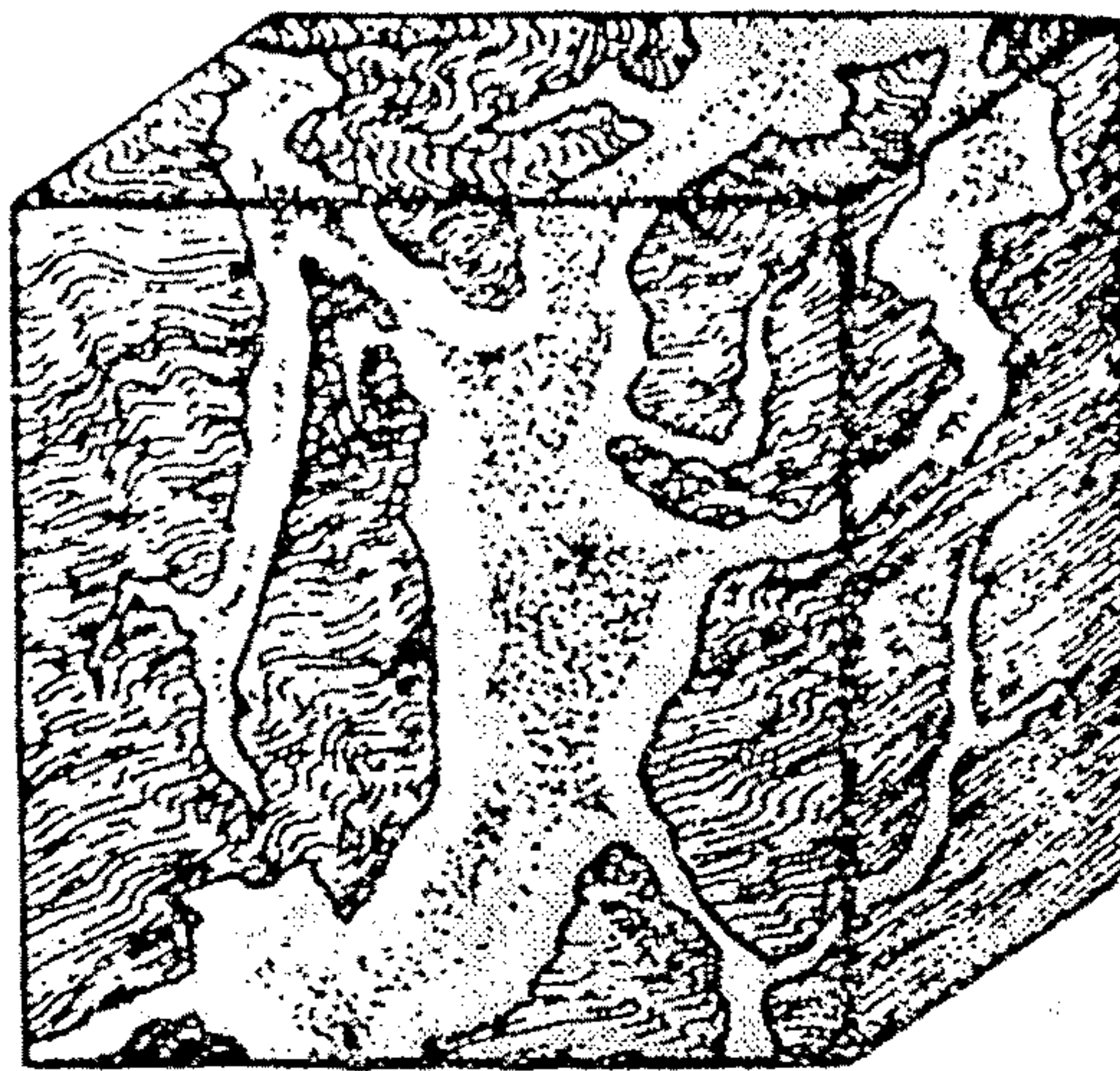


b

Obr. 24 Merismity, podle P. Niggliho 1948, s. 110. – a) Spojení úlomků téže horniny, b) spojení úlomků různých hornin.

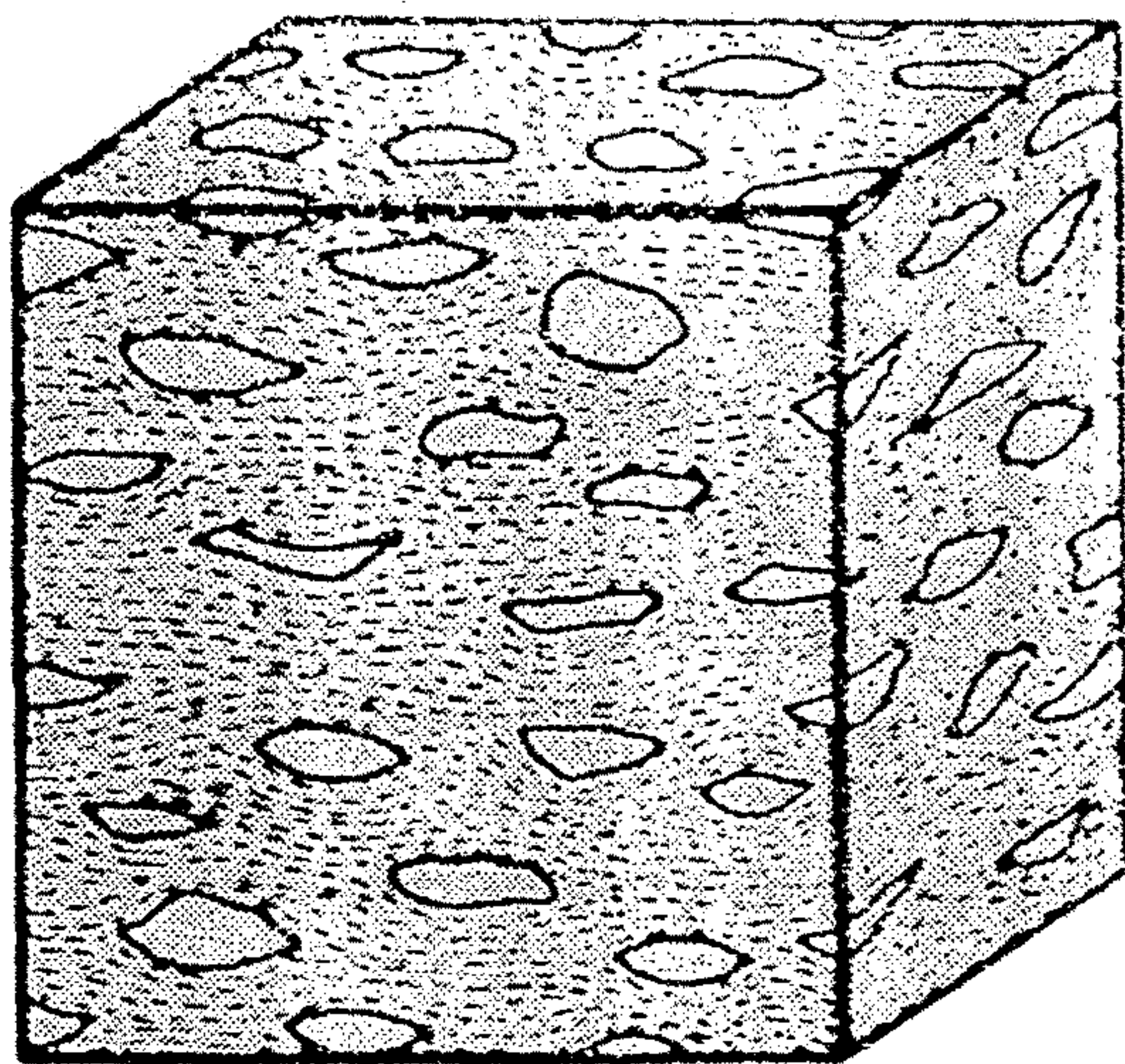


a

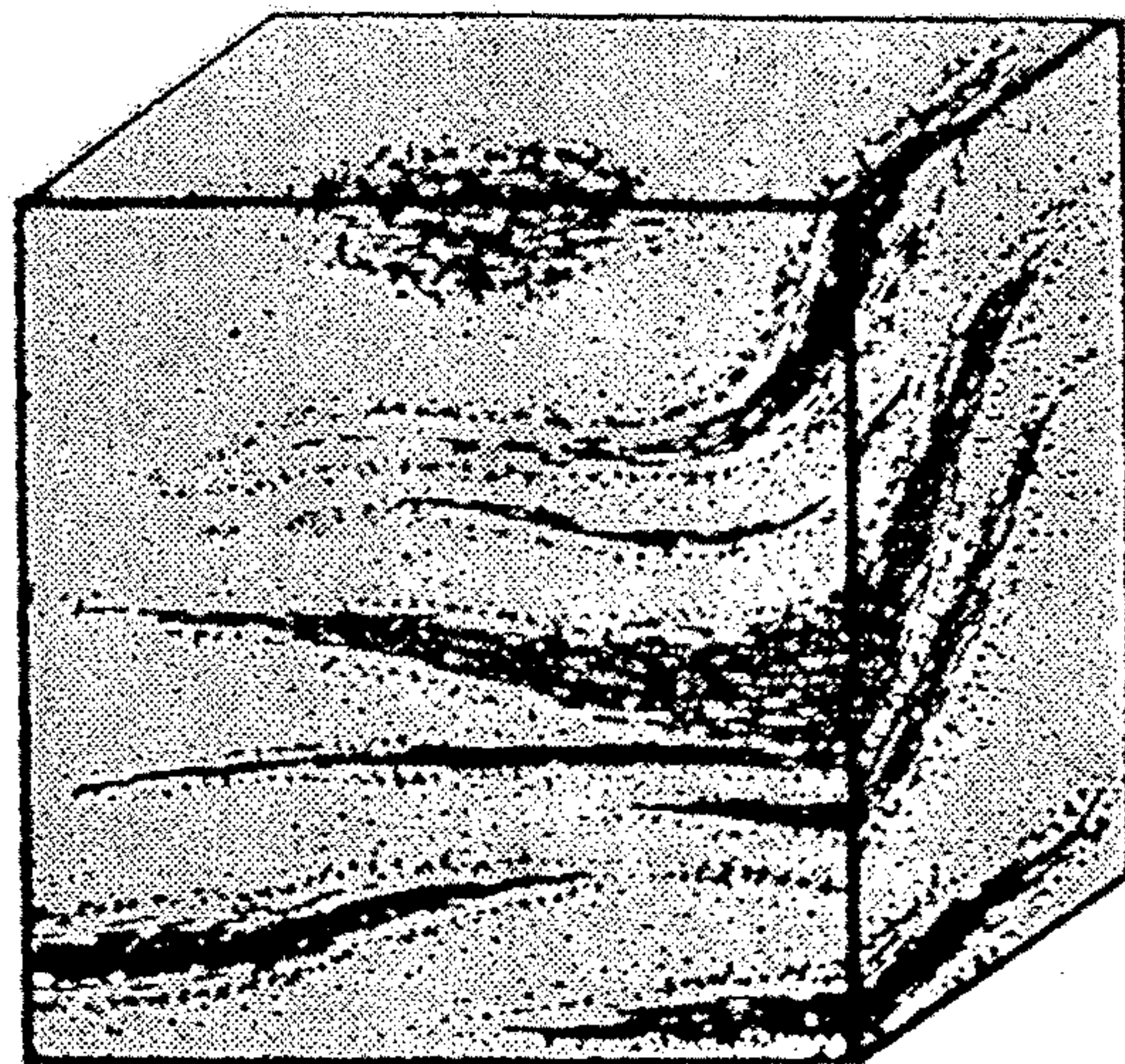


b

Obr. 21. Flebity, podle P. Niggliho 1948, s. 109. – a) Světlá část se místy rozširuje do čoček a je vrásovitě zprohýbána, b) světlá část proniká tmavou základní masou v podobě sítě žilek.

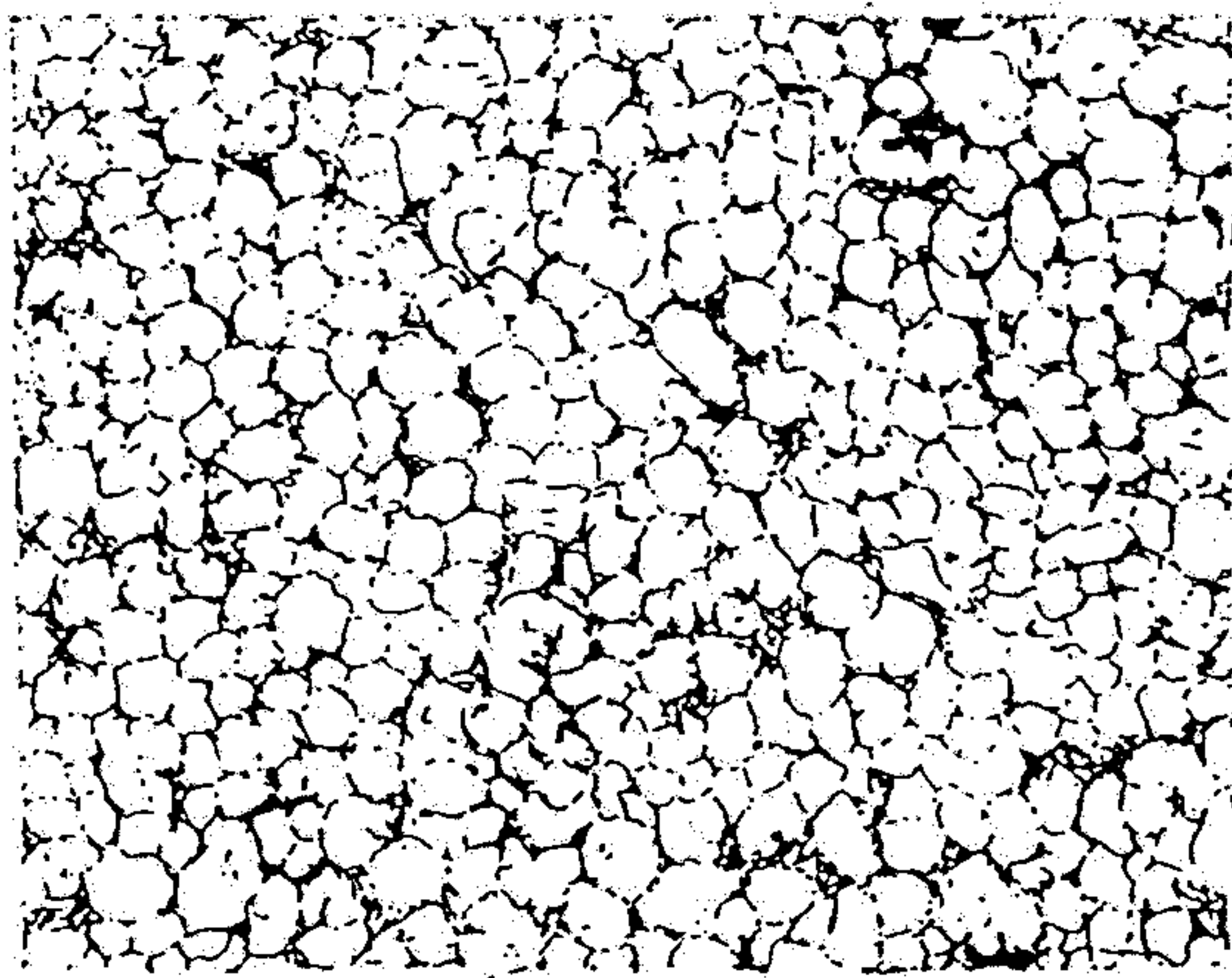
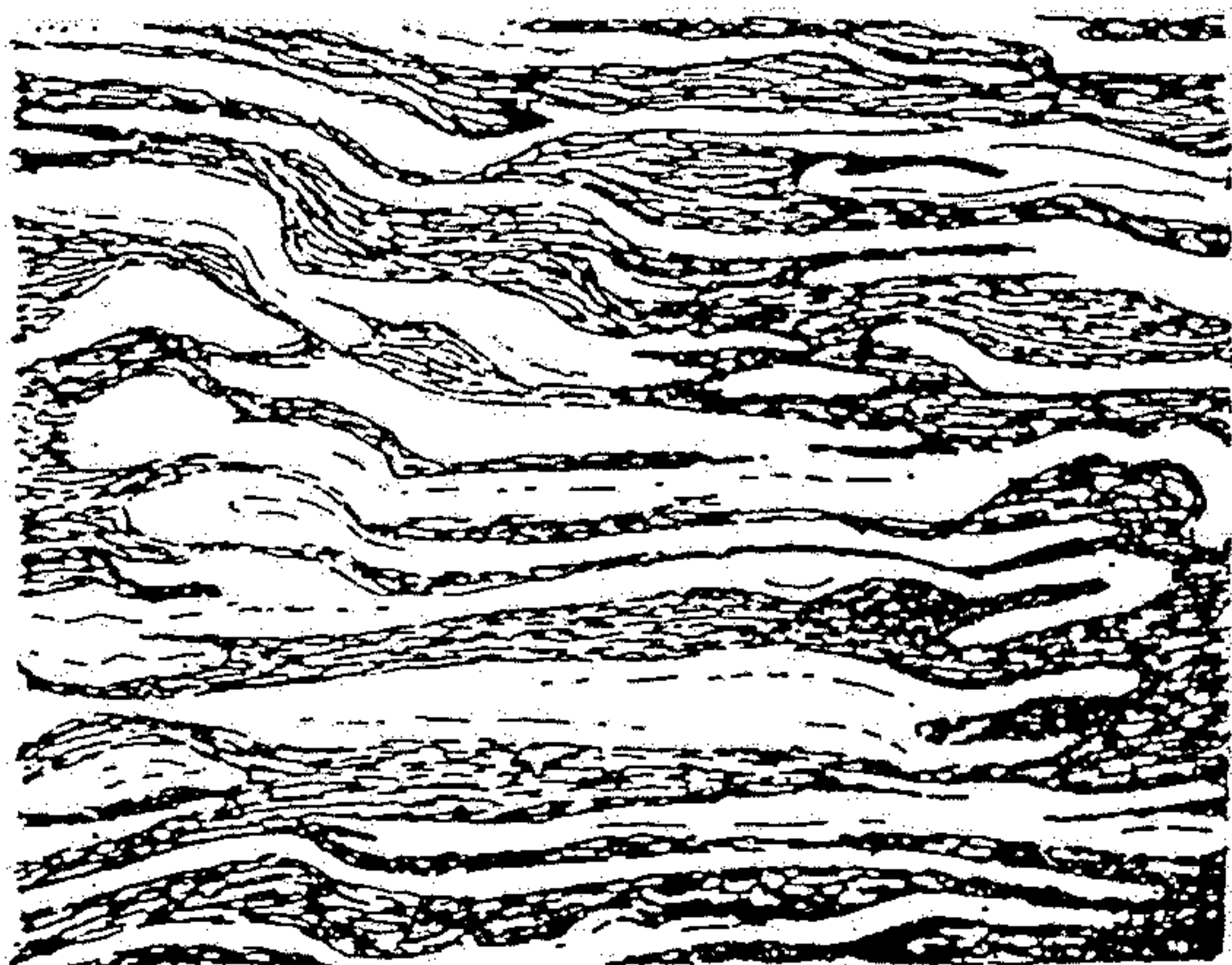
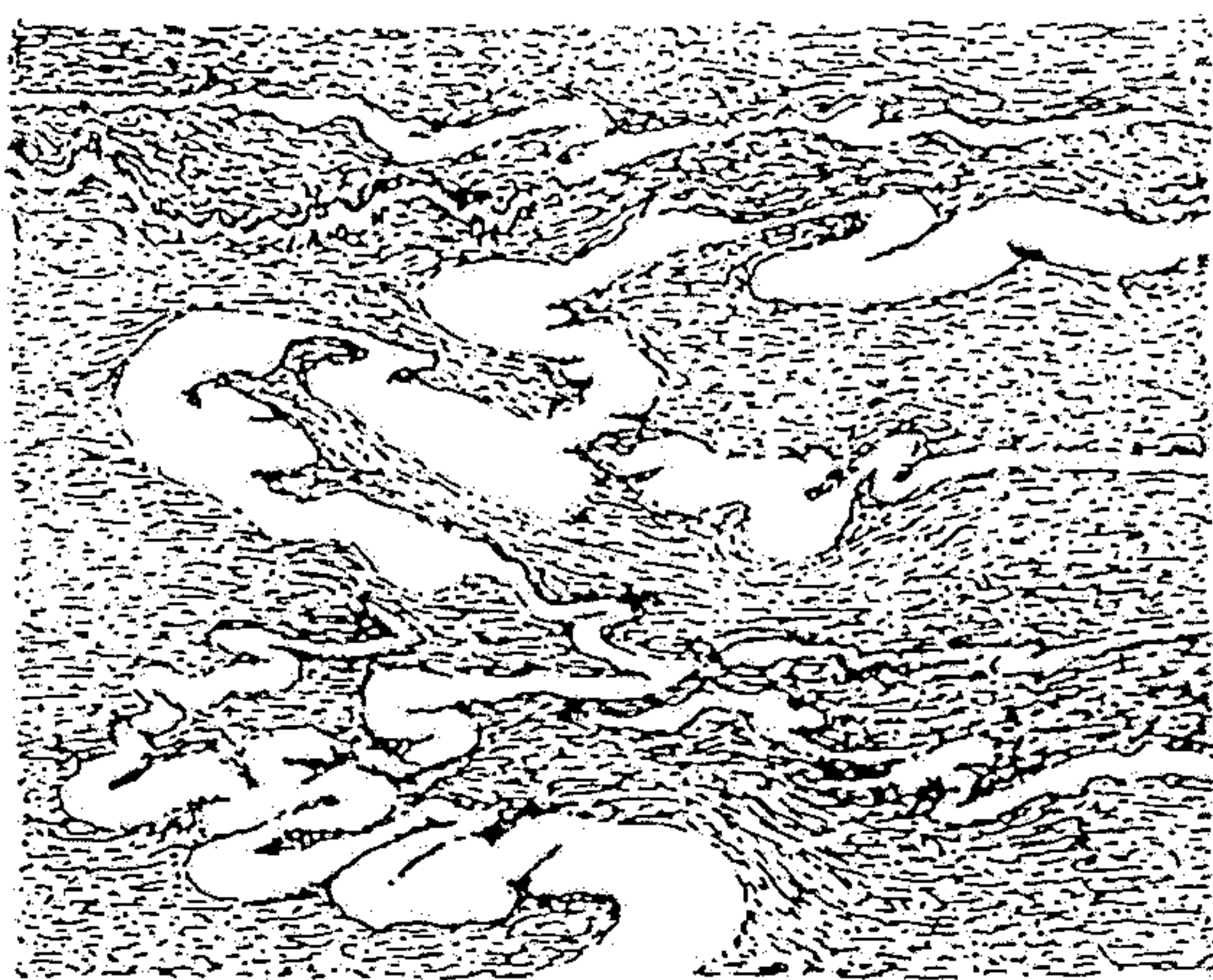
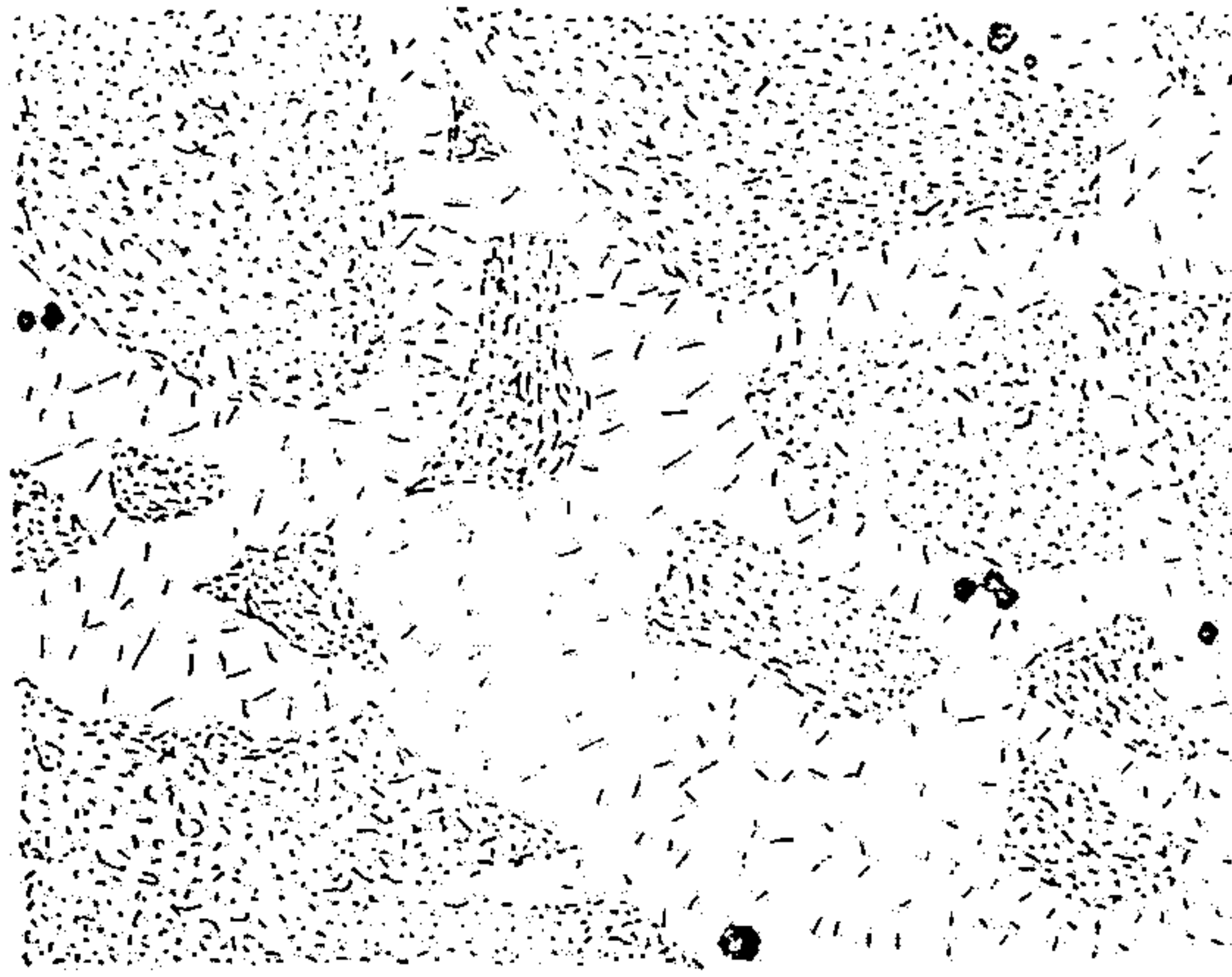


a



Obr. 22. Oftalmity, podle P. Niggliho 1948, s. 109. – a) V základní mase jsou útvary v podobě čoček (ok), b) v základní mase jsou útvary v podobě valounů.

Obr. 25. Nebulitický stromatit (nebulit). Podle P. Niggliho 1948, s. 110.



OBR. 91. Příklady migmatitových textur (obrázky kresleny podle vzorků migmatitů vesměs z moldanubika). A — migmatit s brekciovitým substrátem (obsahuje dosti hojně velké porfyroblasty granátu), B — migmatitizovaná pararula s ptygmaticky zvrásněnou žilkou metatektu, C — stromatitický migmatit, D — stromatitický migmatit s převahou metatektu, E — oftalmický migmatit — perlová rula s migmatoblasty živců uspořádanými do paralelních proužků podél foliace, F — migmatit žulového vzhledu (živcové migmatoblasty zcela převládají, mají však dosud zachován vzhled „oček“).

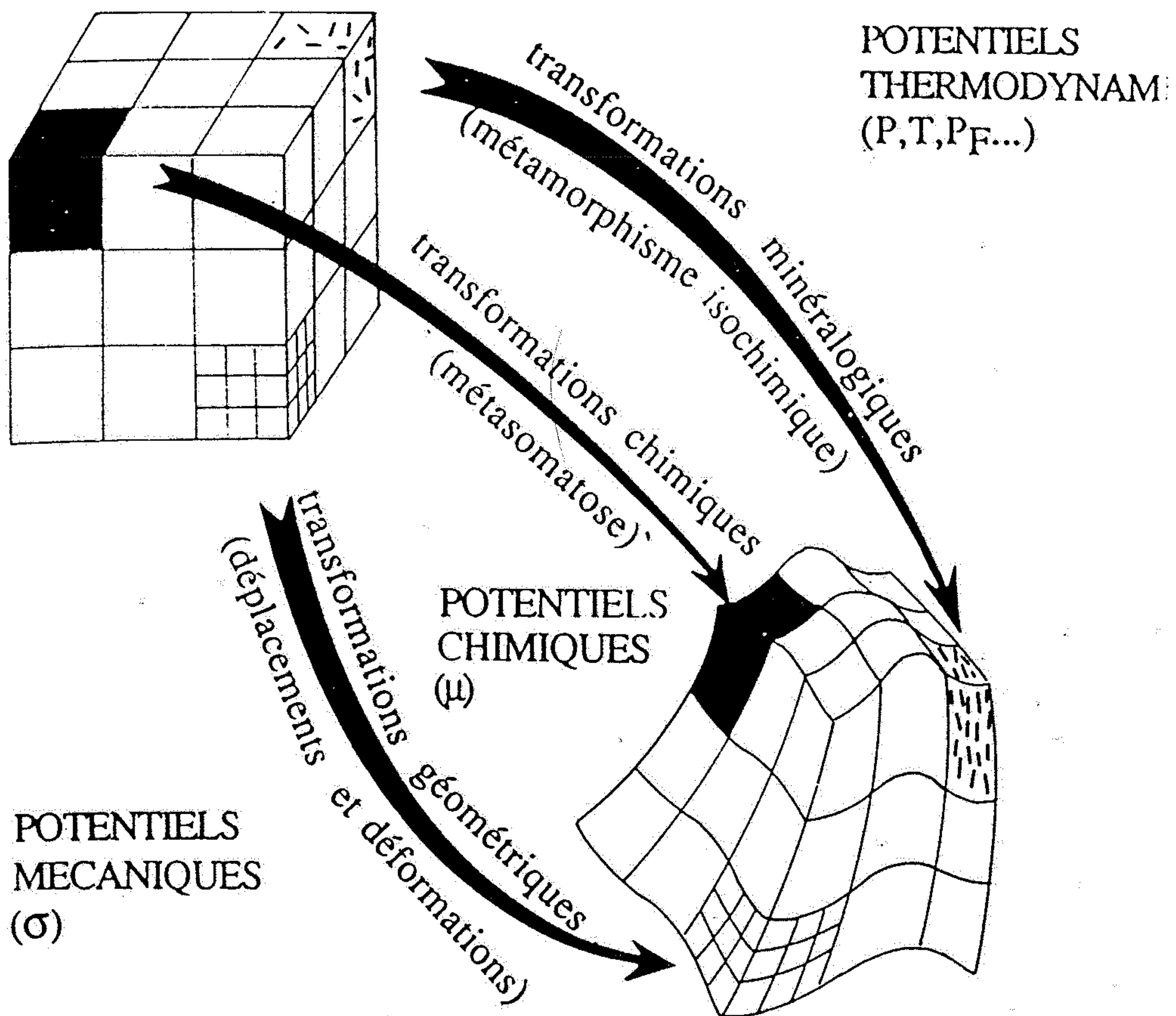
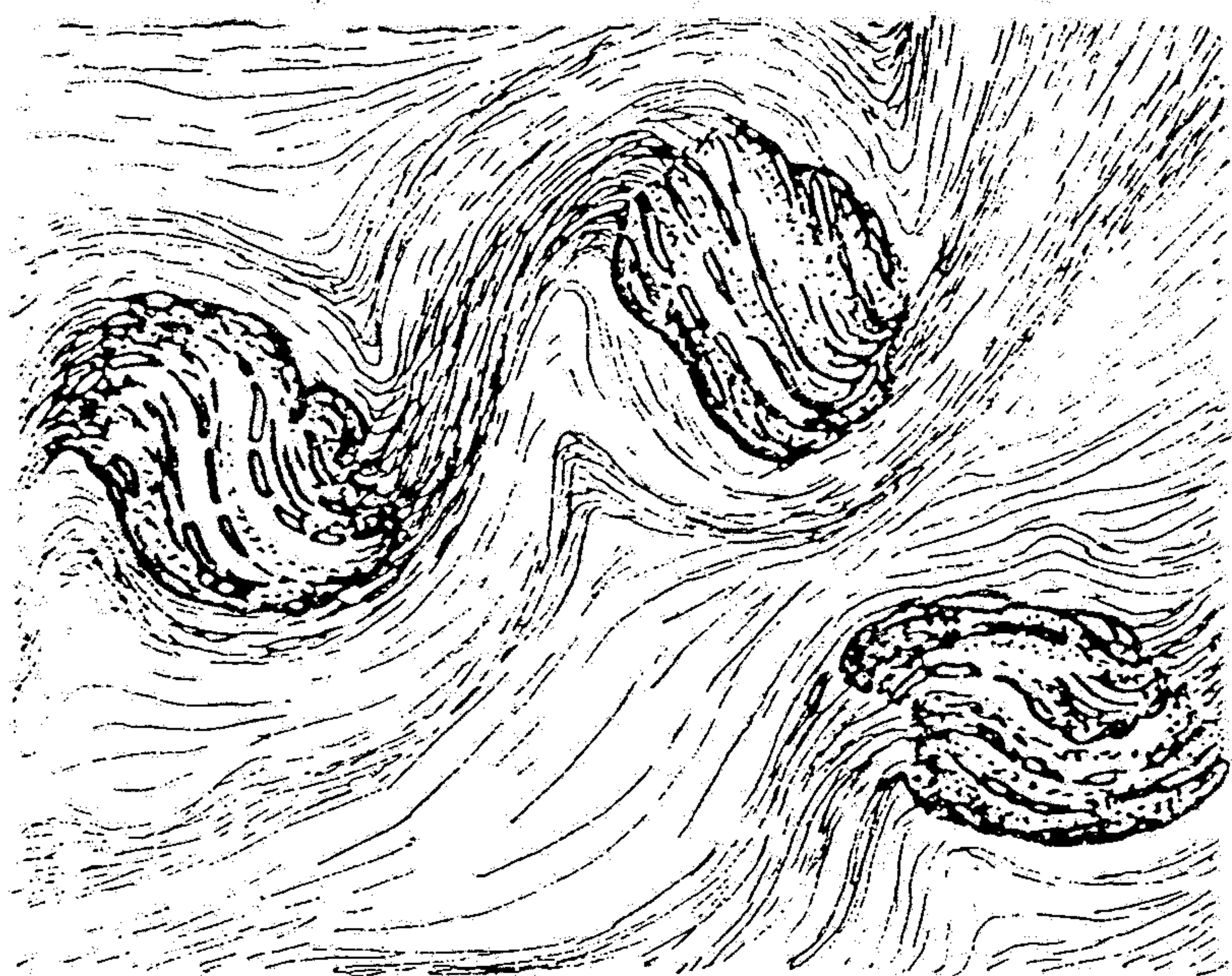
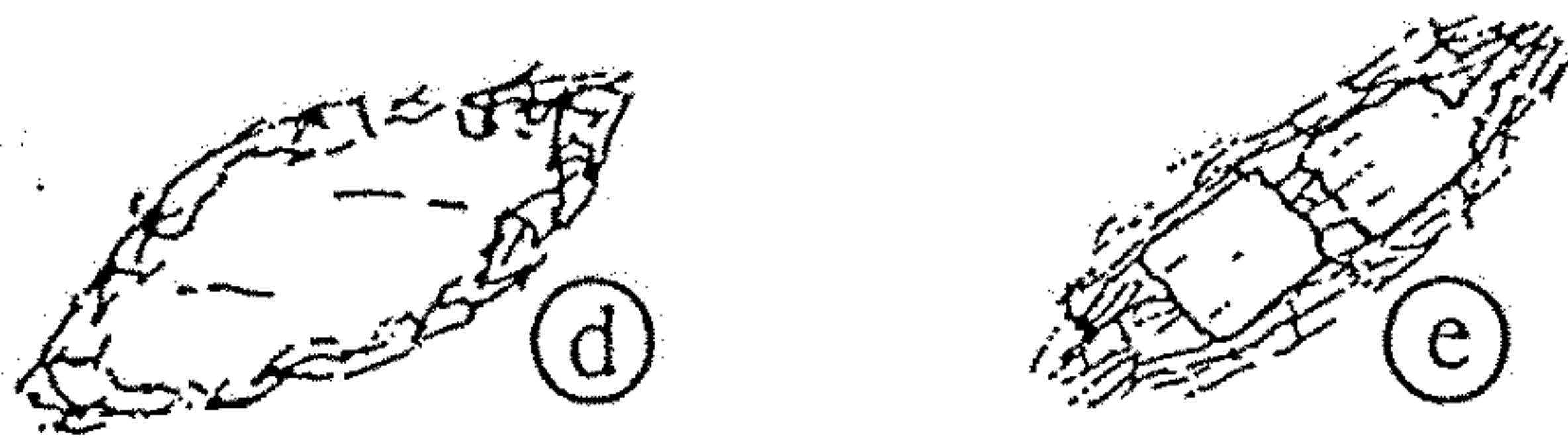


Fig. 122 Les différents types de transformations des roches métamorphiques.



OBR. 77. Rotované granáty ve svoru. Podle P. Eskoly (1939).

MINÉRAUX ANTE-TECTONIQUES



MINÉRAUX SYNTECTONIQUES



MINÉRAUX POST-TECTONIQUES

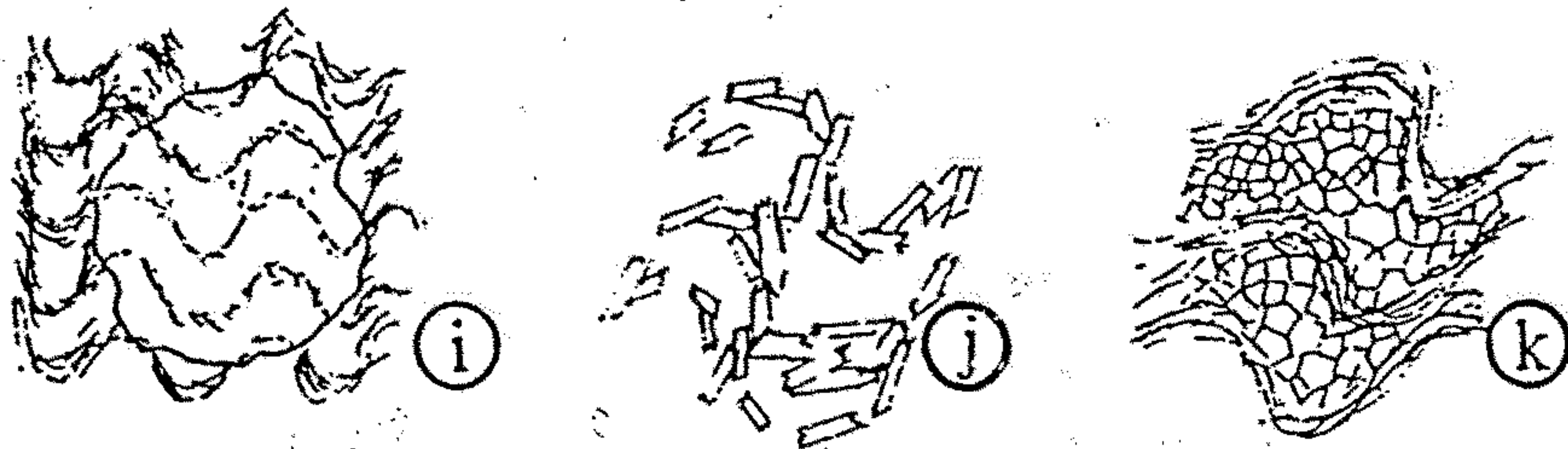
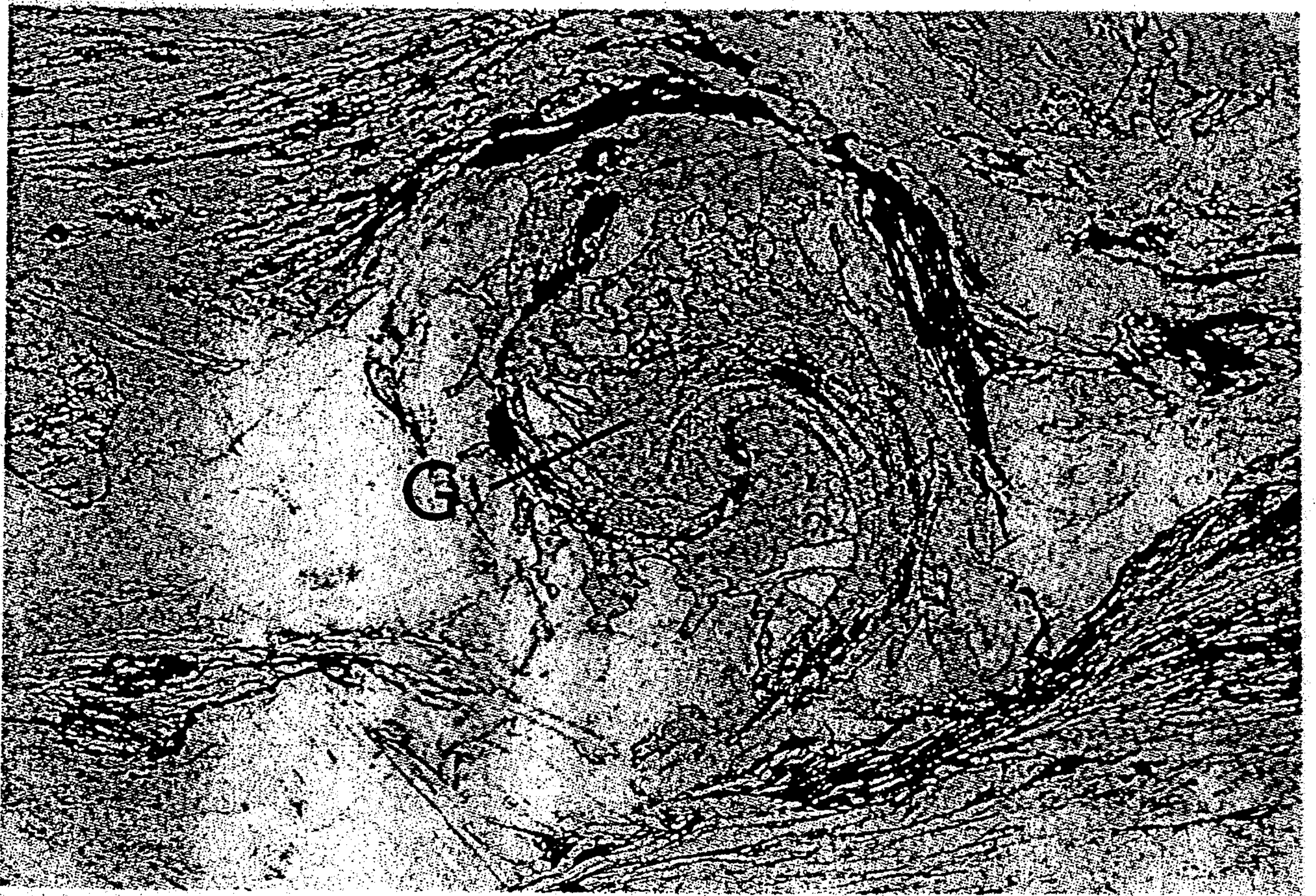


Fig. 128 Relations chronologiques entre minéraux et microstructures.

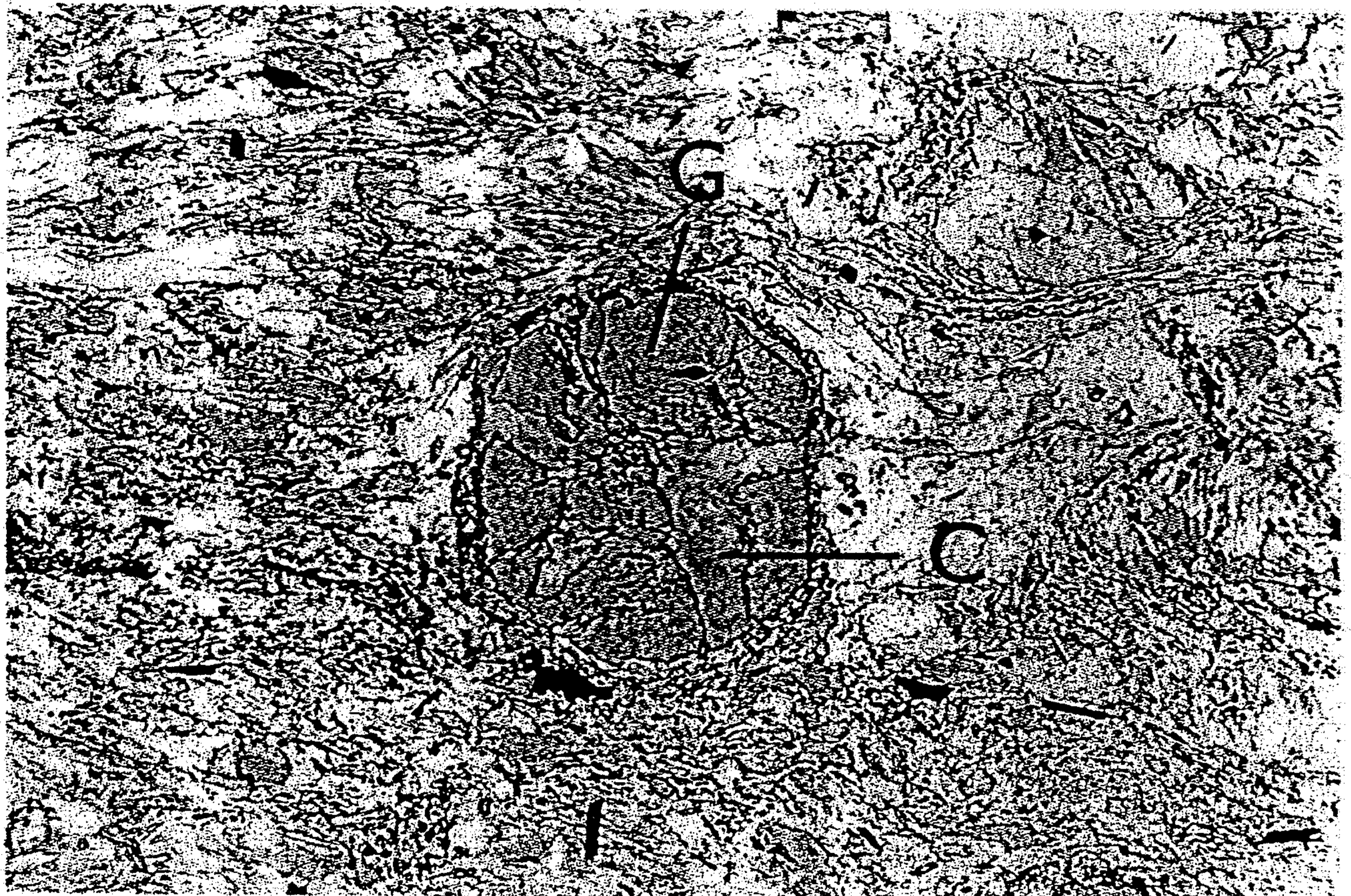
A. Minéraux anté-tectoniques : a. disthène; b. micas crénelés par une schistosité; c. quartz à extinction roulante et lamelles de déformation; d. amphibole fragmentée à sa bordure; e. pyroxène boudiné.

B. Minéraux syntectoniques : f. quartz en fibres dans des zones abritées par une pyrite; g. grenat hélicitique; h. lawsonite englobant des inclusions à déformation croissante vers la bordure.

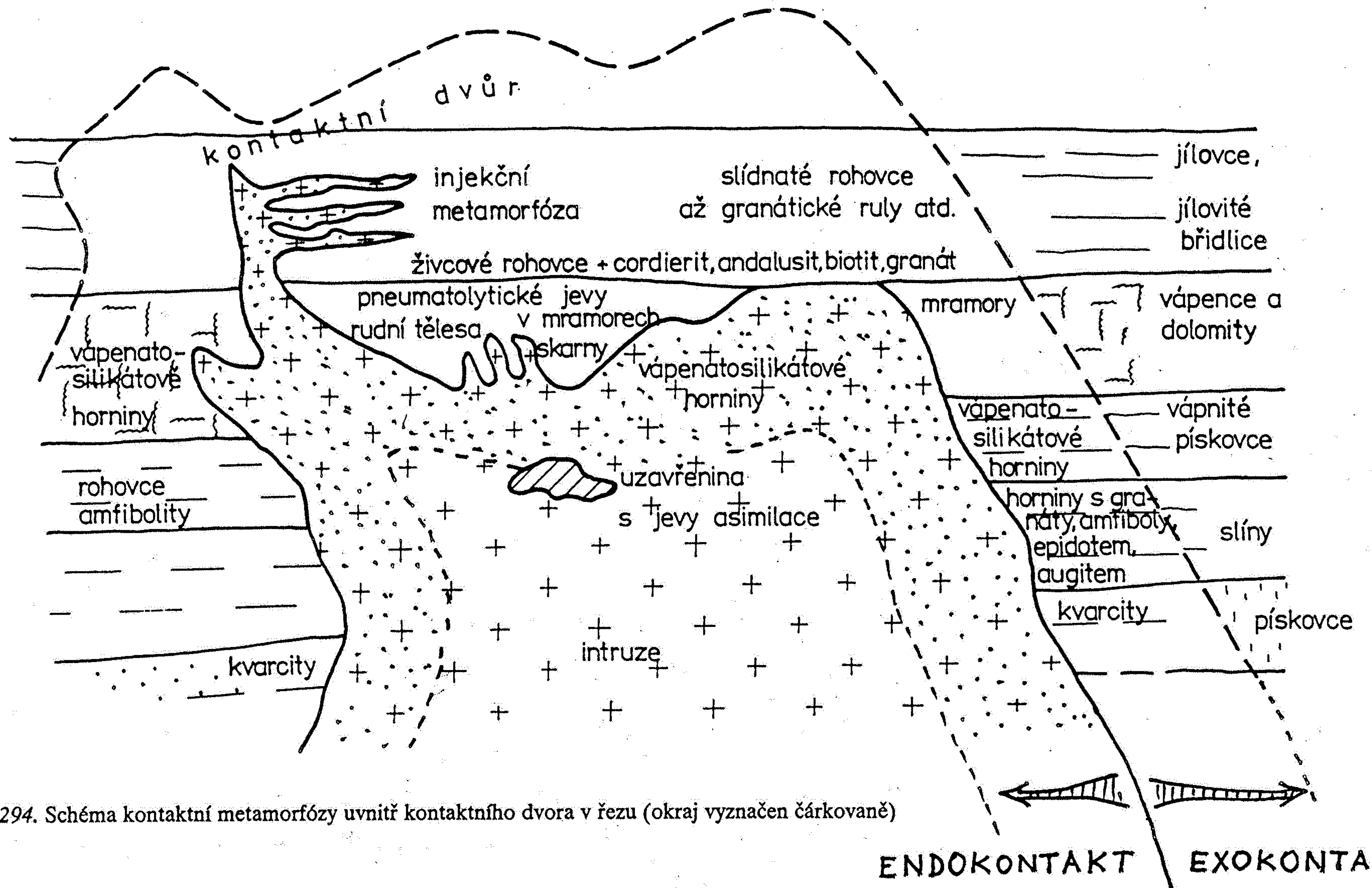
C. Minéraux post-tectoniques : i. blaste d'albite surimposé à une crénelation; j. recristallisation de mica en arc polygonal; k. recristallisation de quartz en mosaïque équante.



Granat-Granoblast, der in einem Gneis unter sinistraler Scherung wuchs und rotierte. Der Granat (G) ist in einem feinkristallinen Metamorphit gesproßt, dessen Foliation in Form der S-förmig deformierten Einschlußschlieren erhalten ist; Dünnschliff, Bildbreite ca. 2,6 mm (Photo G. FRANZ).



Retrograde Bildung von Chlorit (C) auf Kosten von Granat (G), Dünnschliff, Bildbreite ca. 1,4 mm (Photo: G. FRANZ).



Obr. 294. Schéma kontaktní metamorfózy uvnitř kontaktního dvora v řezu (okraj vyznačen čárkovaně)

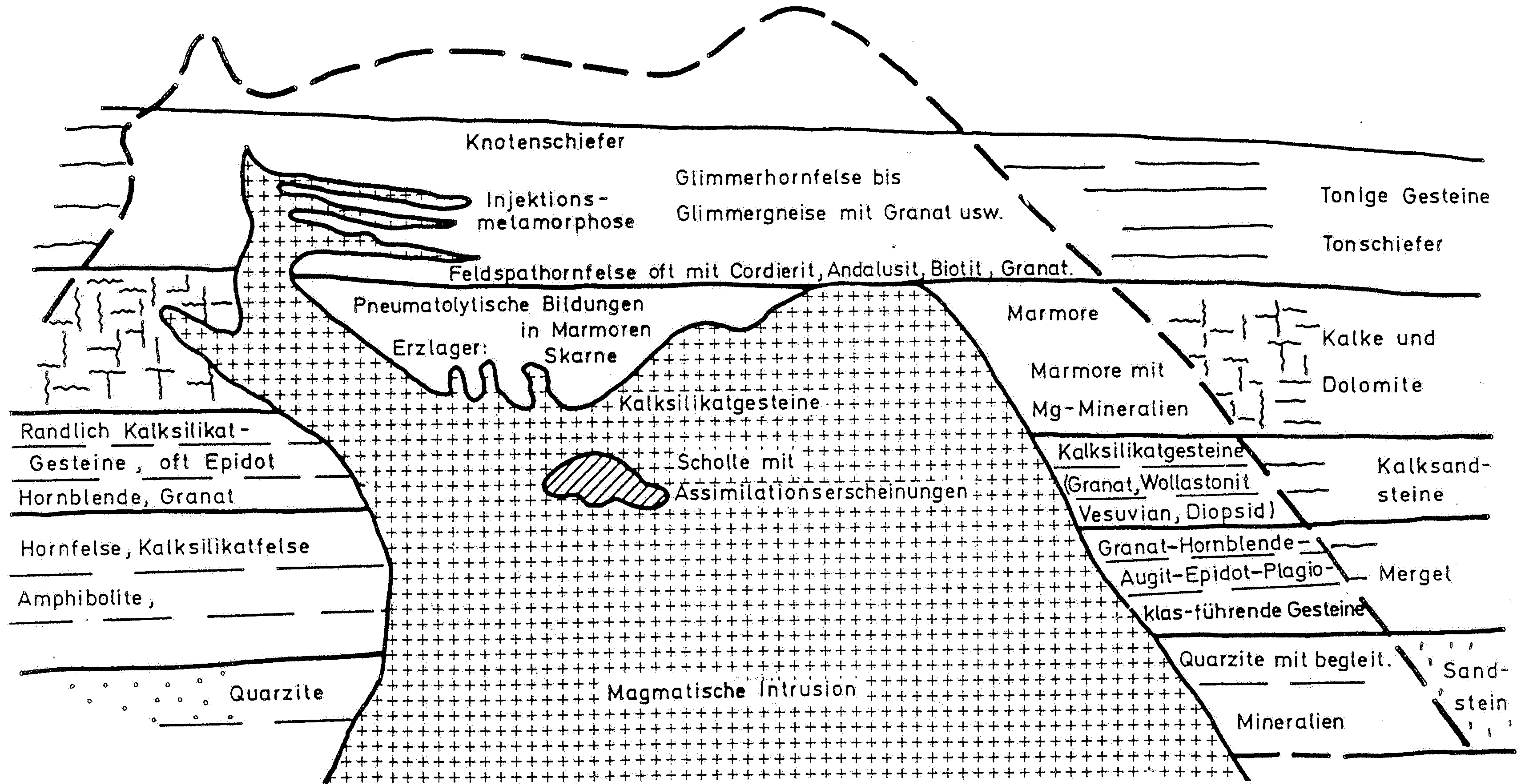
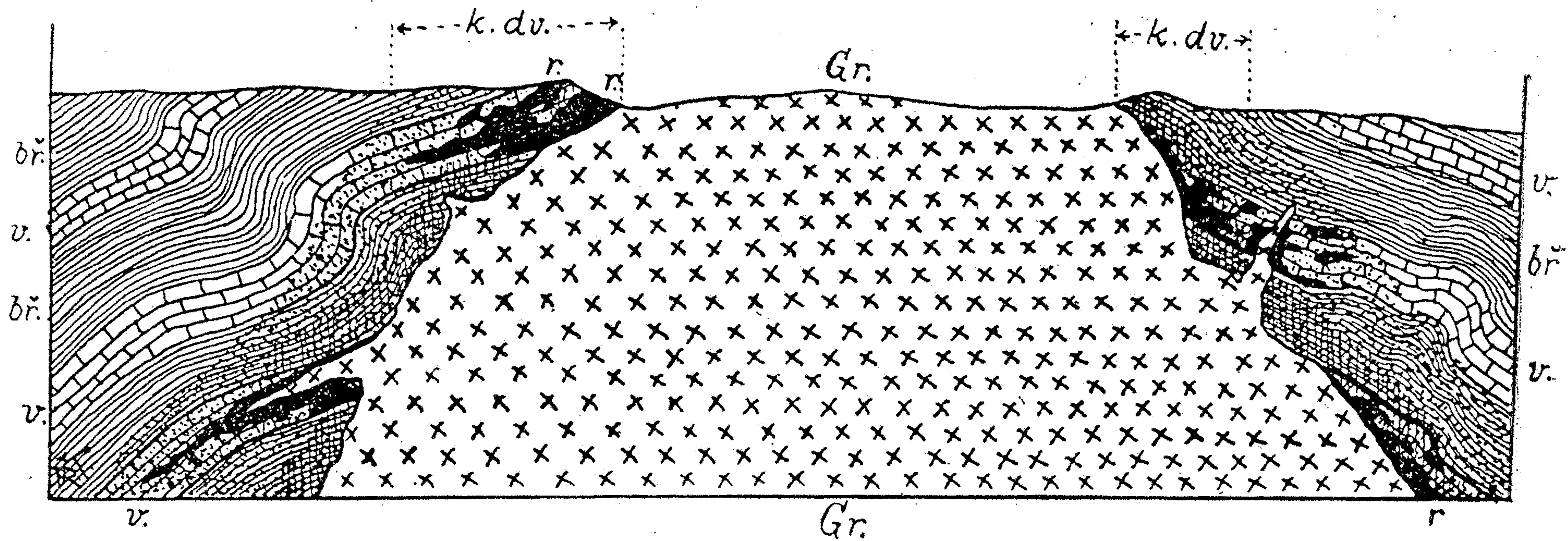


Abb. 13.4

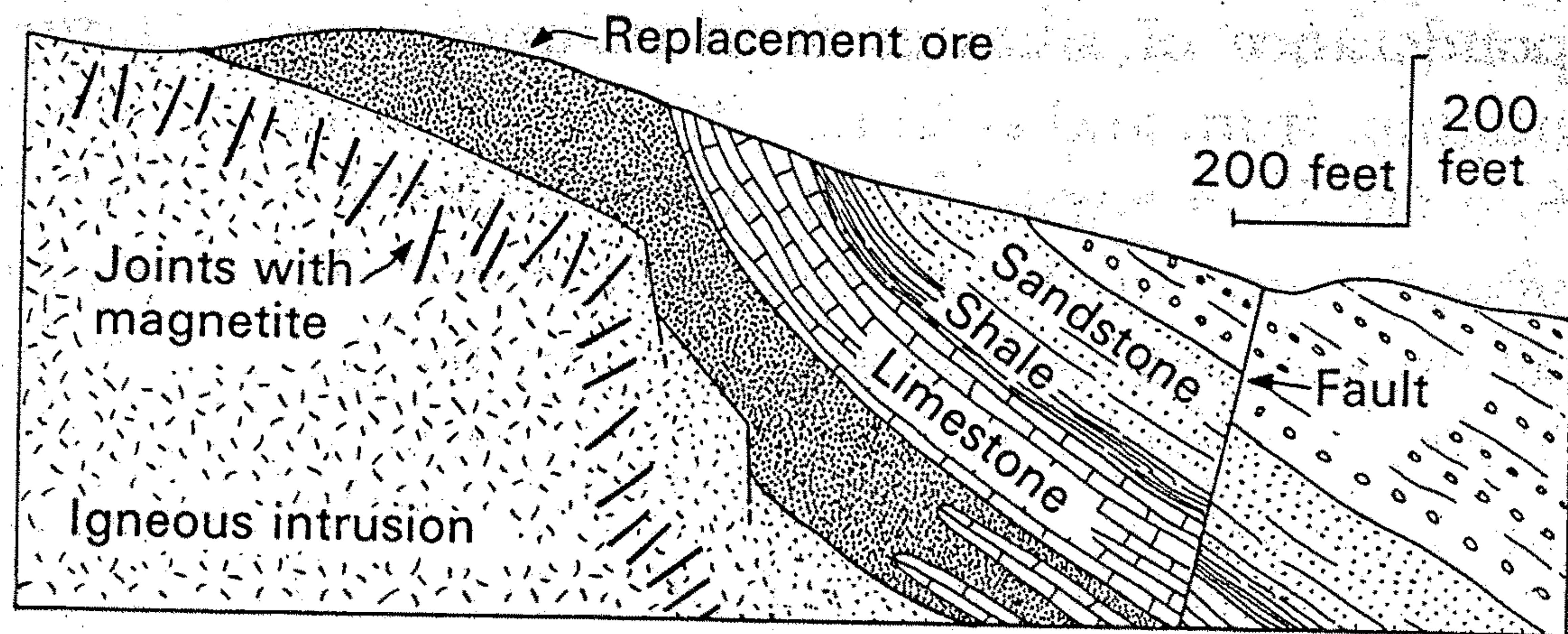
Schema der Kontaktmetamorphose und ihrer Produkte im Kontakthof (gestrichelt) einer Intrusion (vgl. auch Tab. 13.3) (aus ZEIL, 1990).

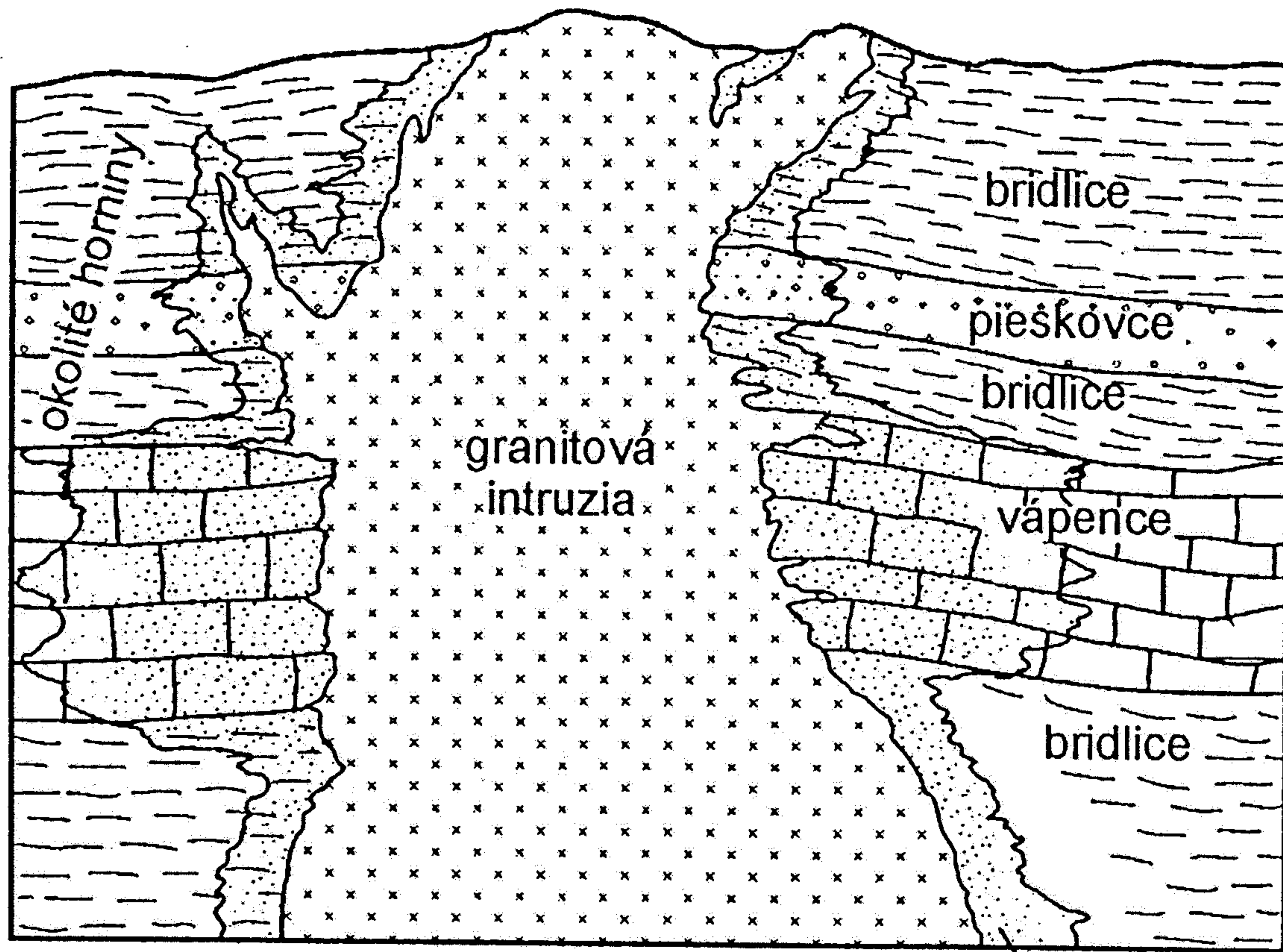


Obr. 205. Schematické znázornění výskytu kontaktních rudních ložisek profilem. Gr = žulový batholith s apofysami, bř. = břidlice, v. = vápenec, k. dv. = kontaktní dvůr žulového batholithu, r. = kontaktní rudní ložiska v metamorfovaných vápencích.

FIGURE 21-13

Contact-metamorphic iron deposit at Iron Springs, Utah. (After J. H. Mackin, Utah Geological Survey, 1947.)





kontaktná
aureola

(oblasť vystupovania kontaktne metamorfovaných hornín okolo granitovej intrúzie)

Obr. 9.4. Schematický rez cez kontakt granitovej intrúzie s okolitými sedimentárnymi horninami znázorňuje závislosť šírky kontaktnej aureoly okolo intrúzie od zloženia a pórovitosti sedimentárnych hornín. Táto zóna kontaktne metamorfovaných hornín je najširšia v karbonátoch a najužšia v ílovcoch (bridliciach)

Figure 17-19

A contact aureole in sandstones and shales intruded by a granite pluton is a series of zones characterized by mineral assemblages formed at progressively lower temperatures with greater distances from the intrusive.

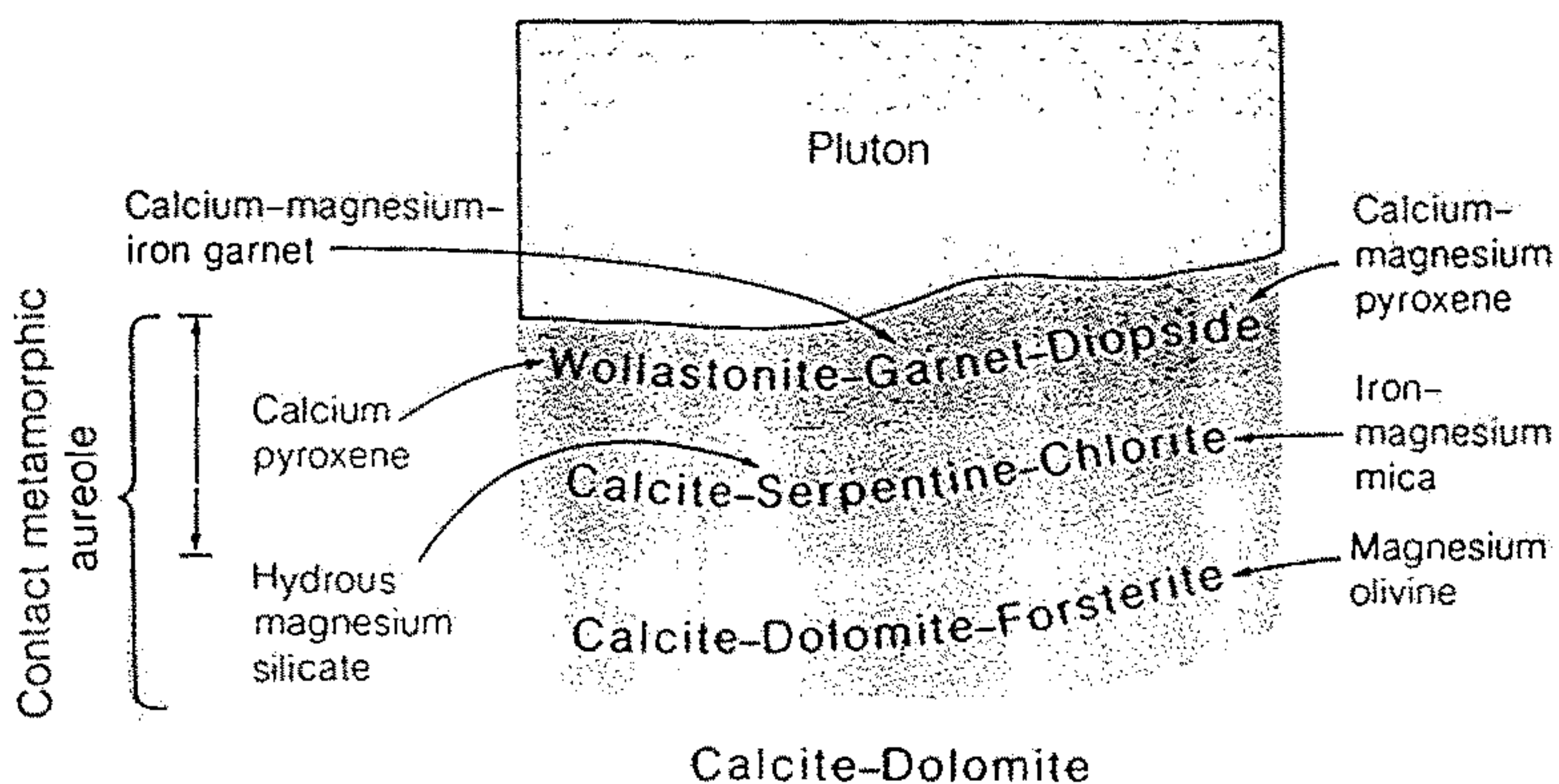
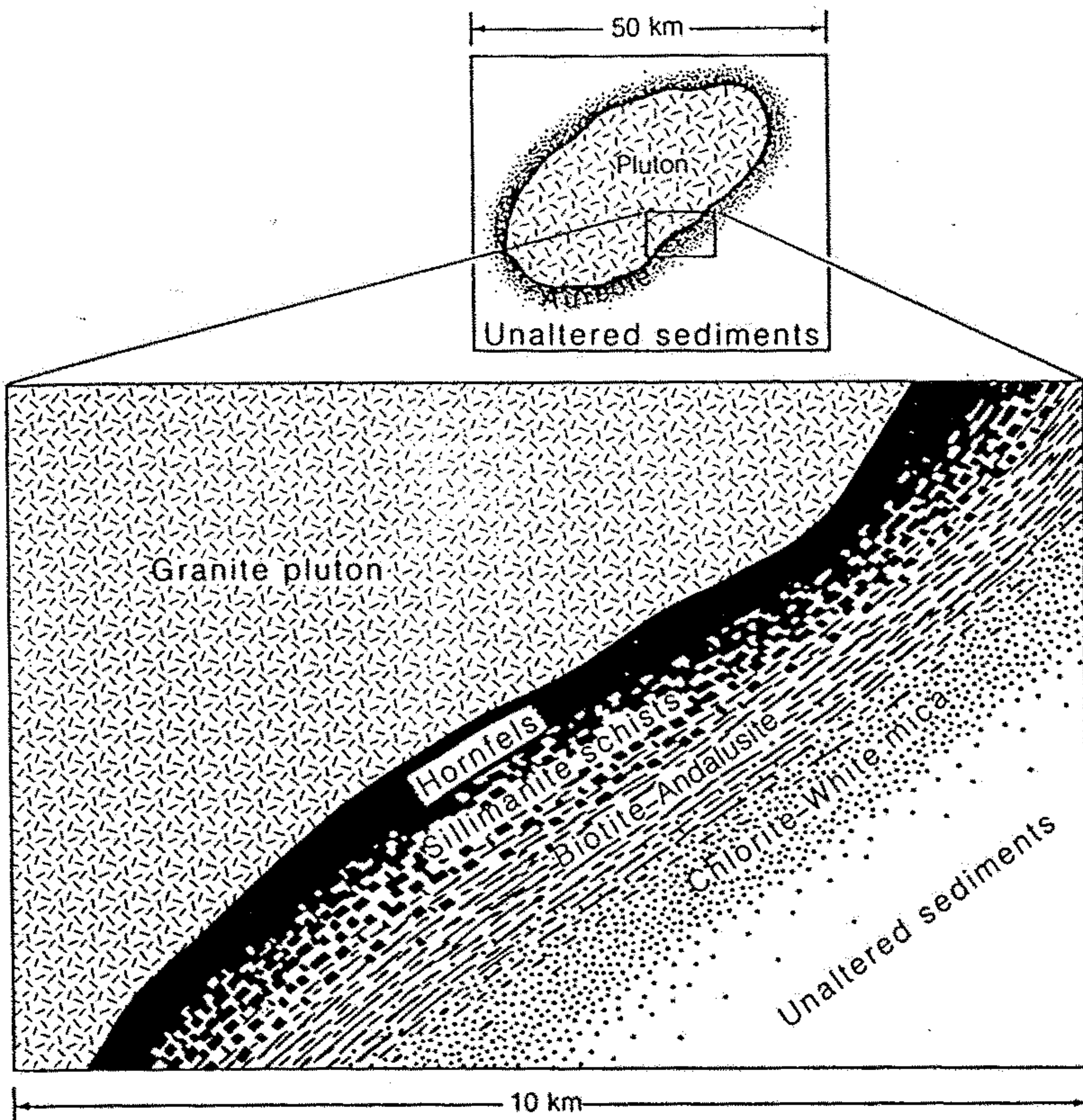
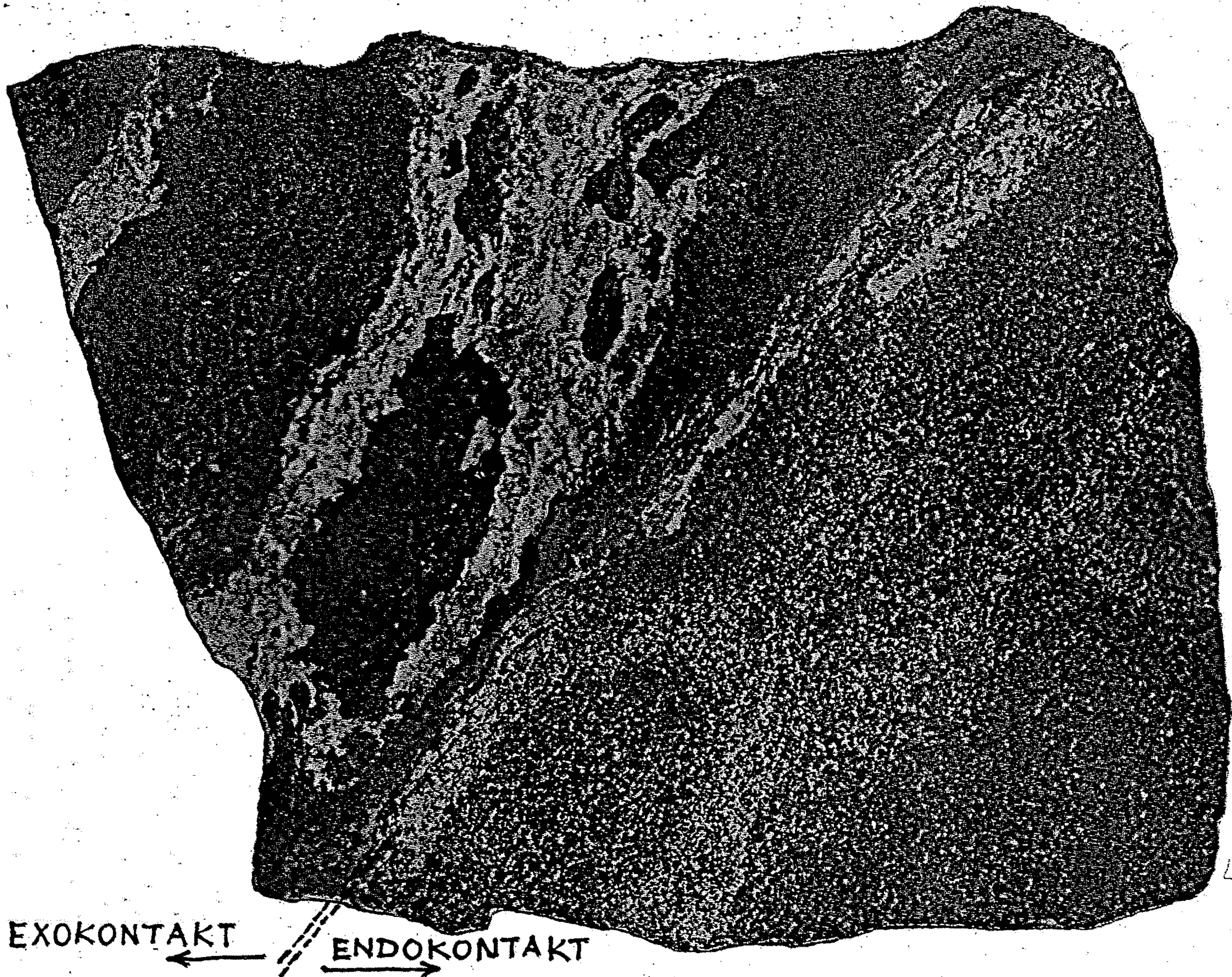
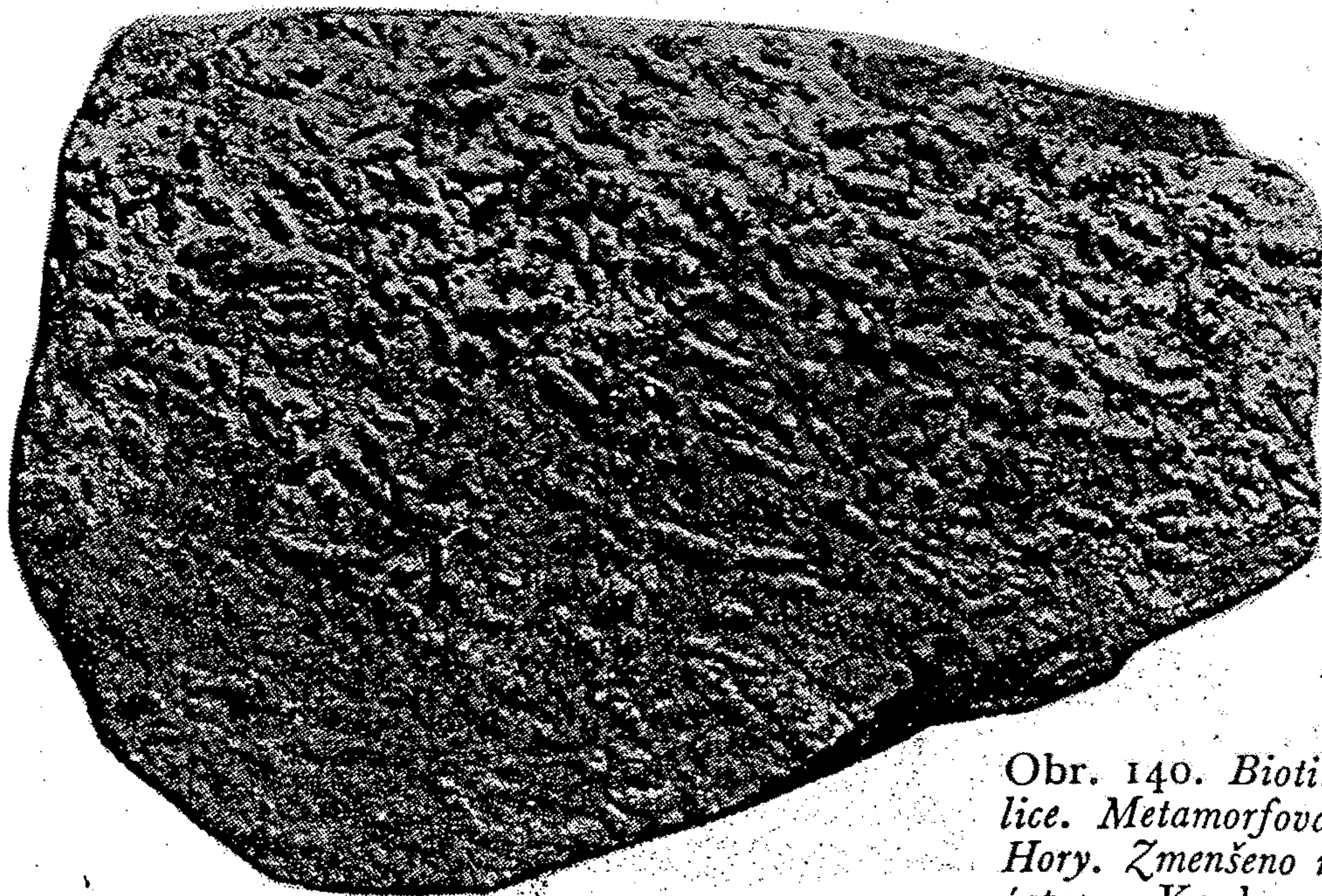


Figure 17-18

Skarns are banded rocks produced by contact metamorphism of limestones and dolomites. Grading from unaltered rock toward the contact, they change progressively from pure carbonate marble to bands composed of different calcium-magnesium silicate minerals, finally to a carbonate-free silicate rock.



Obr. 142. Kontakt žuly s vápencem, v němž kontaktní přeměnou vznikly granát, wollastonit, diopsid a j. silikáty. Žulová ve Slezsku. Zmenšeno na $\frac{1}{5}$. (Sbírký Geologického ústavu Karlovy university. Foto R. KETTNER.)



Obr. 140. Biotiticko-cordieritická plodová břidlice. Metamorfované algonkium. Vletice u Krásné Hory. Zmenšeno na $\frac{2}{3}$. (Sbírký Geologického ústavu Karlovy university. Foto Dr JOSEF F. SVOBODA.)

Tab. 12: Nejvýznamnější hominotvorné minerály metamorfovaných hornin

| minerál | chemické složení | charakteristika | výskyt, parageneze |
|----------------|---|--|--|
| křemen | SiO_2 | šedý, bílý, neštěpný, | metamorfované peliticko-psamitické sedimenty |
| plagioklasy | $\text{Na Al Si}_3\text{O}_8$, $\text{Ca Al}_2\text{Si}_3\text{O}_8$ | štěpný, žlutobílý, | metamorfované sed., bazické vyvřeliny |
| draselný živec | $\text{K Al Si}_3\text{O}_8$ | narůžovělý, štěpný | vysokoteplotní metapelitey |
| muskovit | K, Al fylosilikát | světlý, šupinkovitě odlučný fylosilikát, | metapelitey |
| biotit | K, (Fe, Mg, Mn) fylosilikát | tmavý, hnědočerný, fylosilikát, štěpný | metapelitey |
| cordierit | Fe, Mg alumosilikát | dlouze sloupcovitý, namodralý, štěpný | kontaktní rohovce, vysokoteplotní regionální metamorfity. |
| granáty | $\text{R}_3 \text{R}_2(\text{SiO}_4)_3$, kde $\text{R}_3 = \text{Fe, Mg, Mn, Ca}$ $\text{R}_2 = \text{Fe, Al}$, | různé odstíny červenohnědých barev, izometrická zrna | metamorfované pelitické horniny, eklogity, granátické amfibolity |
| andalusit | Al_2SiO_5 | narůžovělý, sloupcovitý | metapelitey nízkotlaké, vysokoteplotní |
| sillimanit | dtto | vláknitý, jehličkovitý, bezbarvý | silně reg. met. metapelitey |
| kyanit | dtto | dobře štěpný, namodralý | středně a výštlaké metapelitey, eklogity |
| staurolit | Al, Fe silikát | křížové prorostlice | v metapelitech středních stupňů met. |
| chlority | Fe, Mg fylosilikáty | jemně šupinkaté min. | slabě reg. met. metapelitey, produkt retrogrese v metam. bazických horninách |
| serpentin | Mg silikát | šupinkatý, pseudomorfózy po olivínu | hadce |
| epidot | Ca (Al,Fe) silikát | žlutozelený sloupcovitý minerál | epidotické amfibolity, zelené břidlice |
| kalcit | CaCO_3 | štěpný, bílý | vápence, erlány, metamorfované bazické tufy, zelené břidlice, fylity |
| amfiboly | chem. složité silikáty | dlouze sloupcovitý, tmavé barvy (zelené, černé) | metabazity, amfibolity |
| pyroxeny | silikáty Fe, Mg, Al, Ca | tmavé většinou zelené, sloupcovité štěpné | eklogity, erlány, pyroxenické ruly, granulity |

Tab. 13.4 Chemische Zusammensetzung wichtiger metamorpher Minerale* (weitere sind in Tab. 1.1 und in Tab. 13.1 aufgeführt).

| Mineral | Formel |
|-----------------------|---|
| Chloritoid | $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})(\text{OH})_4\text{Al}_3\text{O}[\text{SiO}_4]_2$ |
| Glaukophan | $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ |
| Jadeit | $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ |
| Phengit | Fe, Mg-reiche Variante des Muskovit (Tab. 1.1) |
| Phlogopit – Biotit | $\text{K}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_{6-4}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Ti})_{0-2}[\text{Si}_{6-5}\text{Al}_{2-3}\text{O}_{20}](\text{OH}, \text{F})_4$ |
| Prehnit | $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ |
| Pumpellyit | $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})[\text{Si}_2(\text{O}, \text{OH})_7][\text{SiO}_4](\text{OH}, \text{O})_3$ |
| Pyrophyllit | $\text{Al}_4[\text{Si}_8\text{O}_{20}](\text{OH})_4$ |
| Serpentin | $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ |
| Staurolith | $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Zn})_2(\text{Al}, \text{Fe}^{3+}, \text{Ti})_9\text{O}_6[(\text{Si}, \text{Al})\text{O}_4](\text{O}, \text{OH})_2$ |
| Talk | $\text{Mg}_6[\text{Si}_8\text{O}_{20}](\text{OH})_2$ |
| Tremolit – Aktinolith | $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH}, \text{F})_2$ |
| Wollastonit | $\text{Ca}[\text{SiO}_3]$ |

*Viele Minerale sind Mischminerale mit stark variabler chemischer Zusammensetzung

Tab. 13.1 Kristallwassergehalte einiger wichtiger metamorpher Minerale

| Mineral | Formel | Kristallwassergehalt (Gew.-%) |
|---------------------|--|-------------------------------|
| Hornblende | $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}](\text{OH})_2$ | 1–2 |
| Epidot | $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{O} \cdot (\text{Al,Fe}^{3+})\text{OH}[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]$ | 1–2 |
| Muskovit | $\text{K}_2\text{Al}_4[\text{Si}_6\text{Al}_2\text{O}_{20}](\text{OH,F})_4$ | 4–5 |
| Lawsonit | $\text{CaAl}_2[\text{Si}_2\text{O}_7](\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 8 |
| Laumontit (Zeolith) | $\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}] \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ | 11–12 |
| Chlorit | $(\text{Mg,Fe}^{2+},\text{Fe}^{3+},\text{Mn,Al})_{12}[(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}](\text{OH})_{16}$ | 10–13 |

Tab. 14: Příklady nejvýznamnějších typů metamorfovaných hornin a jejich základní charakteristika

| název | minerální asociace | Poznámky |
|---|---|--|
| PŘEMĚNĚNÉ KYSELÉ VYVŘELÉ HORNINY: | | |
| porfyroidy | q, ab, chl, msk (sericit) | relikty vyrostlic, z ryolitů, kys. tufů |
| ortoruly | q, plg, K-ž, msk, btt, +- amf | deformované a met. hlubinné vyvřeliny v podmínkách amfibolitové facie, přechody do slabě usměrněných granitoidů, extrémní def. stébelnaté ruly |
| granulity | q, plg, K-ž, granát, + - ky, +- px (bazické granulity) | v podmínkách granulitové facie met. kyselých vyvřeliny, tufy, (protolitem některých granulitů mohou být i sedimenty) |
| PŘEMĚNĚNÉ BAZICKÉ VYVŘELÉ HORNINY: | | |
| metabazity se zeolity | zeolity (prehnit, pumpellyit aj.), kalcit + minerály původní asociace, amf., px, plag act, ep. ab, chl, +- stilpnomelan | slabá met. bazaltů oc. dna, nízký tlak i teploty, reakcí hornin s hydrotermálními roztoky |
| zelené břidlice | ab, act, + - ep. + - cc, (epidot. amfibolity), | epizonálně přeměněné bazické vyvřeliny (výlevné, žilné) méně hlubinné metabazity met. v podmínkách nižší amfibol. facie, nižší teploty, nízké až střední tlaky |
| amfibolity | plg, amf, + - granát (amfibolity) | metabazity met. v podmínkách amfibolitové facie, vyšší část s granátem |
| modré břidlice (glaukofanity) | glaukofan, lawsonit, plg, | za vysokých tlaků a nízkých teplot metamorfované bazalty, vázané na oblasti subdukčních zón |
| eklogity | Na px (omfacit), granát, + - ky | v eklogitové facii metamorfované bazalty, hlubší části subdukčních zón |
| PŘEMĚNĚNÉ ULTRABAZICKÉ HORNINY: | | |
| serpentinity | serp, chl, mast, amf | přeměnou (hydratací) plášť. ultrabazik) |

PŘEMĚNĚNÉ SEDIMENTÁRNÍ HORNINY:

REGIONÁLNĚ METAMORFOVANÉ PELITICKÉ SEDIMENTY:

| | | |
|-----------------|------------------------------------|---|
| fylit | q,ab, chl, msk | epizonálně přeměněné metapelity |
| svor | q,plg, msk, btt, +- grt, st, ky | mesozonálně přeměněné metapelity |
| rula | q, plg, btt, sill, +- cord, +- K-ž | katazonální přeměněné metapelity |
| migmatit | dtto jako rula, přít. taveniny | hybridní horniny, složené ze zvětlé taveniny leukosomu a tmavé složky melanosomu (neroztavený zbytek) |

REGIONÁLNĚ METAMORFOVANÉ PSAMMITICKÉ SEDIMENTY:

| | | |
|------------------------|---|---|
| kvarcit | q, msk, btt | křemen dominantní složkou horniny, metamorfovaný pískovec |
| metakonglomerát | pestré min. asociace v závislosti na složení valounů, rekrystalovaná zejména základní hmota | metamorfovaný slepenec |

REGIONÁLNĚ METAMORFOVANÉ VÁPŇITÉ SEDIMENTY:

| | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|
| krystalický vápenec (mramor) | cc, dolomit | metamorfovaný vápenec, dolomit |
|-------------------------------------|-------------|--------------------------------|

KONTAKTNĚ METAMORFOVANÉ SEDIMENTÁRNÍ HORNINY:

podobné složení jako předchozí, ale místo ky, sill, grt, st, přítomny and, cord, při vyšších stupních kont. met px. sanidin, korund aj. , typická statická rekrystalizace minerálních zrn, dlažbovité struktury

| | | |
|--------------------------|--|---|
| skvrnitá břidlice | drobné blasty nebo jejich skluky tvoří nejčastěji btt, přít. msk | slabě metamorfovaná jílová břidlice, skvrnky vznikají nahloučením btt, rudních minerálů |
| plodové břidlice | btt, msk, plody někdy and (chiastolit) | středně metamorfovaná jílovité sedimenty, plody tvoří btt, and |
| rohovce | cord, and, btt, msk | masivní silně rekrystalované pelitické horniny, |

KONTAKTNĚ METAMORFOVANÉ BAZICKÉ VYVŘELINY:

různé typy amfibolických a pyroxenických rohovců podle intenzity metamorfózy

| | | |
|-------------------------|---------------|-------------------------------------|
| px. amf. rohovce | amf, px, plg, | silně metamorfované bazické horniny |
|-------------------------|---------------|-------------------------------------|

KONTAKTNĚ METAMORFOVANÉ VÁPŇITÉ SEDIMENTY:

| | | |
|---------------|--|---|
| ěrlány | cc, grt, px (diopsid), amf | přeměněné vápence se silikátovou příměsí, metamorfované slinité sedimenty |
| skarny | Ca bohaté amf, px, grt, cc, wollastonit, | metamorfované vápence, slíny |