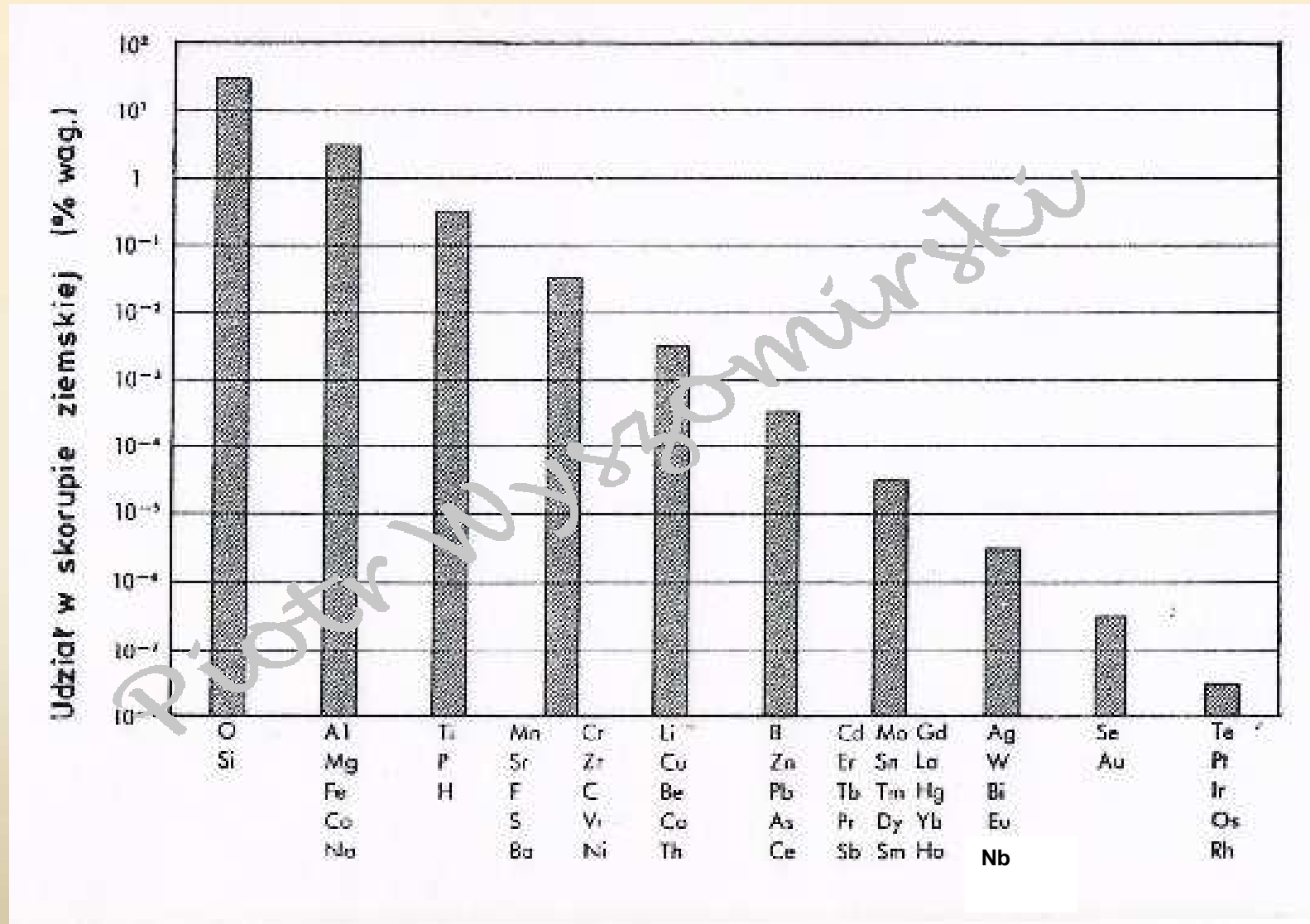


SUROWCE MINERALNE

Wykład 4

Rozpowszechnienie niektórych pierwiastków w skorupie ziemskiej (Norton 1974)

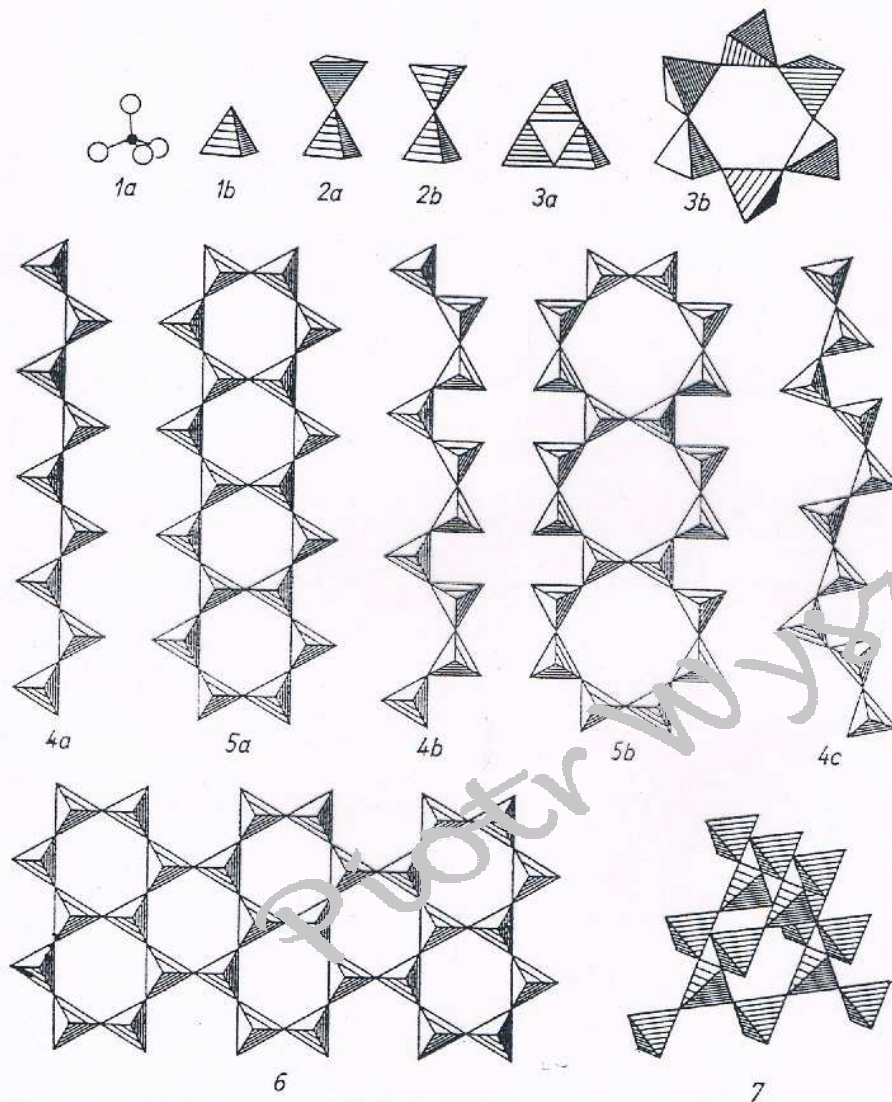


PODZIAŁ MINERAŁÓW NA GROMADY

- I. Pierwiastki rodzime, stopy i związki międzymetaliczne
 - II. Węglik, azotki, fosforki i krzemki
 - III. Siarczki i pokrewne kruszce
 - IV. Halogenki
 - V. Tlenki i wodorotlenki
 - VI. Sole kwasów tlenowych:
 1. Azotany
 2. Jodany i chlorany
 3. Węglany
 4. Seleniny i seleniany
 5. Telluryny i tellurany
 6. Borany
 7. Siarczany i siarczyny
 8. Chromiany i dwuchromiany
 9. Molibdeniany
 10. Wolframiany
 11. Fosforany
 12. Arseniny i arseniany
 13. Antymoniany
 14. Wanadany
 15. Minerale uranylu
 16. Germaniany
 17. Krzemiany i glinokrzemiany
 - a. Krzemiany wyspowe
 - b. Krzemiany grupowe i pierścieniowe
 - c. Krzemiany i glinokrzemiany łańcuchowe
 - d. Krzemiany i glinokrzemiany wstęgowe
 - e. Krzemiany i glinokrzemiany warstwowe
 - f. Krzemiany i glinokrzemiany szkieletowe
 18. Krzemiany berylu, berylokrzemiany i beryloglinokrzemiany
- VII. Minerale amonu
- VIII. Związki organiczne i pokrewne

SYSTEMATYKA MINERALÓW (H.STRUNZ 1996)
zaakceptowana przez Międzynarodową Asocjację Mineralogiczną
(*International Mineralogical Association*)

- 1. Pierwiastki (łącznie z węglnikami itp.)**
 - 1.A Metale, stopy międzymetaliczne
 - 1.B Węgliki, krzemki, azotki, fosforki metali
 - 1.C Metaloidy, niemetale
- 2. Siarczki (łącznie z selenkami itp.)**
 - 2.A Stopy metali z metaloidami As, Sb, Bi, (Te)
 - 2.B Siarczki z M : S < 1 : 1 (głównie 2 : 1)
 - 2.C Siarczki z M : S = 1 : 1
 - 2.D Siarczki z M : S < 1 : 1 i > 1 : 2 (głównie 3 : 4 i 2 : 3)
 - 2.E Siarczki z M : S = 1 : 2 i < 1 : 2
 - 2.F Siarkosole z jednostkami strukturalnymi AsS_3 i SbS_3 (siarkoarsenki wyspowe, grupowe, pierścieniowe, łańcuchowe, warstwowe, przestrzenne)
 - 2.G Siarkosole z jednostkami strukturalnymi typu Sn S
 - 2.H Siarkosole z jednostkami strukturalnymi typu Pb S
 - 2.I Siarkoarseniany
 - 2.J Siarkoantymoniany
 - 2.K Siarczki metaloidów, chlorosiarczki, tlenosiarczki
- 3. Halogenki**
 - 3.A Halogenki proste bez H_2O
 - 3.B Halogenki proste z H_2O
 - 3.C Halogenki złożone (glinofluorki wyspowe do przestrzennych, itp.)
 - 3.D Tlenohalogenki
- 4. Tlenki (wodorotlenki, itp.)**
 - 4.A Tlenki z M : O > 2 : 1 i inne
 - 4.B Tlenki z M : O = 2 : 4 i podobne
 - 4.C Tlenki z M : O = 2 : 3 i podobne
 - 4.D Tlenki z M : O = 1 : 2 i podobne
 - 4.E Tlenki z M : O = 2 : 5 i inne
 - 4.F Wodorotlenki (bez V i U)
 - 4.G Wodorotlenki uranylu
 - 4.H Wanadany V^{5+} (wanadany wyspowe do przestrzennych)
 - 4.I Arseniny, siarczyny, seleniny, telluryny, jodany
- 5. Węglany, Azotany**
 - 5.A Węglany bez dodatkowych anionów, bez H_2O
 - 5.B Węglany z dodatkowymi anionami, bez H_2O
 - 5.C Węglany bez dodatkowych anionów, z H_2O
 - 5.D Węglany z dodatkowymi anionami, z H_2O
 - 5.E Węglany uranylu
 - 5.N Azotany
- 6. Borany**
 - 6.A Jednoborany
 - 6.B Dwuborany
 - 6.C Trójborany
 - 6.D Czteroborany
 - 6.E Pięcioborany
 - 6.F Sześcioborany
 - 6.G Siedmioborany i dalsze wieloborany (megaborany), podzielone np. na tetraborany od wyspowych do przestrzennych.
- 7. Siarczany (seleniany, chromiany, itp.)**
 - 7.A Siarczany bez dodatkowych anionów, bez H_2O
 - 7.B Siarczany z dodatkowymi anionami, bez H_2O
 - 7.C Siarczany bez dodatkowych anionów, z H_2O
 - 7.D Siarczany z dodatkowymi anionami, z H_2O
 - 7.E Siarczany uranylu
 - 7.F Chromiany
 - 7.G Molibdeniany, wolframiany
 - 7.H Molibdeniany uranylu itp.
- 8. Fosforany (arseniany, wanadany V^{4+})**
 - 8.A Fosforany, itp. bez dodatkowych anionów, bez H_2O
 - 8.B Fosforany, itp. z dodatkowymi anionami, bez H_2O
 - 8.C Fosforany, itp. bez dodatkowych anionów, z H_2O
 - 8.D Fosforany, itp. z dodatkowymi anionami, z H_2O
 - 8.E Fosforany uranylu
 - 8.F Dwufosforany, itd.
- 9. Krzemiany**
 - 9.A Krzemiany wyspowe
 - 9.B Krzemiany grupowe
 - 9.C Krzemiany pierścieniowe
 - 9.D Krzemiany łańcuchowe
 - 9.E Krzemiany warstwowe
 - 9.F Krzemiany przestrzenne
- 10. Związki organiczne**
 - 10.A Sole kwasów organicznych
 - 10.B Węglowodory
 - 10.C Żywiec



Schematy zasadniczych typów strukturalnych krzemianów

1a,b – krzemiany wyspowe: 1a – anion $[\text{SiO}_4]^{4-}$, 1b – czworościan jako figura koordynacyjna anionu $[\text{SiO}_4]^{4-}$; 2a,b – krzemiany grupowe $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$; 3a,b – krzemiany pierścieniowe; 3a – $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, 3b – $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$; 4a,b,c – krzemiany łańcuchowe: 4a – $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$, 4b – $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, 4c – $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]^{10-}$; 5a,b – krzemiany wstęgowe: 5a – $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, 5b – $[\text{Si}_8\text{O}_{17}]^{10-}$, przypadek 5b z ksenotylitu $\text{Ca}_6(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{17}]$ ilustruje połączenie się dwóch łańcuchów typu 4b; 6 – krzemiany warstwowe $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$, 7 – krzemiany przestrzenne $[\text{SiO}_2]^0$

Procesy powstawania minerałów i ich zespołów dzielimy na:

1. procesy magmowe,
2. procesy hipergeniczne.
3. procesy metamorficzne.

Procesy 1 i 3 zaliczamy do endogenicznych zaś proces 2 – do egzogenicznych procesów geologicznych.

SKAŁY

interesujące z punktu widzenia
surowców ceramicznych

magmowe
(m.in. grupy granitu,
syenitu, gabra i perydotytu)
oraz etapu pomagmowego
(np. pegmatyty, utwory
pneumatolityczne
i hydrotermalne)

osadowe

okruchowe
(grubo-, średnio-
i drobnookruchowe)

**pochożenia
ceramicznego
i organicznego**
(m.in. skały
krzemionkowe,
węglanowe, alitowe
i gipsowo-solne)

metamorficzne
głównie utwory facji
zieleńcowej
(serpentynty, kwarcyty,
łupki kwarcytowe),
marmury kalcytowe
i dolomitowe,
skały metasomatyczne
(m.in. leukogranity
i grejzeny)

ilaste
zasobne
w

kaolinit

illit

smektyty

Magma to gorąca, ruchliwa materia złożona w różnej proporcji z fazy ciekłej, gazowej i stałej.

Stop ma charakter krzemianowy (głównie SiO_2 , także Al_2O_3 , MgO , FeO , Fe_2O_3 , CaO , K_2O , Na_2O).

Faza gazowa jest reprezentowana przez parę wodną, CO_2 , SO_x , H_2S , także HCl i HF .

Faza stała to wcześniej wykrystalizowane minerały o wysokiej temperaturze topienia lub trudno topliwe związki, które uległy upłynnieniu w procesie powstawania magmy.

Lawa to silnie odgazowana magma.

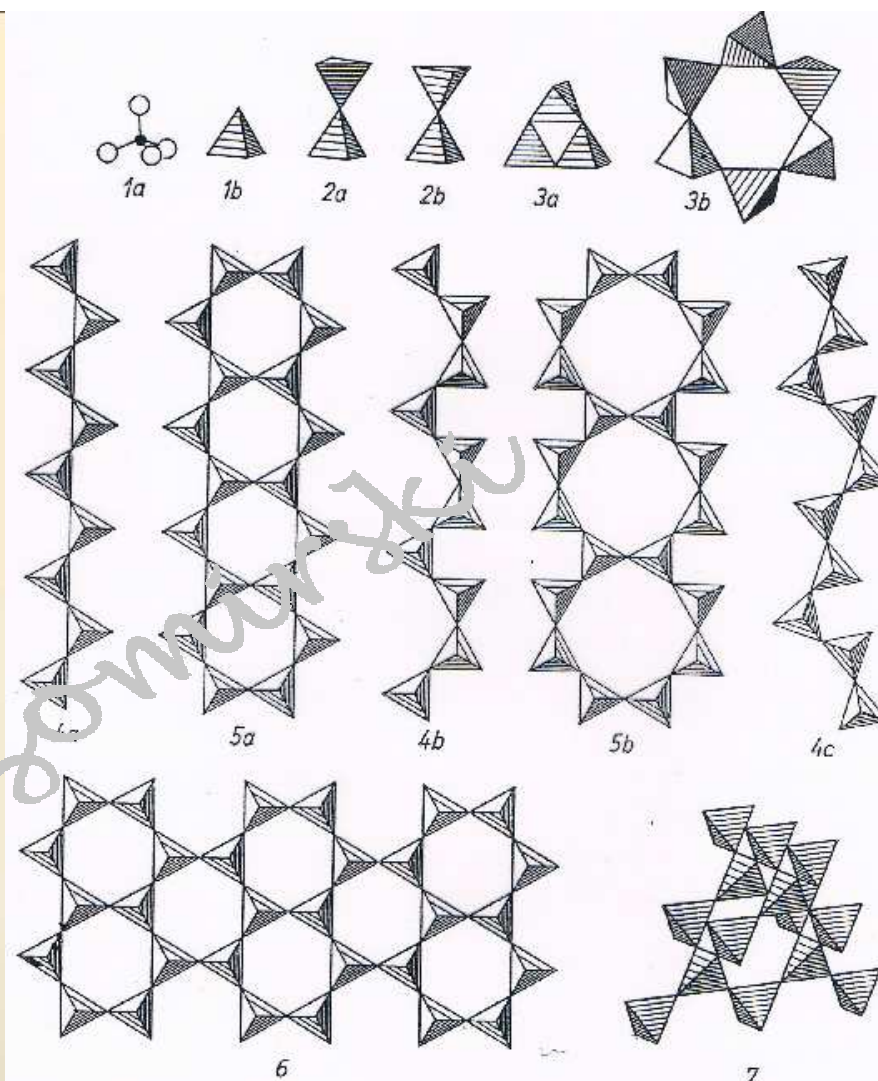
Wśród minerałów skałotwórczych skał magmowych wyróżnia się: minerały główne, minerały poboczne i minerały akcesoryczne.

! **Minerały główne** są najważniejszymi, podstawowymi składnikami wszystkich skał magmowych; wskutek znacznej przewagi ilościowej decydują one o systematycznej przynależności danej skały.

! **Minerały poboczne** są pospolite we wszystkich skałach, lecz występują w bardzo małych ilościach; wskutek tego nie mają one wpływu na klasyfikację skał.

! **Minerały akcesoryczne** pojawiają się sporadycznie w niektórych typach skał, a więc także nie mają zasadniczego znaczenia dla klasyfikacji; w przeciwieństwie do minerałów pobocznych mogą one jednak wystąpić w znacznych ilościach i wtedy stają się podstawą wydzielenia pewnych szczególnych odmian skał.

Schematy głównych typów struktur krzemianowych



1a,b — krzemiany wyspowe: 1a — anion $[\text{SiO}_4]^{4-}$, 1b — czworościan jako figura koordynacyjna anionu $[\text{SiO}_4]^{4-}$; 2a,b — krzemiany grupowe $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$; 3a,b — krzemiany pierścieniowe: 3a — $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, 3b — $[\text{Si}_8\text{O}_{18}]^{12-}$; 4a,b,c — krzemiany łańcuchowe: 4a — $[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$, 4b — $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$, 4c — $[\text{Si}_5\text{O}_{15}]^{10-}$; 5a,b — krzemiany wstęgowe: 5a — $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$, 5b — $[\text{Si}_8\text{O}_{17}]^{10-}$, przypadek 5b znany z ksonotlitu $\text{Ca}_4(\text{OH})_2 \cdot [\text{Si}_8\text{O}_{17}]$ ilustruje połączenie się dwóch łańcuchów typu 4b; 6 — krzemiany warstwowe $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$, 7 — krzemiany przestrzenne $[\text{SiO}_2]^0$

$$r_{\text{Si}^{4+}} = 0,40 \text{ \AA},$$

$$r_{\text{O}^{2-}} = 1,40 \text{ \AA}$$

$$r_{\text{Si}^{4+}} : r_{\text{O}^{2-}} \approx 0,286$$

Tetraedry $[\text{SiO}_4]^{4-}$ wykazują zdolność do łączenia się w większe ugrupowania, czyli zdolność do polimeryzacji.

Minerały główne skał magmowych

- Kwarc – SiO_2

- Skalenie

- ortoklaz – $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

- albit – $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$

- anortyt – $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

- Miki

- muskowit – $\text{KAl}_2[(\text{OH},\text{F})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

- biotyt – $\text{K}(\text{Fe},\text{Mg})_3[(\text{OH},\text{F})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

- Pirokseny – $\text{XY}[\text{Z}_2\text{O}_6]$

gdzie:

X = Ca, Na, K, Mn, Fe^{2+} , Mg

Y = Mg, Fe^{2+} , Mn, Al, Fe^{3+}

Z = Si, Al

- Amfibole – $\text{X}_2\text{Y}_5[(\text{OH},\text{F})\text{Z}_4\text{O}_{11}]$

gdzie:

X = Ca, Na, K, Mn, Fe^{2+} , Mg

Y = Mg, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al, Mn, Ti^{2+}

Z = Si, Al

- Oliwiny – $(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_2[\text{SiO}_4]$

- Nefelin – $(\text{Na},\text{K})[\text{AlSiO}_4]$

- Leucyt – $\text{K}[\text{AlSiO}_4]$

Do pospolitych minerałów pobocznych skał magmowych należą m.in.:

- **magnetyt $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$**
- **apatyt $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F},\text{OH},\text{Cl})$**
- **cyrkon $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$**

Przykładem minerałów akcesorycznych skał magmowych jest turmalin – borokrzemian o zmiennym i skomplikowanym składzie chemicznym.

Kryteria podziału skał magmowych:

- Skład chemiczny i mineralny,
- Geologiczne warunki występowania,
- Struktura i tekstura.

Zakres zmienności chemicznej skał magmowych w % wag.

SiO ₂	32–80	K ₂ O	0–12	F	0–1
Al ₂ O ₃	0–30	H ₂ O	0–5	S	0–1
Fe ₂ O ₃	0–8	TiO ₂	0–5	Cr ₂ O ₃	0–0,8
FeO	0–17	P ₂ O ₅	0–4	BaO	0–1
MgO	0–49	MnO	0–0,4		
CaO	0–18				
Na ₂ O	0–19	Cl	0–5		

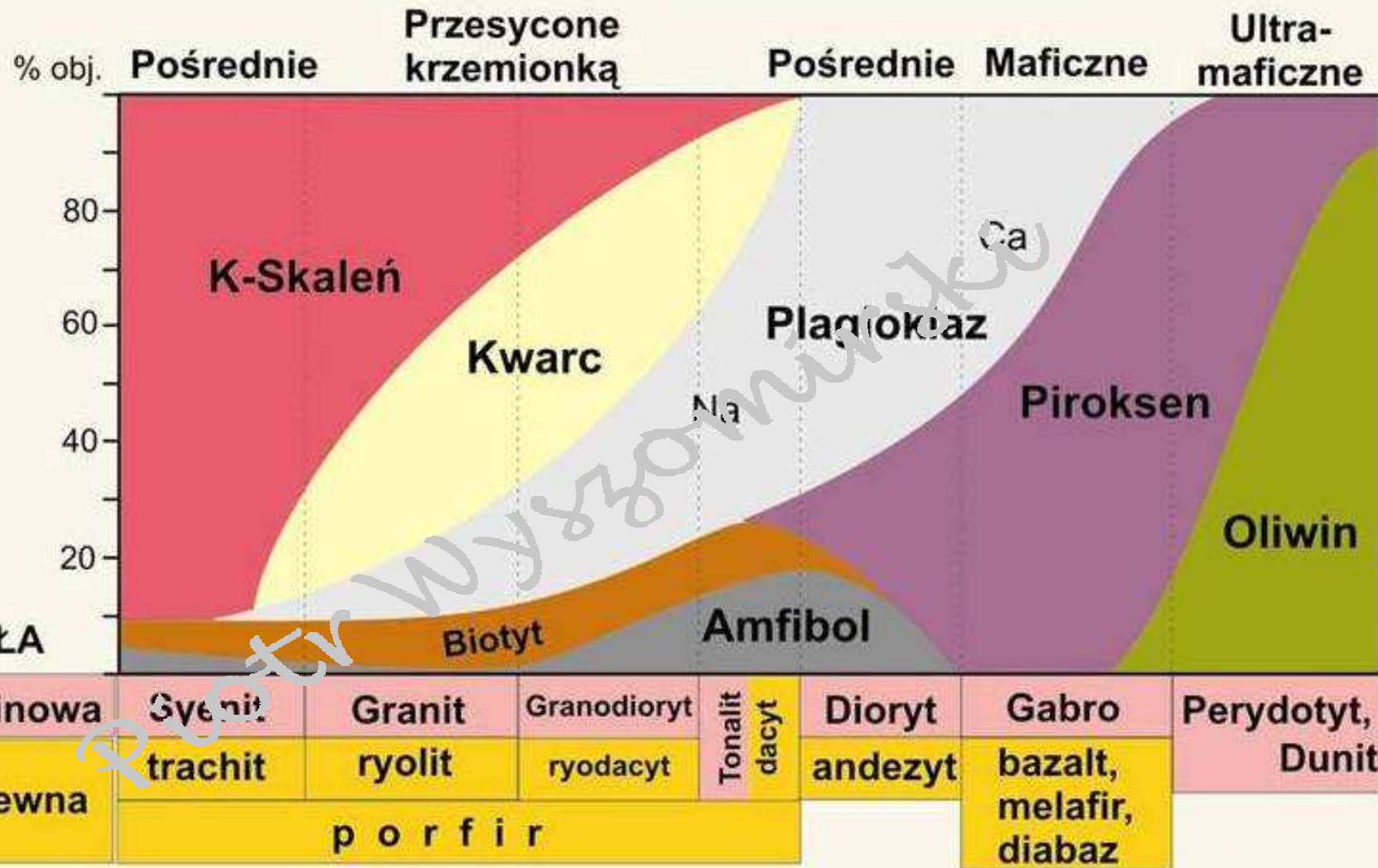
Pierwiastki charakterystyczne dla skał ultrazasadowych, zasadowych i kwaśnych

Skały	Pierwiastki
Ultrazasadowe	Mg, Fe – Cr, Ni, Co, platynowce
Zasadowe	Ca – Ti, Sc, Zn, Cu, V
Kwaśne	Si, Na, K – Li, Rb, Cs, Be, Ba, B, lantanowce, Tl, U, Th, F

Podział skał magmowych na podstawie zawartości SiO₂

	% mas. SiO ₂
skały kwaśne	>65
skały pośrednie	65-52
skały zasadowe (bazyty)	52-40
skały ultrazasadowe (ultrabazyty)	<40

SKAŁY MAGMOWE



STRUKTURY SKAŁ MAGMOWYCH

Na pojęcie struktury skał magmowych składa się:

- 1. stopień wykrystalizowania składników skały,**
- 2. wielkość ziaren minerałów i wzajemny stosunek tych wielkości,**
- 3. stopień doskonałości wykształcenia poszczególnych minerałów.**

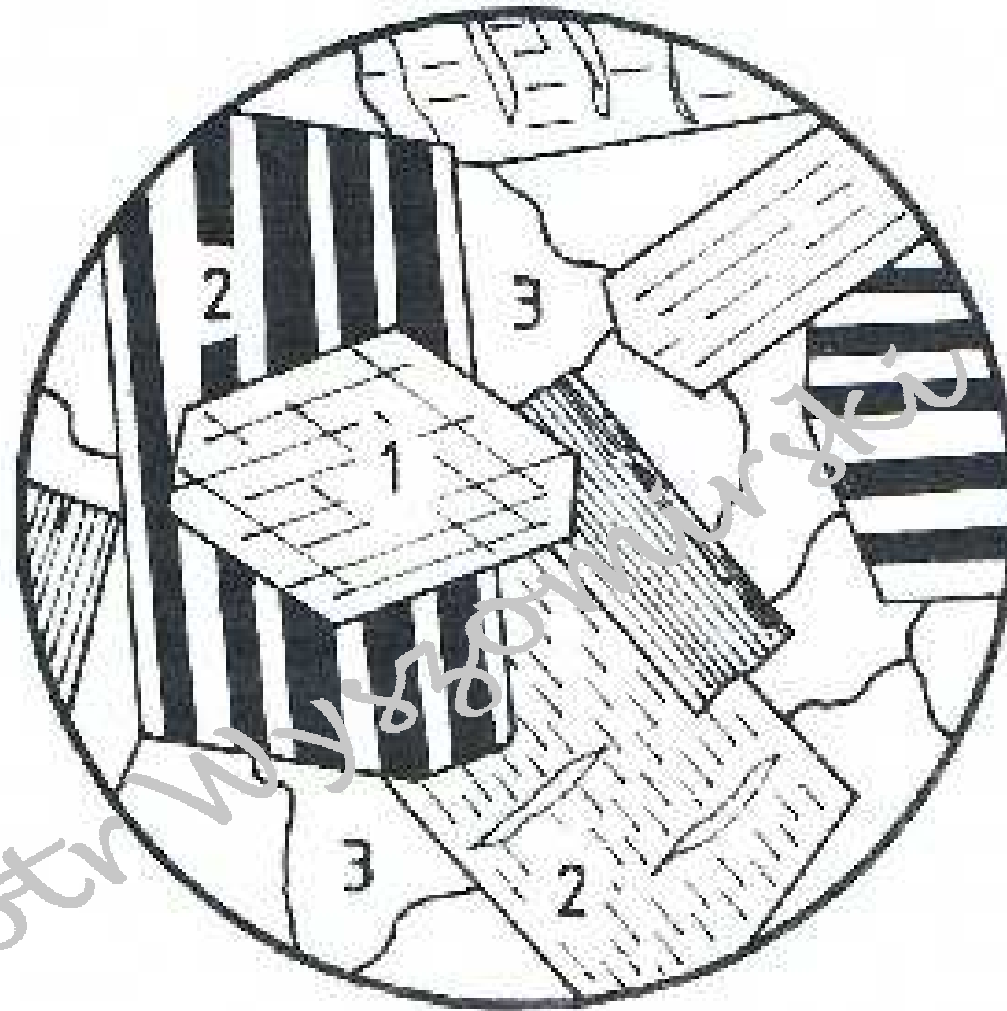
Ad.1. Wyróżnia się struktury pełnokrystaliczne (*holokrystaliczne*), szkliste (*witrofirowe, hialinowe*) i półkrystaliczne (*hipokrystaliczne*).

Ad.2. Wyróżnia się struktury:

- **jawnokrystaliczne (*fanokrystaliczne*)**
- **równoziarniste**
 - gruboziarniste (o wielkości ziaren >5 mm),
 - średnioziarniste (o wielkości ziaren 5-2 mm),
 - drobnoziarniste (o wielkości ziaren < 2 mm).
- nierównoziarniste,
- **skrytokrystaliczne (*afanitowe*): mikrokrystaliczne i kryptokrystaliczne,**
- **porfirowe.**

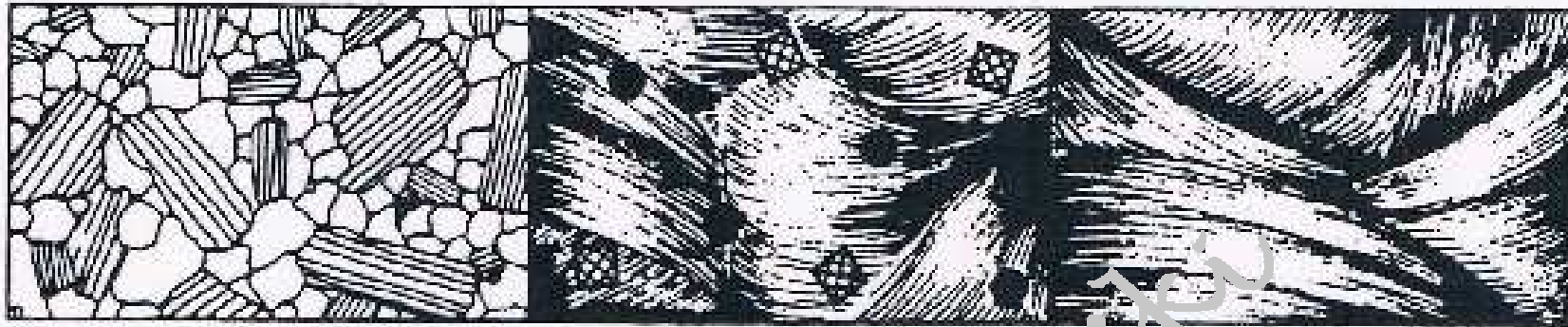
Ad.3. Wyróżnia się struktury:

- **własnokształtne (*idiomorficzne, automorficzne*),**
- **półwłasnokształtne (*hipidiomorficzne, hipautomorficzne*),**
- **obcokształtne (*ksenomorficzne*).**



Przykłady wykształcenia ziaren mineralów w skale magmowej: 1 – własno-
kształtne (automerficzne, idiomorficzne); 2 – półwłasnokształtne (hipautomerficzne,
hipidiomorficzne); 3 – obcokształtne (ksenomerficzne, allotriomorficzne)

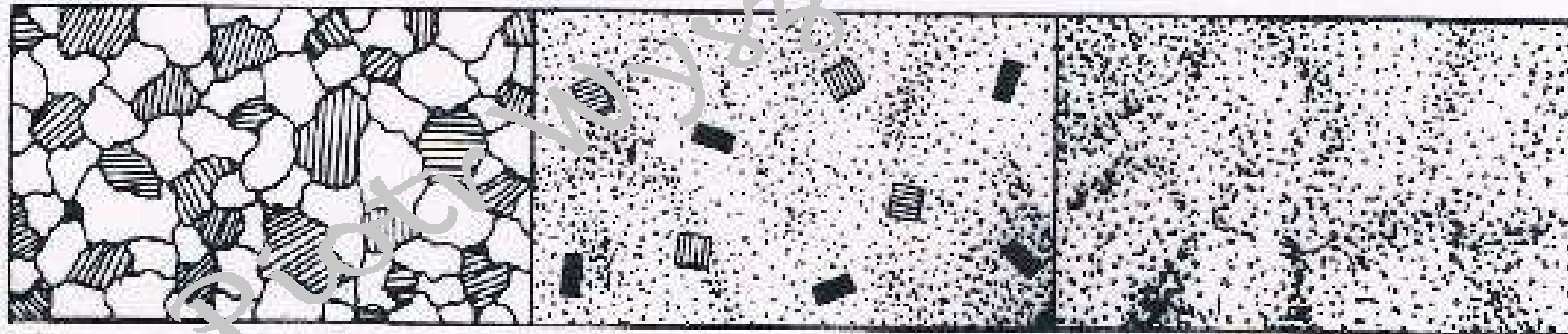
STRUKTURY SKAŁ MAGMOWYCH



pełnokrystaliczna
(holokrystaliczna)

hipokrystaliczna
(półkrystaliczna)

szklista
(hialinowa)

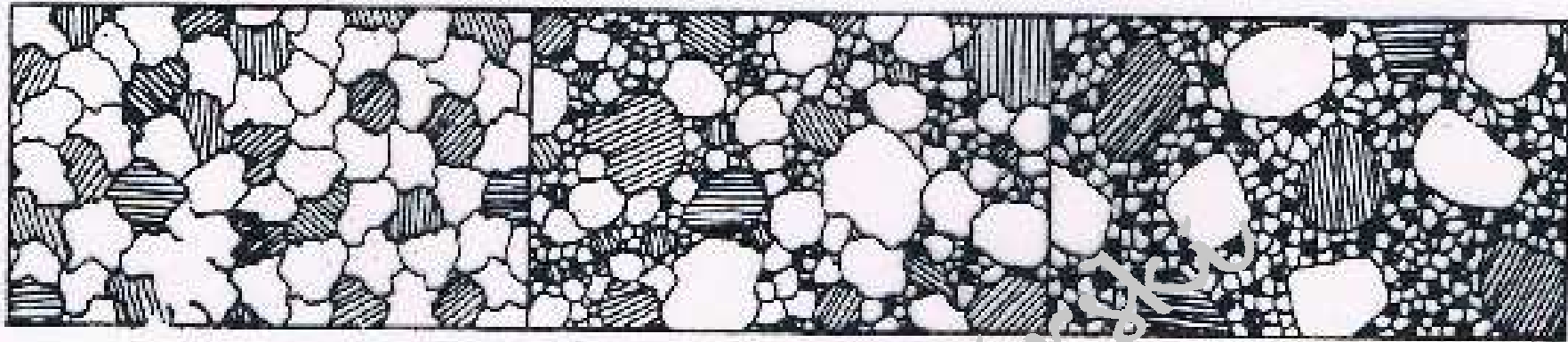


jawnokrystaliczna
(fanerokrystaliczna)

porfirowa

skrytokrystaliczna
(afanitowa)

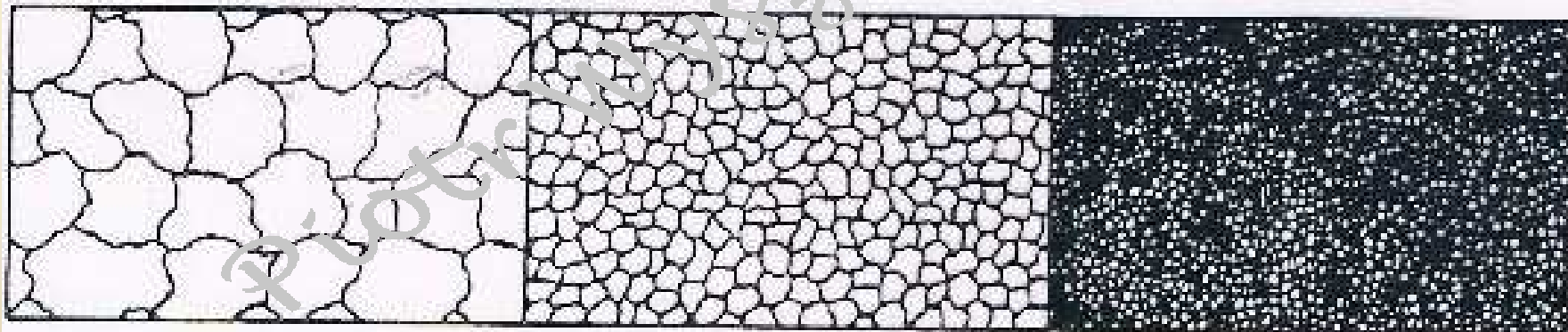
STRUKTURY SKAŁ MAGMOWYCH (c.d.)



równoziarnista

porfirowata

fanerokrystaliczno-
porfirowa



gruboziarnista

średnioziarnista

drobnoziarnista

TEKSTURY SKAŁ MAGMOWYCH

Tekstury skał magmowych dzielimy w zależności od:

- 1.sposobu ułożenia składników mineralnych w skale,
- 2.stopnia wypełnienia przestrzeni przez składniki mineralne.

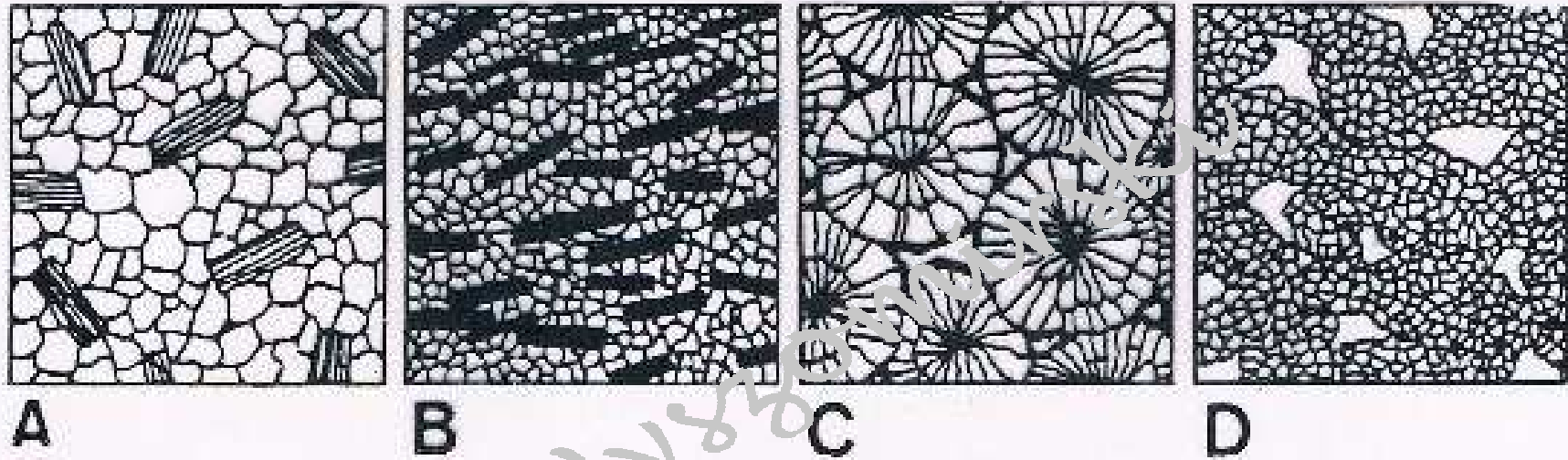
Ad.1. Wyróżnia się tekstury:

- bezkierunkowe (*beźładne, chaotyczne*),
- kierunkowe (*uporządkowane*), np. równoległe, fluidalne, sferyczne.

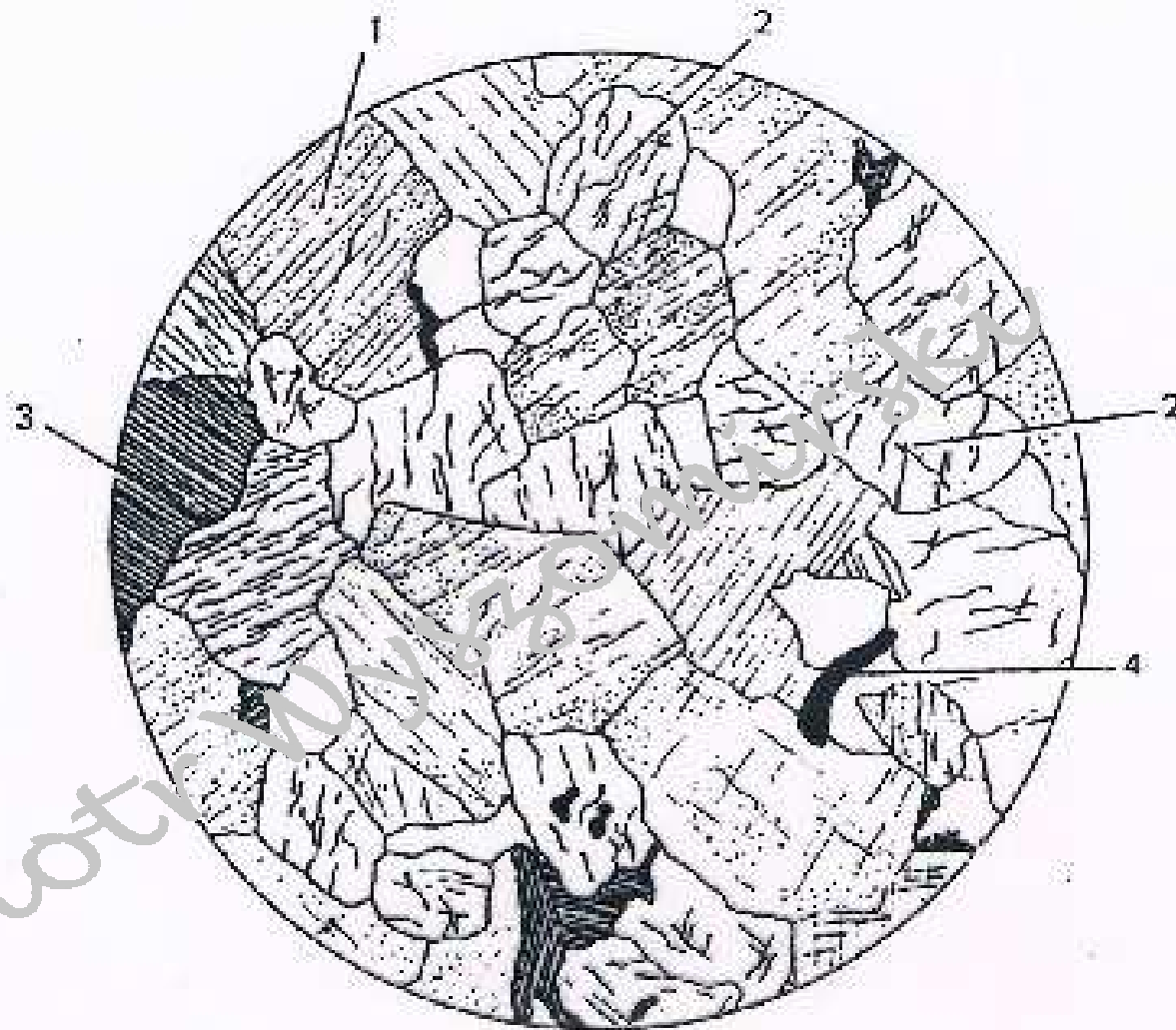
Ad.2. Wyróżnia się tekstury:

- zbite,
- porowate, np. pęcherzykowate, gąbczaste, migdałowcowe.

TEKSTURY SKAŁ MAGMOWYCH

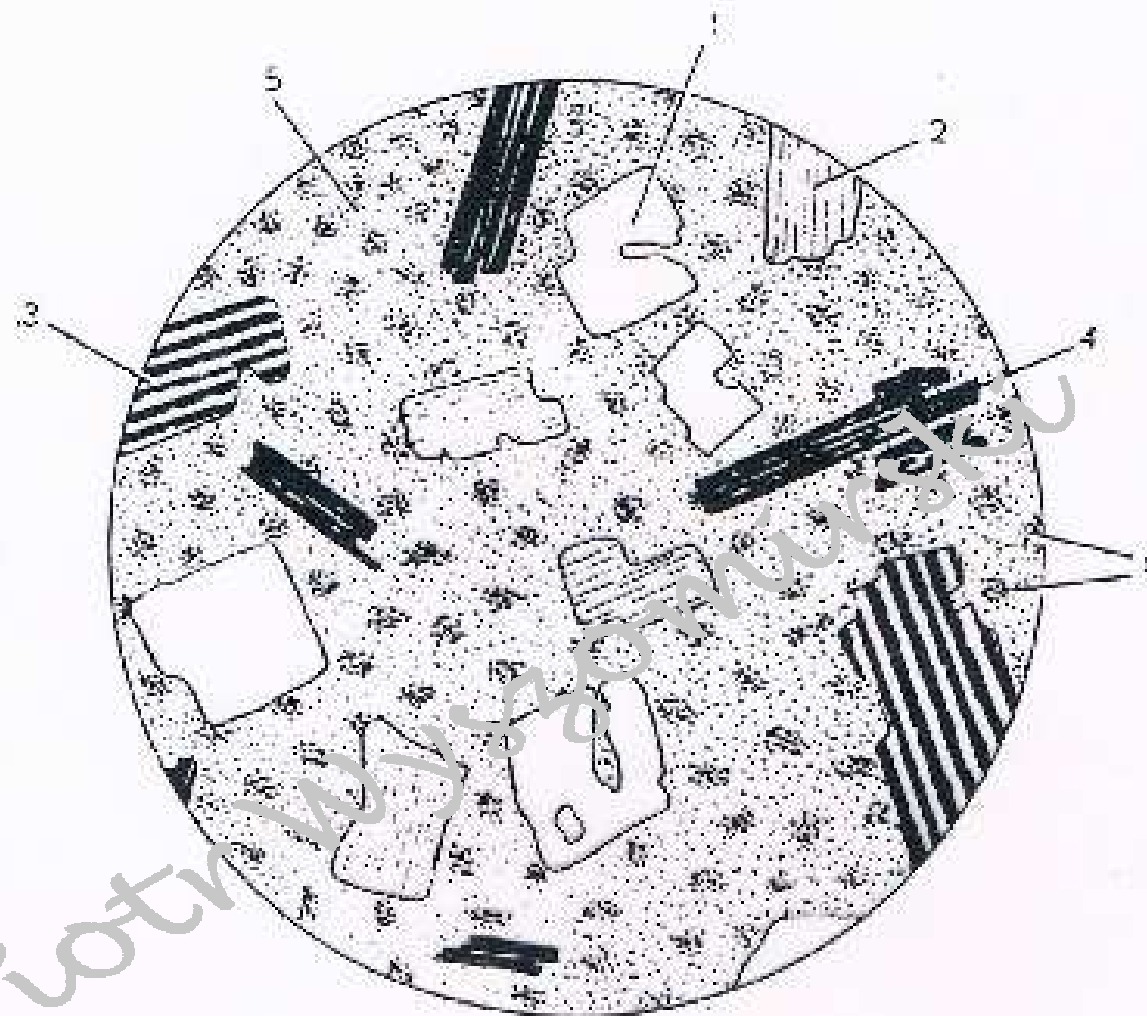


A - masywna bezładna, B - masywna uporządkowana (równoległa),
C - porowata uporządkowana (kulista), D - porowata bezładna



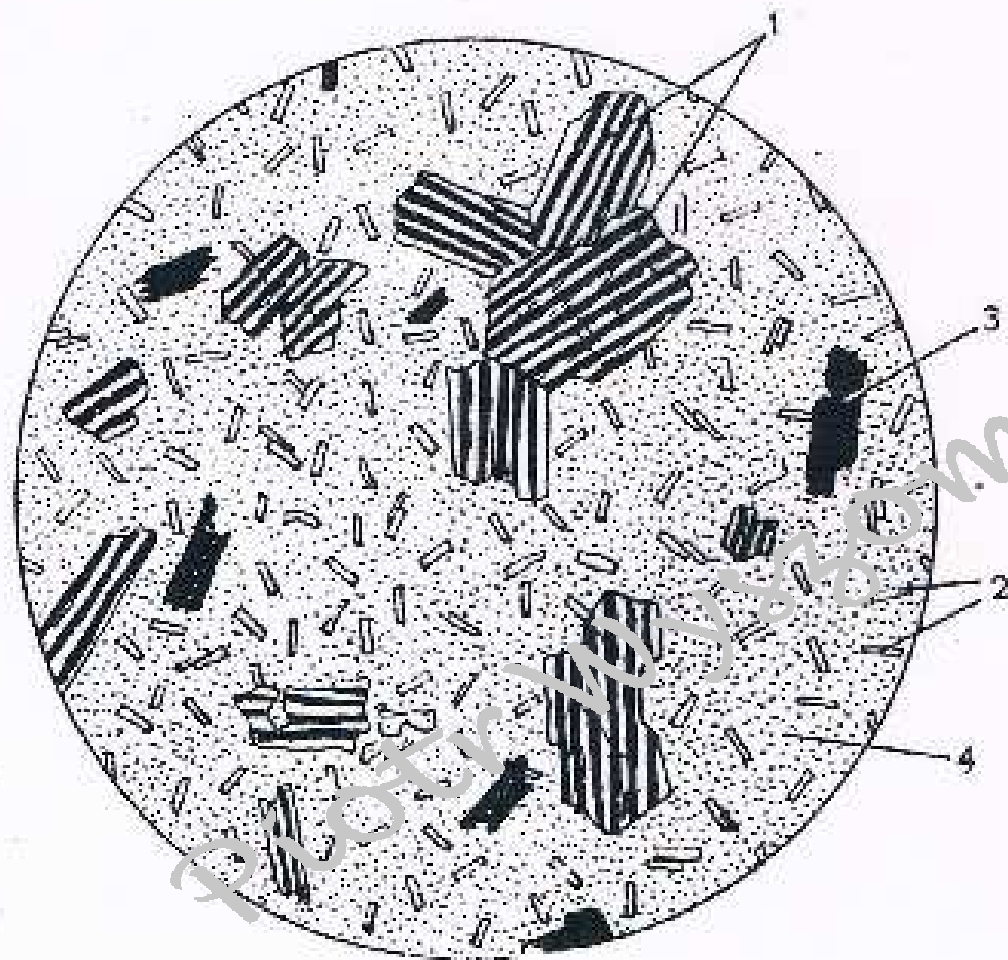
Ryc. 25. Gabro (obraz mikroskopowy)

1 — plagioklaz, 2 — oliwin, 3 — augit, 4 — magnetyt



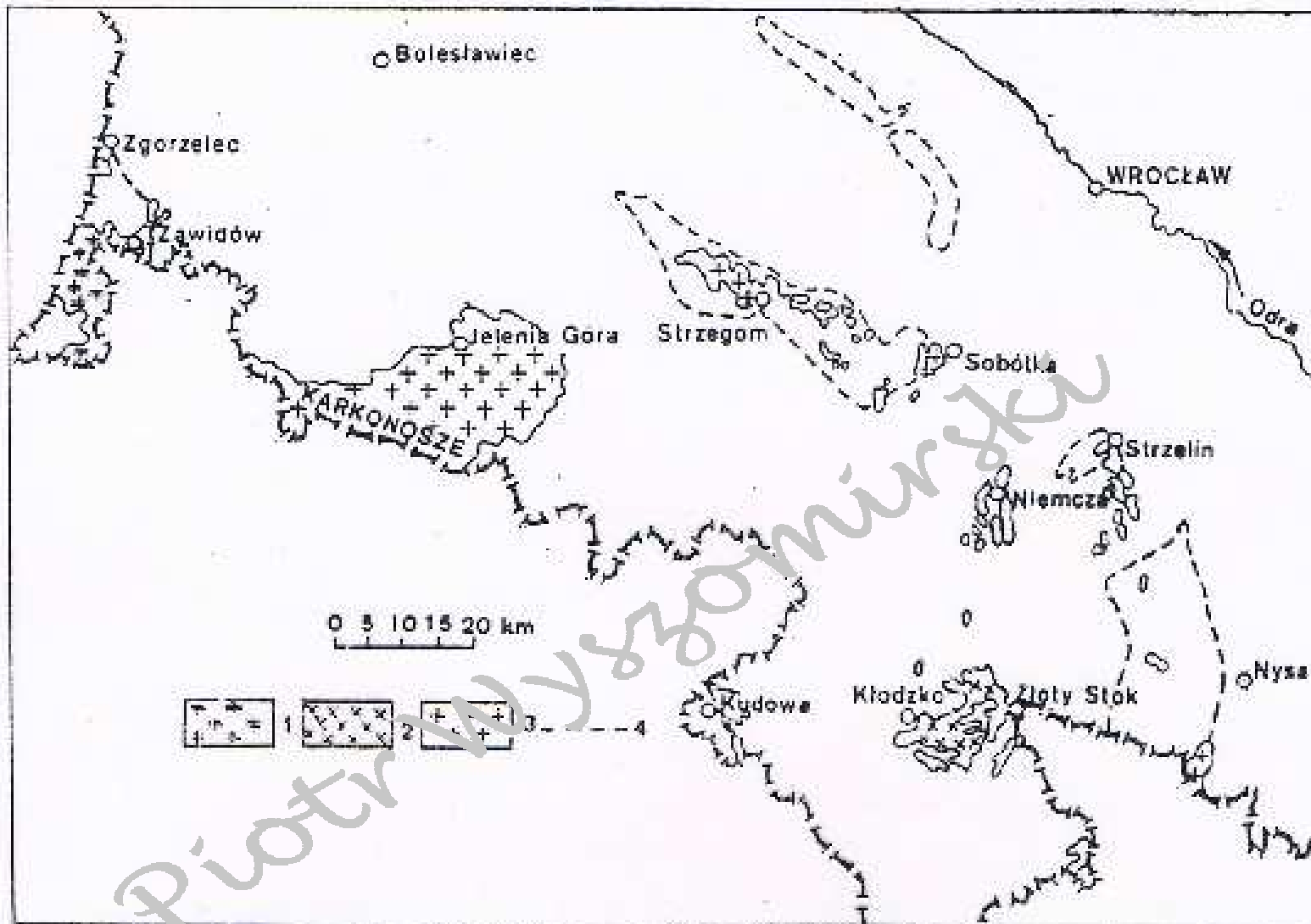
Riolit (obraz mikroskopowy)

1 — kwarc, 2 — ortoklaz, 3 — plagioklaz, 4 — biotyt, 5 — ciasto skalne, 6 — skupienia hematytu



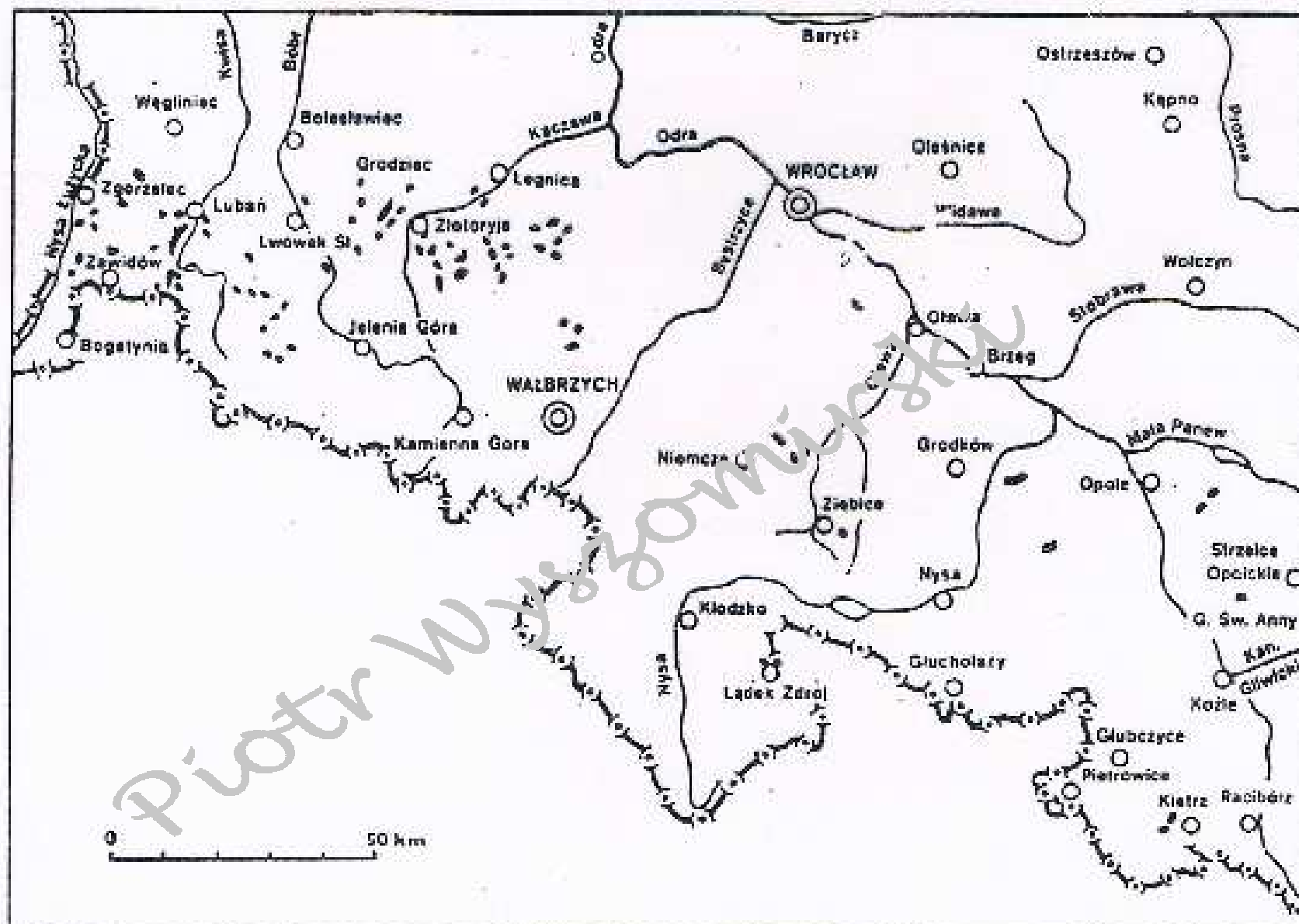
Andezyt (obraz
mikroskopowy)

1 — prakryształy plagiokla-
zów, 2 — mikrolity plagi-
oklazowe, 3 — prakrysz-
tały hornblendy, 4 — cia-
sto skalne



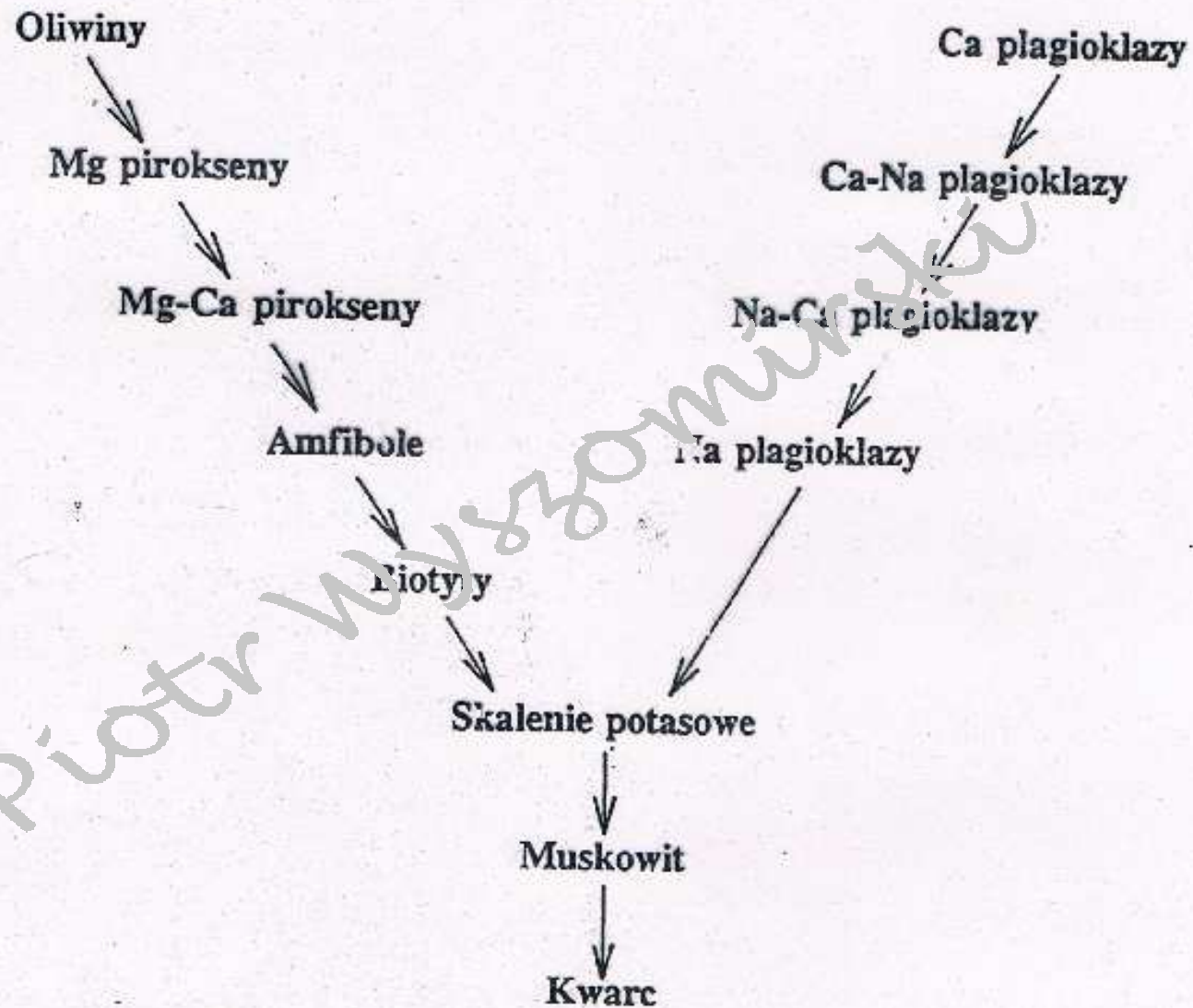
Granitoidy na Dolnym Śląsku (według Kozłowskiego, 1770)

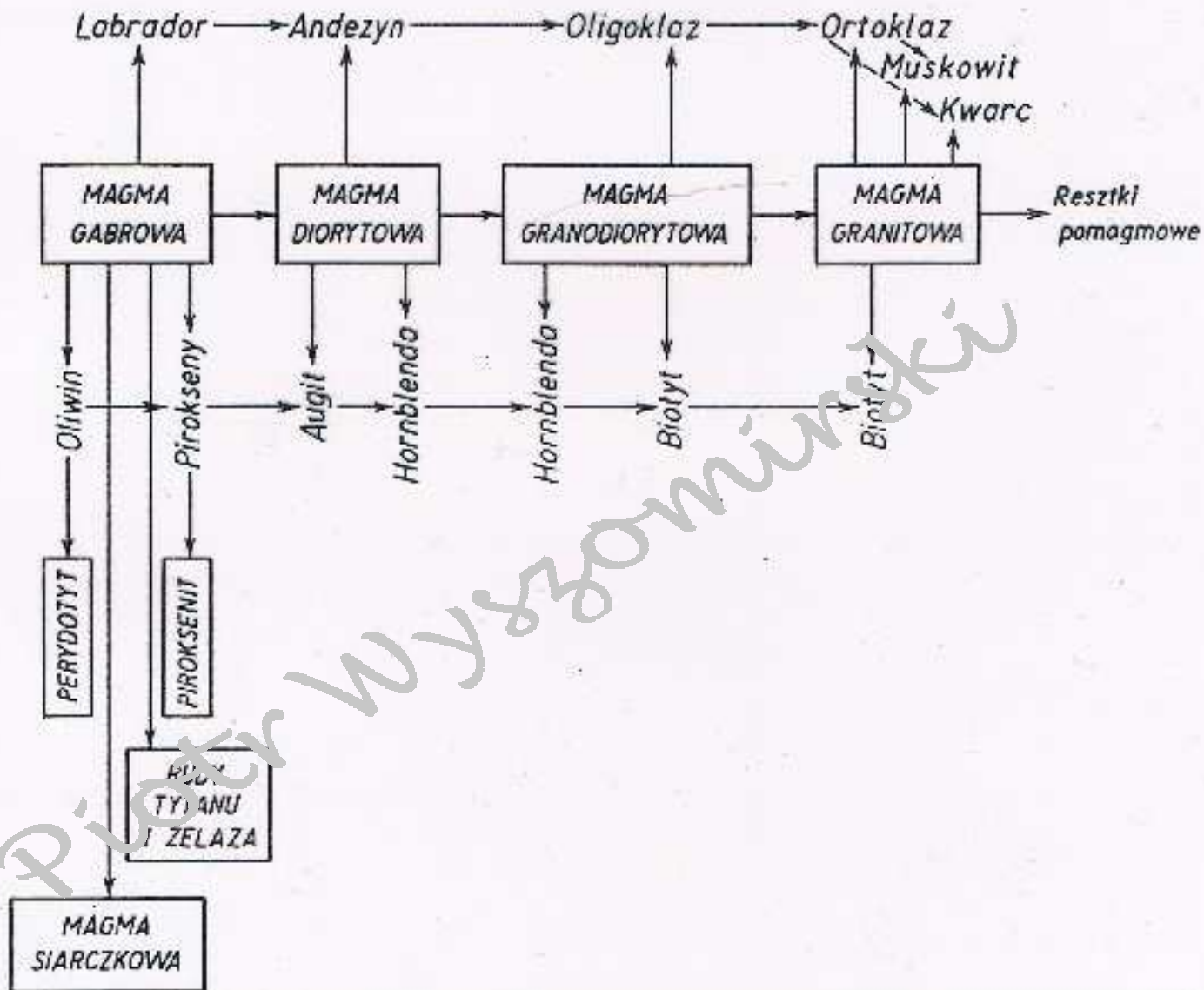
1 – granodioryt zawidowski i granit rumburski, 2 – granitoidy syntektyczne z intruzją niemczańsko-złotostocką i białską, granitoidy remorficzne oraz metasomatyczne jawornickie, 3 – późnotektoniczne granitoidy masywów: Strzegom-Sobótka, karkonoskiego i częściowo strzeleńskiego, 4 – przypuszczalny zasięg masywów granitoidowych (podkenozoiczny).



Bazalty na Dolnym Śląsku

Szeregi reakcyjne Bowena (1922, 1928)





Schemat dyferencjacji magmy gabrowej (według A. Polańskiego, K. Smulikowskiego, 1969)