

Ważniejsze składniki mineralne - Minerale ilaste, tlenki żelaza oraz węglany

W skorupie ziemskiej występuje ponad 3000 dotychczas poznanych minerałów, jednak istotne znaczenie skałotwórcze posiada tylko około 20 z nich. Mogą one powstawać w efekcie krystalizacji magmy, w drodze wytrącania z roztworów wodnych, w wyniku metamorfozy, a także jako rezultat wietrzenia innych minerałów, zwanych pierwotnymi.

Minerały klasyfikowane są na podstawie różnych właściwości. Najczęściej wszystkie minerały dzieli się na podstawie składu chemicznego, wyróżniając 6 gromad. Uproszczona klasyfikacja minerałów przedstawia się następująco:

- IV. Tlenki i wodorotlenki
 - 1. Tlenki i wodorotlenki żelaza
 - 2. Tlenki i wodorotlenki glinu
 - 3. Tlenek krzemu - Kwarc
- V. Sole kwasów tlenowych
 - a. Azotany
 - b. Węglany
 - c. Siarczany
 - d. Fosforany
 - e. Krzemiany i glinokrzemiany
 - 1. Krzemiany wyspowe
 - 2. Krzemiany pierścieniowe
 - 3. Krzemiany łańcuchowe
 - 4. Krzemiany wstęgowe
 - 5. Krzemiany warstwowe
 - 6. Krzemiany szkieletowe
- VI. Minerale organiczne.

Z punktu widzenia gleboznawstwa szczególną rolę odgrywają – Kwarc, minerały ilaste – wtórne krzemiany warstwowe, tlenki i wodorotlenki żelaza, glinu i manganu, oraz węglany.

V.2 Węglany

Węglany są bardzo ważną i liczną grupą minerałów. Często towarzyszą złożom rudnym lub same stanowią źródło ważnych metali.

Anion $(\text{CO}_3)^-$ tworzy w węglanach połączenia z kationami metali takich jak magnez, żelazo, wapń, cynk, mangan, ołów, miedź, a niekiedy także z anionami dopełniającymi - $(\text{OH})^-$, $(\text{Cl})^-$.

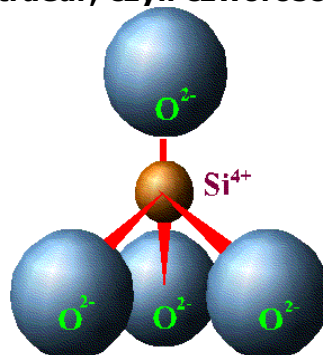
Najważniejszymi przedstawicielami węglanów są: kalcyt i dolomit. Kalcyt jest głównym minerałem wapieni, margli i marmurów. Jest on bardzo ważnym składnikiem gleb wpływającym na szereg ich właściwości, przede wszystkim przeciwdziałającym zakwaszaniu. Charakterystyczną jego cechą jest reakcja z 10% HCl (a nawet z kwasem octowym), podczas której wydzielą się CO_2 , powodując tzw. „burzenie”. Z 10% HCl reaguje również dolomit, ale dopiero po sproszkowaniu (np. po zarysowaniu ostrzem) lub po potraktowaniu gorącym kwasem. Mniej powszechnie występującymi węglanami są: syderyt i magnezyt.

V.5 Krzemiany i glinokrzemiany

W przyrodzie występuje około 800 znanych minerałów krzemianowych co czyni z nich najliczniejszą grupę minerałów. Ilościowy udział krzemianów i glinokrzemianów w budowie skał wynosi około 75% wagowych. Krzemiany, oprócz dominującego znaczenia skałotwórczego, mogą być także źródłem wielu cennych metali (np. krzemiany Ni, Zn, Zr, Li), tworzą również złoża wielu ważnych surowców mineralnych (kaolin, azbest, skalenie). Wśród krzemianów znaleźć można także piękne kamienie szlachetne i ozdobne (np. szmaragd, turmalin, topaz, nefryt).

Współczesna systematyka krzemianów i glinokrzemianów opiera się na ich właściwościach krystalochemicznych, tj. na budowie sieci krystalicznej. **Podstawowymi**

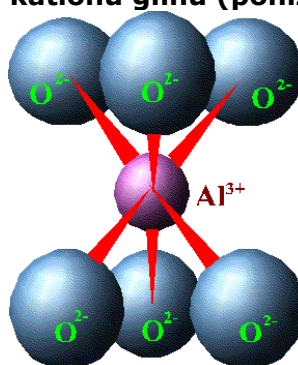
elementami strukturalnymi tej sieci są ściśle obok siebie ułożone 4 aniony tlenu oraz zawarty między nimi kation krzemu. Modelem przestrzennym tak ułożonego anionu $[\text{SiO}_4]^{4-}$ jest tetraedr, czyli czworościan foremny (poniżej).



Tetraedr - czworościan foremny.

Wewnątrz tetraedru w miejscu krzemu może występować także glin. Różnice ładunków wywołane podstawieniem Si^{4+} przez Al^{3+} kompensowane są przez podstawianie dodatkowych kationów. Krzemiany, w których część anionów $[\text{SiO}_4]^{4-}$ zastąpiona jest anionami $[\text{AlO}_4]^{5-}$, określane są jako glinokrzemiany.

Oprócz tetraedrów w sieci krystalicznej krzemianów występują też połączenia tlenowo-hydroksylowo-glinowe, tworzące oktaedry (ośmiościany foremne). Zbudowane są one z sześciu jonów tlenowych lub hydroksylowych i znajdującego się w ich wnętrzu kationu glinu (poniżej).



Oktaedr - ośmiościan foremny

W zależności od sposobu łączenia tetraedrów i stopnia ich kondensacji krzemiany dzieli się na:

1. krzemiany wyspowe,
2. krzemiany grupowe,
3. krzemiany pierścieniowe,
4. krzemiany łańcuchowe,
5. krzemiany wstęgowe,
6. **krzemiany warstwowe** – pierwotne (talk, mika) i wtórne (minerały ilaste)
7. krzemiany szkieletowe (przestrzenne).

W wymienionych powyżej grupach krzemianów czworościany krzemowo-tlenowe występują w sieci przestrzennej jako oddzielone od siebie jednostki strukturalne, bądź łączą się poprzez naroża, tworząc skomplikowane rodniki anionów zespolonych.

a) krzemiany warstwowe

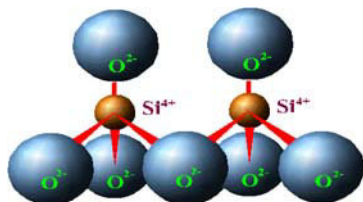
Najważniejsza grupa minerałów - zarówno z gleboznawczego, jak i skałotwórczego punktu widzenia. Głównymi przedstawicielami krzemianów warstwowych są:

- łuszczyki (miki) – minerały pierwotne
- chloryty - minerały pierwotne
- talk i glaukonit - minerały pierwotne

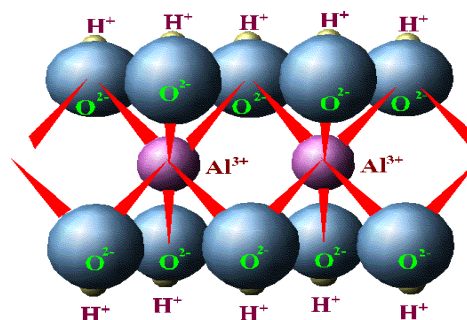
- minerały ilaste – minerały wtórne

Krzemiany warstwowe zbudowane są z kolejno ułożonych warstw tetraedrów i oktaedrów tworzących **pakiety**. Płaska tetraedrów (anionów $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$) w narożach połączona jest z warstwą oktaedryczną.

warstwa tetraedryczna



warstwa oktaedryczna



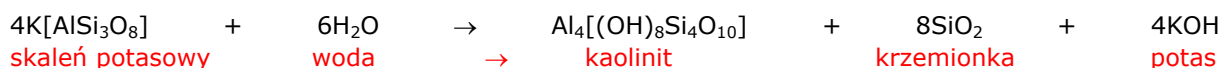
Minerały ilaste są uwodnionymi glinokrzemianami Al, Mg i Fe. W zależności od wzajemnego układu warstw oktaedrów i tetraedrów w pakietach wyróżniane są minerały ilaste:

1. **dwuwarstwowe (pakiety typu 1:1)**- warstwa oktaedrów jest trwale i jednostronnie połączona z warstwą tetraedrów
 - grupa kaolinitu (kandyty) - **kaolinit, hydrohaloizyt i diktit**.
2. **trójwarstwowe (pakiety typu 2:1)**- warstwa oktaedrów zamknięta jest między dwoma warstwami tetraedrów zwróconych do siebie wierzchołkami:
 - grupa hydromik: **illit i hydromuskowit**,
 - grupa montmorillonitu (smektyty): **montmorillonit i beidellit**,
 - grupa wermikulitu: **wermikulit**.
3. **mieszanopakietowe**
4. **alofany** - formy bezpostaciowe, $\text{Al}_2 \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

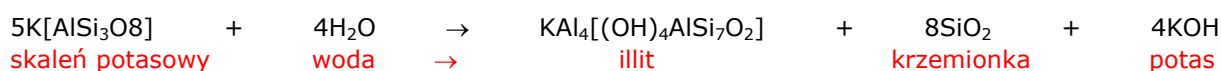
Minerały ilaste powstają głównie w wyniku wietrzenia chemicznego innych glinokrzemianów, mogą także krystalizować z roztworu. Rodzaj powstających minerałów ilastych zależy od składu chemicznego wietrzącego minerału pierwotnego oraz od warunków środowiska (odczynu, obecności różnych jonów itp.). Odczyn kwaśny sprzyja powstawaniu kaolinitu, obojętny lub alkaliczny - montmorillonitu.

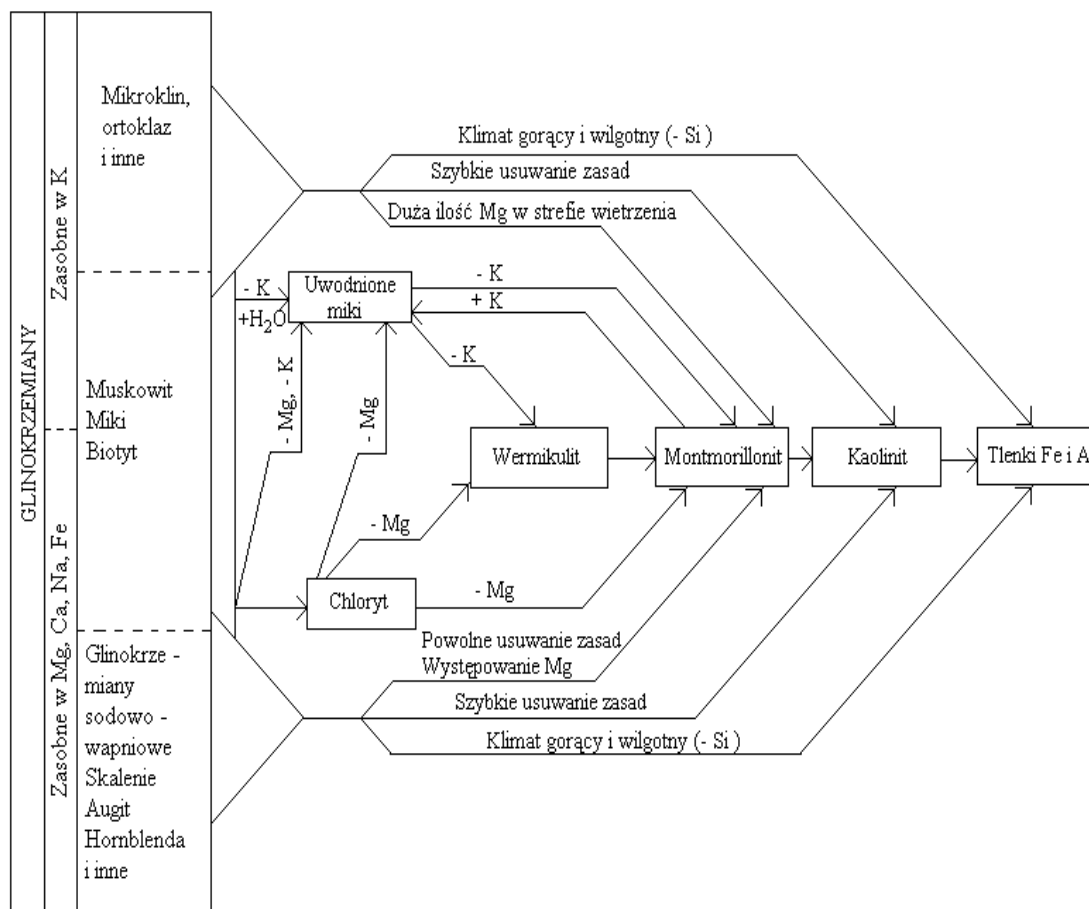
Powstawanie różnych produktów wietrzenia, w zależności od obecności potasu, Prześledzić można na przykładzie przemian skalenia potasowego:

- gdy z roztworu wymyty został cały potas powstającym minerałem wtórnym będzie kaolinit:



- jeżeli część potasu nie ulegnie wymyciu i pozostanie w obrębie sieci krystalicznej powstającym minerałem wtórnym będzie illit.





(wg H.C.Buckmana i N.C.Brady'ego)

Grupa minerałów ilastych wyróżnia się charakterystycznymi cechami:

- 1. Powierzchnia właściwa** - cząstki ilaste ze względu na ich drobne wymiary posiadają dużą powierzchnię zewnętrzną. Jednak nie stanowi ona ich całkowitej *powierzchni właściwej*, na którą składa się dodatkowo powierzchnia wewnętrzna, czyli międzypakietowa. Ogromna powierzchnia właściwa minerałów ilastych jest więc wynikiem zarówno dużego rozdrobnienia materiału, jak i pakietowej struktury cząstek. Aby dobrze zrozumieć ten problem należy uzmysłowić sobie, iż powierzchnia właściwa frakcji ilastej na 1 ha typowej gleby pyłowej lub ilastej jest w przybliżeniu 20 - 25 razy większa od powierzchni Polski. Największą powierzchnię właściwą mają minerały trójwarstwowe (grupa montmorillonitu), najmniejszą zaś minerały dwuwarstwowe (grupa kaolinitu)
- 2. Elektroujemne ładunki** - cząstki ilaste posiadają ujemny ładunek. Powoduje on przyciąganie przez powierzchnię minerału ilastego ogromnej ilości kationów. W ten sposób powstaje tzw. podwójna warstwa jonowa. Składniki cząstki koloidalnej stanowią wewnętrzną warstwę jonową, będącą "wielkim anionem", którego powierzchnia posiada znaczną ilość ładunków ujemnych. Zewnętrzną warstwę jonową stanowi ogromna ilość dość luźno związanych kationów, które otaczają cząstkę koloidalną, a w niektórych przypadkach wnikają do jej wnętrza.. Oprócz kationów na powierzchni cząstki koloidalnej grupuje się też duża ilość cząsteczek wody. Część tej wody wiązana jest przez zasorbowane kationy, poza tym wszystkie minerały ilaste wiążą duże ilości wody w przestrzeniach międzypakietowych. Sorpcja kationów przez minerały ilaste odgrywa w glebie ogromną rolę.
- 3. Właściwości fizyczne** - w zależności od uwilgotnienia minerały ilaste wykazują odmienne właściwości. W stanie wilgotnym są one plastyczne i maziste, zaś w trakcie suszenia kurczą się, przechodząc w zwięzły i silnie scementowany materiał.

Właściwości te decydują o szeregu właściwości fizycznych gleb, takich jak pęcznienie i kurczliwość, czy plastyczność i lepkość

W minerałach dwuwarstwowych (**grupa kaolinitu**) poszczególne pakiety związane są trwale wiązaniami wodorowymi (wodór grup OH oktaedrów). Wiązania te są na tyle silne, że nie dopuszczają do zwiększenia przestrzeni międzypakietowych i uniemożliwiają wchodzenie wody i dodatkowych kationów. Zdolności sorpcyjne tych minerałów są ograniczone tylko do ich powierzchni zewnętrznych.

Odmienne właściwości posiadają minerały trójwarstwowe. W pakietach **illitu** (grupa hydromik) około 20% jonów Si^{4+} jest podstawione jonami Al^{3+} . Wywołane tym podstawieniem ładunki ujemne są rekompensowane występującymi w przestrzeniach międzypakietowych kationami potasu. Wielkość promienia jonowego potasu jest zbliżona do rozmiaru przestrzeni międzypakietowej, dzięki czemu jony te są zasorbowane trwale, działają usztywniająco na sąsiadujące pakiety i uniemożliwiają wchodzenie wody. Struktura illitu nie jest zatem rozciągliwa, a związane jony potasu nie są dostępne dla roślin. Sorbowanie zachodzi tu głównie na powierzchni wewnętrznej minerału.

Struktura **vermikulitu** jest do pewnego stopnia rozciągliwa. W przestrzeniach międzypakietowych, oprócz jonów Mg^{2+} równoważących ujemny ładunek pakietów, mieszczą się dwie warstwy cząsteczek wody. Dzięki temu kationy wymienne mogą być sorbowane również w przestrzeniach międzypakietowych.

Pomiędzy pakietami **montmorillonitu** występują słabe siły międzycząsteczkowe (siły van der Waalsa), które nie są w stanie przeciwdziałać wnikaniu wody i kationów wymiennych. Odległości międzypakietowe tego minerału mogą się zwiększać nawet dwukrotnie (duże zmiany objętości). Wysoka zawartość montmorillonitu w glebach przyczynia się do wzrostu ich zdolności do pęcznienia i kurczliwości, a także plastyczności i lepkości.

Najczęściej występującymi minerałami ilastymi są: **kaolinit, illit, montmorillonit i vermikulit**.

Minerał	Odległość międzypakietowa (nm)	Rodzaj struktury - pakiety	Powierzchnia właściwa $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	Pojemność wymienna kationów mmol /100g
Kaolinit	0,72	1:1 - nie rozszerzająca się	14 - 23	0 - 15
Haloizyt	0,72	1:1 - nie rozszerzająca się	102	5 - 15
Hydrohaloizyt	1,01 - 0,95	1:1 - kurczące się	430	5 - 50
Illit	1,00	2:1 - nie rozszerzająca się	67 - 100	5 - 40
Wermikulit	1,40 - 1,50	2:1 - częściowo rozszerzająca się	10 - 300	100 - 170
Montmorillonit	0,96 - 2,14	2:1 - rozszerzająca się	600 - 800	60 - 130
Allofany	-----	bezpostaciowe	260	50 - 200

Schemat budowy wybranych minerałów ilastych (według Mason 1967, cyt. za Turekian, Oceans, 1968)

10 Aengstrom = 1 nm = 10^{-9} m

