

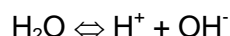
## Ćwiczenie 6: Odczyn i kwasowość gleb

### Zalecana literatura:

„Badania ekologiczno –gleboznawcze” – Bednarek i in., PWN 2004, PWN, str. 198-206.  
„Geneza, analiza i klasyfikacja gleb”. Mocek A., Drzymała S., Wyd. UP w Poznaniu, 2010.  
„Gleboznawstwo” - red. A. Mocek, PWN, 2015  
www.au.poznan.pl/kgir/dydaktyka/w-3.doc

### Iloczyn jonowy wody

Czysta woda źle przewodzi prąd elektryczny, jednak tzw. „woda ultraczysta” wykazuje pewną choć znikomo małą przewodność. Stanowi to dowód, że woda jest słabym elektrolitem, który w nieznacznym stopniu ulega rozpadowi na kationy wodoru i aniony wodorotlenowe:



Dysocjacja wody przebiega wg reakcji:  $2\text{H}_2\text{O} \Leftrightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

Zgodnie z prawem działania mas, stała dysocjacji wody (K) tak jak dla każdej reakcji odwracalnej wyrażona jest równaniem:

$$K = \frac{[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = 1.8 \times 10^{-16} \quad (\text{dla } t = 22^\circ\text{C})$$

Liczba cząsteczek dysocjowanych jest znikomo mała (niespełna dwie milionowe części grama w 1 litrze wody, tj. 1000 g).

Mnożąc stałą dysocjacji wody przez stężenie molowe wody  $[\text{H}_2\text{O}]$  uzyskujemy iloczyn dwóch stałych: K i  $[\text{H}_2\text{O}]$ , a więc kolejną stałą nazywaną **iloczynem jonowym wody ( $K_w$ )**:

$$K_w = K \times [\text{H}_2\text{O}] = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$$

Masa 1 mola wody wynosi 18 g, a stężenie molowe wody:  $[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1000}{18} = 55,5 \text{ mola / litr}$

$$K_w = 1.8 \times 10^{-16} \times 55.5 = 1 \times 10^{-14} \quad (22^\circ\text{C})$$

Iloczyn jonowy wody  $K_w$  określa zależność między stężeniami jonów  $\text{H}^+$  i  $\text{OH}^-$  bez względu na źródło pochodzenia jonów (z wody, kwasu lub zasady). Z powyższych równań wynika, że **w danej temperaturze iloczyn stężeń jonów  $\text{H}^+$  i  $\text{OH}^-$  jest wielkością stałą**. Ze stałości  $K_w$  wynika także, że o ile razy zwiększy się stężenie  $\text{H}^+$ , tyle razy zmaleje stężenie jonów  $\text{OH}^-$ .

W wyniku dysocjacji z każdej cząsteczki wody powstaje jeden jon  $\text{H}^+$  i jeden jon  $\text{OH}^-$ , stąd w czystej wodzie stężenia jonów wodorowych i wodorotlenowych są jednakowe ( $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ ), a równanie  $K_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-]$ , zapisać można w postaci:

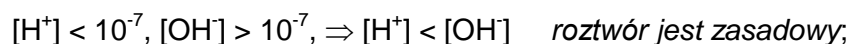
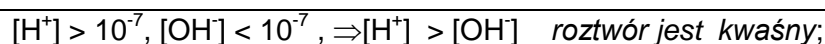
$$K_w = [\text{H}^+]^2 = 10^{-14}$$

Tak więc w czystej wodzie stężenie jonów wodorowych (i wodorotlenowych) wynosi:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7} \text{ mol/l}$$

Roztwór, w którym stężenie jonów  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  ma odczyn obojętny. Do scharakteryzowania kwasowości bądź zasadowości roztworu wystarczy znajomość jonów wodorowych, a stężenie jonów  $\text{OH}^-$  oblicza się:

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]}$$



O odczynie gleby decyduje relacja ilościowa jonów  $H^+$  i  $OH^-$  - przy przewadze jonów  $H^+$  roztwór określamy jako kwaśny, a przy przewadze jonów  $OH^-$  jako zasadowy.

Przykład obliczeń:

$$1. [H^+] = 10^{-10} \text{ mol/l}, [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-10}} = 10^{-4} \text{ mol/l},$$

$[H^+] < [OH^-]$  – roztwór zasadowy

$$2. [H^+] = 10^{-5} \text{ mol/l}, [OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-5}} = 10^{-9} \text{ mol/l},$$

$[H^+] > [OH^-]$  - roztwór kwaśny

W celu uproszczenia zapisu stężenia jonów wodorowych, wykazującego bardzo dużą rozpiętość, stosowany jest wykładnik stężenia jonów wodorowych – tzw. pH (Sørensen 1909). pH jest to ujemny logarytm dziesiętny ze stężenia jonów wodorowych:

$$[H^+] = 10^{-pH}$$

po zlogarytmowaniu  $\Rightarrow \log [H^+] = -pH$

lub  $pH = -\log[H^+]$

Przykłady:

- $[H^+] = 10^{-7}$ ;  $\log [H^+] = -7$ ;  $pH = 7$
- $[H^+] = 10^{-2}$ ;  $\log [H^+] = -2$ ;  $pH = 2$
- $[H^+] = 5,3 \cdot 10^{-5}$ ;  $\log [H^+] = \log 5,3 - 5 \log 10 = 0,72 - 5 = -4,28$ ;  $pH = 4,28$
- $pH = 6,4$ ; jakie jest stężenie jonów wodorowych;  $[H^+] = 10^{-6,4} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$
- $[OH^-] = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ .  $pH$ ?

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{2,5 \cdot 10^{-3}} = 4 \cdot 10^{-12}$$

$$\log [H^+] = \log 4 - 12 \log 10 = 0,6 - 12 = -11,4 \quad pH = 11,4$$

## ODCZYN GLEBY

Odczynem gleb nazywamy stężenie jonów wodorowych w roztworze glebowym wyrażone w molach na litr. Dla określenia odczynu gleb używa się symbolu pH. Odczyn wyraża stosunek jonów wodorowych  $[H^+]$  do jonów wodorotlenowych  $[OH^-]$ . Do oznaczenia odczynu gleb (pH) stosowane są metody kolorymetryczne (o dokładności na poziomie połowy jednostki pH) oraz metody potencjometryczne.

Rys.1 Pomiar pH-metrem Helliga (tzw. kwasomierzem):

W zagłębieniu porcelanowej płytki umieścić próbkę gleby o objętości  $< 1 \text{ ml}$ , dodać kilka kropeł wskaźnika, chwilę odczekać, następnie przelać roztwór do rowka wychodzącego zagłębienia (przechylając płytkę) i określić odczyn na podstawie barwy.

Wskaźnik przyjmuje kolor ciemnoczerwony przy  $pH = 4$ , jasnoczerwony przy  $pH = 5$ , żółty przy  $pH = 6$ , jasnozielony przy  $pH = 7$  oraz ciemnozielony przy  $pH = 8$ .



zdjęcie: <http://www.moj-ogrodnik.pl>

### Wykonanie oznaczenia metoda potencjometryczną

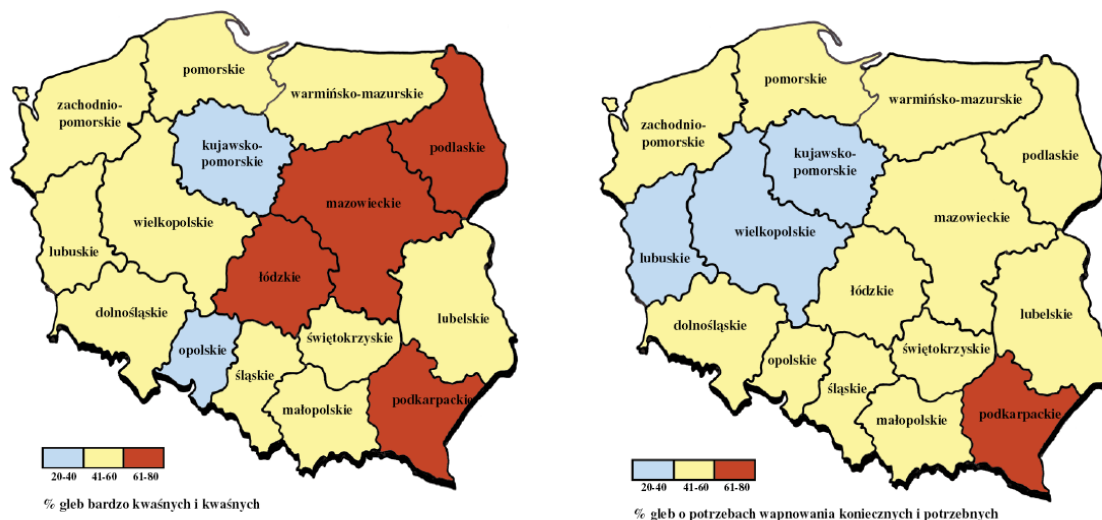
1. Z analizowanej próbki odważyć dwa razy po 10 g powietrznie suchej gleby (w odpowiednio oznakowanych naczyniach plastikowych o pojemności 20÷30 ml i średnicy ok. 3 cm (jeden oznaczony jako woda drugi jako KCL),
2. do naczynia oznaczonego jako woda dodać 10 ml wody destylowanej, do naczynia oznaczonego jako KCL dodać 10 ml 1M KCL po czym wymieszać zawartość naczyń bagietkami lub wytrząsając zamknięte naczynia,
3. pozostawić do następnego dnia,
4. po wykalibrowaniu pH-metru odczytywać skorygowane termicznie wartości pH zanurzając elektrodę na ok. 1 cm poniżej powierzchni cieczy,
5. co 50 pomiarów należy ponownie kalibrować pH-metr.

Sprzęt:

waga o dokładności 0,01g, woda destylowana, 1M KCL, bagietki plastikowe, pH-metr wraz z elektrodą, bufory do kalibracji, tryskawka.

### Określanie odczynu na podstawie pomiaru pH

Odczyn	pH w wodzie	pH w 1M KCL
Bardzo kwaśny	< 5	< 4,5
Kwaśny	5,0 - 6,0	4,5 - 5,5
Lekko kwaśny	6,1 - 6,7	5,6 - 6,5
Obojętny	6,8 - 7,4	6,6 - 7,2
Zasadowy	> 7,4	> 7,2

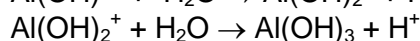
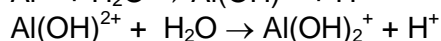
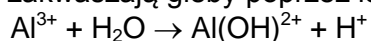


Rys. 2 Udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych (z lewej) oraz gleb w których wapnowanie jest konieczne lub potrzebne (z prawej) w poszczególnych województwach (IUNG-BIP, Instrukcja upowszechnieniowa nr 128, Hołubowicz-Kliza 2006).

### Źródła jonów kwaśnych i zasadowych w relacji do odczynu gleby

#### Gleby bardzo kwaśne:

W glebach o  $pH_{KCL} < 4,5$  głównym źródłem jonów wodorowych w roztworze glebowym są jony glinu. W glebach tych glin zaabsorbowany pozostaje w równowadze z jonami Al w roztworze glebowym, które zakwaszają gleby poprzez ich zdolność do hydrolizowania:

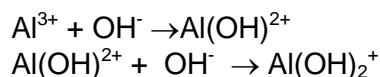


W glebach bardzo kwaśnych powyższe reakcje hydrolizy są głównym źródłem jonów wodorowych, drugim źródłem jonów wodorowych jest glebowy kompleks sorpcyjny [KS], bowiem zaabsorbowany wodór przechodzi do roztworu glebowego.

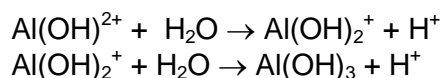
Glin w roztworze glebowym występuje w różnych formach zależnie od odczynu: przy pHw <5 dominuje forma  $Al^{3+}$ , przy pHw 5÷6,7 dominuje forma  $Al(OH)_2^+$ , a przy pHw 6,8÷7,4 już tylko w formie  $Al(OH)_3^0$ . Przy pHw >8 dominują jony  $Al(OH)_4^-$ . Przy pHw od 5 do 7,4 rozpuszczalność AL jest niska, ulega wytrącaniu i pozostaje w formie  $Al(OH)_3^0$ . Poniżej pHw 5 i powyżej 7,4 stężenie AL w roztworze glebowym wyraźnie wzrasta. W glebach kwaśnych glin wypiera inne kationy z kompleksu sorpcyjnego co prowadzi do zubożenia gleb w składniki pokarmowe. Biochemiczna toksyczność glinu w glebie związana jest z antagonistycznym działaniem na wapń i fosfor (w jego obecności ulegają uwstecznieniu) oraz wpływem glinu na proces pobierania i transportu różnych kationów w roślinach oraz na fizyczne właściwości plazmy komórkowej.

### **Gleby kwaśne i lekko kwaśne:**

W glebach o  $pH_{KCL} \sim 4,5 \div 6,5$  źródłem jonów  $H^+$  w roztworze glebowym jest przede wszystkim wodór, obecny w samym roztworze glebowym jak i zaadsorbowany przez kompleks sorpcyjny gleby. W glebach tych występuje względnie wysoki stopień nasycenia kationami zasadowymi. Z uwagi na występowanie grup hydroksylowych ( $OH^-$ ) glin nie może występować w postaci wolnych jonów ( $Al^{3+}$ ) i ulega przekształceniu w jony wodorotlenków glinu wg reakcji:

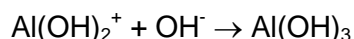


Część jonów wodorotlenków glinu jest sorbowana i zachowuje się jak kationy wymienne, a poprzez hydrolizę są one zdolne do uwalniania jonów  $H^+$  w roztworze glebowym:



### **Gleby o odczynie obojętnym:**

W glebach tych nie dominują jony kwaśne ( $H^+$  i  $Al^{3+}$ ), jony wodorotlenków glinu przekształcają się w gipsyt:



### **Źródło jonów $OH^-$ :**

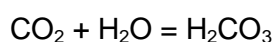
Gdy jony wodoru i glinu w kwaśnych glebach zamieniane są przez kationy  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  i  $K^+$ , to stężenie jonów wodorowych w roztworze glebowym maleje. Kompleksy koloidalne nasycone kationami zasadowymi (Ca, Mg, K) ulegając hydrolizie stają się źródłami jonów  $OH^-$ .

### **Kwasowość gleb**

O kwasowości gleb decydują główne kationy wodoru i glinu. Znaczenie mają zarówno jony wodorowe obecne w samym roztworze glebowym, jak i jony  $H^+$  i  $Al^{3+}$  zaadsorbowane przez kompleks sorpcyjny gleby. Wpływ odczynu na strukturę jonów w kompleksie sorpcyjnym gleby przedstawia rysunek na następnym stronie.

Przyczyny wzrostu zakwaszenia gleb:

- przewaga opadów nad parowaniem
- wynoszenie składników zasadowych wraz z plonem
- brak składników zasadowych w skałach macierzystych
- doprowadzenie do gleb substancji zakwaszających (nawozów mineralnych)
- rozkład substancji organicznej prowadzący do powstawania kwasów organicznych i nieorganicznych. Najbardziej rozpowszechnionym jest  $H_2CO_3$ :

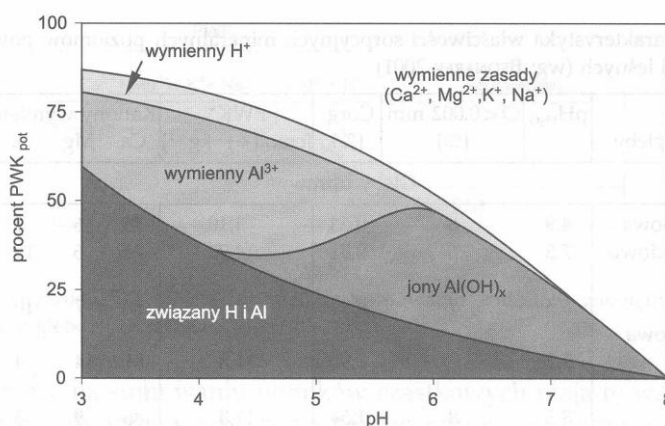


Kwas węglowy ułatwia ługowanie węgla wapnia - głównego źródła zasad:



Spadek odczynu gleb (pH) wpływa na szereg właściwości gleb:

- następuje pogorszenie struktury gleby związane ze zmianą składu mikroorganizmów – głównie wzrostem udziału grzybów;
- pogorszenie struktury powoduje zmniejszenie wodoprzepuszczalności;
- część składników pokarmowych przechodzi w formy niedostępne dla roślin (np. fosforany).



Wpływ odczynu na skład kationów w kompleksie sorpcyjnym gleby według Brady i Weil (1996, cyt. za **Bednarek i in. 2004**). Al(OH)<sub>x</sub> – to hydroksykationy AlOH<sup>2+</sup> i Al(OH)<sub>2</sub><sup>+</sup>.

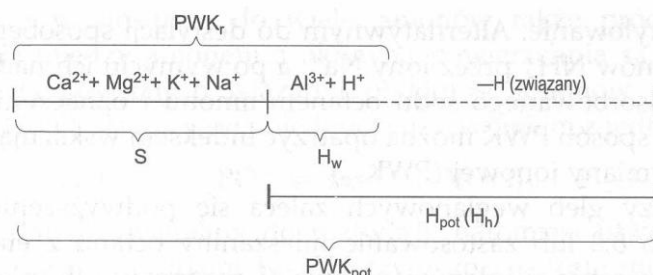
Wyróżnia się dwa rodzaje kwasowości gleb:

- **czynną**, wywołaną przez kationy wodorowe aktualnie obecne w roztworze glebowym; oznaczaną w zawiesinie gleby w H<sub>2</sub>O.
- **potencjalną**, spowodowaną kationami wodoru i glinu, zaadsorbowanymi przez kompleks sorpcyjny gleb. Zaadsorbowane jony wodoru w procesie wymiany przechodzą do roztworu glebowego zwiększając w nim stężenie jonów wodorowych, natomiast jony glinu zakwaszają pośrednio - poprzez hydrolizę wody.

**Kwasowość potencjalna** może być oznaczona w roztworach różnych soli, dlatego wyróżnia się tzw. kwasowość wymienną i kwasowość hydrolityczną:

- **Kwasowość wymienna (Hw)** oznaczana jest w wyciągu gleby z roztworami soli słabo dysocjujących (KCl, CaCl<sub>2</sub>, BaCl<sub>2</sub>). Do roztworu glebowego przechodzi część słabiej związanych jonów wodorowych wyparta z KS przez kationy potasu (z KCl). **Kwasowość wymienna uwzględniana jest przy obliczaniu kationowej pojemności wymiennej (KPW= S+Hw).**
- **Kwasowość hydrolityczna (Hh)** – oznaczana jest w wyciągu gleby z roztworami soli silnie dysocjujących (solami hydrolizującymi zasadowo np. octan sodu lub wapnia). Zastosowanie takich roztworów wypierających powoduje usunięcie z KS wszystkich jonów wodorowych - zarówno słabo jak i silnie związanych. Proporcjonalnie do ilości wodoru wypartego z KS w wyciągu powstaje odpowiednia ilość cząsteczek kwasu octowego, który dysocjuje i wskazuje potencjalnie najwyższe stężenie jonów wodorowych. **Wartość kwasowości hydrolitycznej jest podstawą obliczania dawek odkwaszających (związków CaO, MgO, CaCO<sub>3</sub>).** **Niekiedy wartość Hh jest błędnie traktowana jako odpowiednik kwasowości wymiennej (Hw) przy obliczaniu KPW. W praktyce powoduje to zawyżenie KPW i zaniżenie V.**



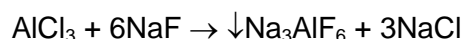


Oznaczanie pojemności wymiennej kationów metodą sumowania kationów zobojętniających ujemne ładunki sorbentów (**Bednarek i in. 2004**)

### Oznaczanie kwasowości wymiennej i glinu wymiennego metodą Sokołowa

Glin wymienny oznaczany jest w poziomach glebowych o  $pH_{KCL}$  poniżej 5,5, gdyż w tych warunkach występują wolne jony glinu. Wraz ze spadkiem  $pH$  wzrasta zawartość glinu wymiennego w glebie. Toksyczne działanie glinu obserwowane przy  $pH_{KC}$  poniżej 4,5, gdy glin wymienny przekracza 40 procent kationowej pojemności wymiennej (KPW). Uogólniając, toksyczne oddziaływanie glinu występuje przy zawartości powyżej 2,5  $cmol_{(+)} / kg$ , natomiast bezwzględnie toksyczne są zawartości powyżej 4  $cmol_{(+)} / kg$  (wartość ta przyjmowana jest za dopuszczalną).

Kwasowość wymienna oznaczana jest przez wyparcie z kompleksu sorpcyjnego wymiennych jonów  $H^+$  i  $Al^{3+}$  przy użyciu za pomocą obojętnej soli (1M KCl), następnie przeprowadzana jest hydroliza  $Al^{3+}$ , po czym przy użyciu roztworu zasady sodowej miareczkowane są uwolnione jony wodorowe (te z kompleksu sorpcyjnego oraz powstające w wyniku hydrolizy  $Al^{3+}$ ). W metodzie Sokołowa oznaczana jest kwasowość wymienna (wywołana przez jony wodoru i glinu), a zawartość glinu wymiennego wyznaczana jest jako różnica między kwasowością wymienną i kwasowością oznaczoną po strąceniu glinu. Do strącenia glinu stosowany jest fluorok sodu (3,5% NaF), który tworzy z glinem trudno rozpuszczalny fluoroglinian sodu (kriolit -  $Na_3AlF_6$ ):



#### Wykonanie oznaczenia

- odważyć 30 g gleby do pojemników o pojemności 100  $cm^3$ ,
- do próbek dodać po 75 ml 1M KCL i wytrząsać na mieszadle przez 1 h i pozostawić na 24 godziny,
- przygotować dwa pojemniki z próbą zerową, j.w. bez gleby,
- odrzucając pierwsze krople przesączyć próbki do kolb stożkowych o poj. 150 ml,
- z każdego przesącza pobrać pipetą dwie jednakowe próbki o objętości 25 ml i przenieść do kolb stożkowych o pojemności 50 ml (z próbek zerowych po jednej), po czym wszystkie próbki podgrzać do perlenia,
- do próbek zerowych dodać 2-3 krople fenoloftaleiny i miareczkować na ciepło 0,01 molowym roztworem NaOH do lekko różowego zabarwienia („0”),
- do jednej z każdej pary próbek dodać 2-3 krople fenoloftaleiny i miareczkować j.w. (v1),
- do drugiej kolby (z każdej pary), po wystąpieniu perlenia dodać 3 ml 3,5% NaF i kontynuować gotowanie przez kolejne 3 minuty (co najmniej). Po zmętnieniu oznaczającym wytrącenie kriolitu, próbkę miareczkować na ciepło jak powyżej (v2).
- Obliczyć zawartość kwasowość wymienną i zawartość glinu wymiennego ze wzorów:

$$H_w = (v1 - „0”) \cdot m \cdot 10 \quad [cmol_{(+)} / kg = meq / 100 \text{ g gleby}]$$

$$Al^{3+} = (v1 - v2) \cdot m \cdot 10 \quad [cmol_{(+)} / kg]$$

gdzie:

$H_w$  – kwasowość wymienna,  $Al^{3+}$  – glin wymienny,

„0” – ml NaOH zużyte do zobojętnienia jonów  $H^+$  i  $Al^{3+}$  w próbce zerowej,

v1 – ml NaOH zużyte do zobojętnienia jonów  $H^+$  i  $Al^{3+}$  w próbce bez NaF,

v2 – ml NaOH zużyte do zobojętnienia jonów  $H^+$  po dodaniu NaF i strąceniu glinu,

m – stężenie molowe NaOH [mol/l],

10 – przelicznik na 100 g gleby; z 30 g gleby zalanych 75 ml roztworu soli, do miareczkowania pobierane jest 25 ml co odpowiada naważce x:

$$x [g] = \frac{25 \text{ ml} \cdot 30 \text{ g}}{75 \text{ ml}} = 8 [g], \text{ a dla przeliczenia na 100 g gleby } \frac{100 [g]}{10 [g]} = 10$$

#### Odczynniki:

- 1 M KCl: 74,55 g KCl (chlorku potasu) rozpuścić w 1000 ml wody dejonizowanej,
- 0,01M NaOH: 0,4 g NaOH wysuszonego w temp. 105°C rozpuścić w wodzie destylowanej i uzupełnić do kreski w kolbie miarowej 1000 ml,
- 3,5% NaF; 3,5 g NaF (fluorku sodu) rozpuścić w wodzie dejonizowanej i uzupełnić do kreski w kolbie 100 ml,
- 1% rozt. fenoloftaleiny: 1 g fenoloftaleiny rozpuścić w 100 ml alkoholu etylowego.

#### Sprzęt:

waga laboratoryjna, wytrząsarka (lub mieszadło rotacyjne), płyta grzejna, biureta, butelki lub pojemniki o pojemności 100-120 cm<sup>3</sup>, pipety: 50, 25 i 20 cm<sup>3</sup>, kolby stożkowe o pojemności 100 i 50 cm<sup>3</sup>, lejki i sączki (jakościowe średnie).

#### **Oznaczanie kwasowości wymiennej (H<sub>w</sub>) metodą Kappena (dla potrzeb określenia dawki odkwaszającej)**

1. Odważyć 40 g gleby i wsypać do butelki lub pojemnika 120-150 ml,
2. dodać 100 ml 1 M CH<sub>3</sub>COONa i wytrząsać na mieszadle przez jedną godzinę,
3. odrzucając pierwsze krople przesączyć do kolb stożkowych (Erlenmajera) - 150 ml,
4. pobrać pipetą 50 cm<sup>3</sup> przesącza i przenieść do kolby stożkowej 100-150 ml,
5. dodać 2-3 krople 1% fenoloftaleiny i miareczkować 0,01 molowym roztworem NaOH do lekko różowego zabarwienia utrzymującego się co najmniej przez 1 minutę.

$$H_w = v \cdot m \cdot 5 \cdot 1,5 \quad [\text{cmol H}^+/\text{kg}]$$

gdzie:

- v – objętość NaOH zużyta do zobojętnienia powstałego kwasu [ml],
- m – stężenie molowe NaOH [mol/l],
- 5 – przelicznik na 100 g gleby, gdyż 50 ml przesącza odpowiada naważce 20 g gleby,
- 1,5 – współczynnik Appena, poprawka na niepełne wyparcie jonów wodoru i glinu podczas jednorazowego traktowania gleby roztworem octanu amonu.

#### **Obliczanie odkwaszającej dawki CaO**

Dawkę tlenku wapnia potrzebną do neutralizacji odczynu, określa się na podstawie kwasowości hydrolitycznej wg Kappena:

$$\text{CaO (Mg / ha)} = \frac{H_h \times 0,028 \times 10 \times 3000}{1000} = 0,84 \times H_h$$

gdzie: (we wzorze powinno być H<sub>w</sub>)

H<sub>w</sub> – kwasowość wymienna [cmol H<sup>+</sup>/kg = me H/100g]

0,028 – masa miligramorównoważnika CaO, liczba gramów neutralizująca 1 me H<sup>+</sup> [g]

3000 – masa 20 cm warstwy gleby o gęstości 1,5 Mg/m<sup>3</sup>, na powierzchni 1ha [Mg]

1000 – przeliczenie z g CaO na kilogramy

10 – przeliczenie H<sub>h</sub> ze 100 g na 1 kg

Określenie dawki posiadanego nawozu wapniowego (lub wapniowo-magnezowego) wymaga przeliczenia zawartości węglanowych form wapnia lub magnezu oraz tlenku magnezu na ekwiwalentną zawartość wapnia tlenkowego według przeliczników wyznaczonych ze stosunku mgR CaO do mgR określonego składnika (tabela poniżej):

### Przeliczniki na ekwiwalentne zawartości wapna tlenkowego i węglanowego

Składnik	ekwiwalentna zawartość CaO	ekwiwalentna zawartość CaCO <sub>3</sub>
tlenek wapnia (CaO)	1,0	1,79
węglan wapnia (CaCO <sub>3</sub> )	0,56	1,0
węglan magnezu (MgCO <sub>3</sub> )	0,67	1,19
tlenek magnezu (MgO)	1,40	2,50

Obliczanie dawki odkwaszającej nawozu:

$$\text{Dawka nawozu (Mg / ha)} = \text{dawka CaO} \times \frac{100}{\text{ekwiwalent na zawartość CaO (\%)}}$$

#### Przykład

Oblicz dawkę odkwaszającą dolomitu zawierającego 33% CaCO<sub>3</sub> i 19% MgCO<sub>3</sub> dla gleby o kwasowości hydrolitycznej 2,5 [cmol H<sup>+</sup>/kg].

- ekwiwalentna zawartość CaO wynosi:  
=  $33 \times 0,56 + 19 \times 0,67 = 18,48 + 12,73 = 31,21\%$  CaO
- dawka czystego CaO:  
=  $2,5 \times 0,84 = 2,1$  Mg/ha
- dawka posiadanego dolomitu:  
=  $2,1 \times (100/31,21) = 6,73$  Mg/ha