

METODYKA BADAŃ ILOŚCIOWO-JAKOŚCIOWYCH CECH OPADU ORGANICZNEGO NA STACJACH GEOEKOLOGICZNYCH ŚWIĘTY KRZYŻ I GÓRA MALIK

Alojzy Kowalkowski

Kowalkowski A., 1994: *Metodyka badań ilościowo-jakościowych cech opadu organicznego na Stacjach Geoeologicznych Święty Krzyż i Góra Malik (Methodics of quantitative and qualitative investigation of features of litterfall in the Geoeological Stations Święty Krzyż and Góra Malik)*. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego nr 2, s. 47-52, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

Zarys treści: W badaniach nad geoeologicznymi podstawami funkcjonowania ekosystemów istotna rola przypada poznaniu obiegu opadu organicznego pod względem jakościowym i ilościowym. W niniejszej pracy o znaczeniu metodycznym, przedstawiono zarys stosowanych na Stacjach Geoeologicznych Święty Krzyż i Góra Malik metod pomiaru dynamiki opadu organicznego. Konieczność stosowania w tego rodzaju badaniach jednolitych metod pomiarów i zunifikowanego sprzętu technicznego spowodowała że w doborze postępowań i technik kierowano się zaleceniami i praktycznymi doświadczeniami działających Stacji Ekologicznych i systemów monitoringu w Europie.

Alojzy Kowalkowski, Zakład Geografii Gleb i Ochrony Przyrody, Instytut Geografii, Wyższa Szkoła Pedagogiczna, ul. M. Konopnickiej 21, 25-406 Kielce.

1. Wstęp

Istotnym elementem składowym badań nad obiegiem materii w ekosystemach leśnych, łąkowych i uprawnych jest opad masy organicznej stale lub okresowo wzbogacający glebę w materię organiczną. W licznych projektach badawczych dotyczących ekosystemów leśnych [Ulrich i wsp. 1971, Józefaciukowa 1975, Glatzel 1981, Berg i wsp. 1990, Rasmussen 1990, Kreutzer, Pröbstle 1991, Nilsson, Wikland 1993, Schimming, Stamm 1993] opad organiczny zbiera się różnymi nie ujednoczonymi metodami oraz analizuje się go według lokalnych koncepcji. Z przyczyn uwarunkowanych środowiskiem geograficznym w poszczególnych ekosystemach, np. trawistych, niezbędne są dostosowania metod zbierania opadu do panujących w nich warunków ekologicznych i klimatycznych [Wiegert, Ewans 1964, Breymeyer 1990].

Wiadomo, że opad masy organicznej i jego skład jakościowy i ilościowy wykazują zmienność uzależnioną od przestrzeni (strefowość, piętrowość), czasu (fenologiczne pory) i od warunków troficzności środowiska, a więc od warunków funkcjonowania ekosystemu w okresie wegetacyjnym [Fiedler, Nebe, Hoffman 1973, Breymeyer 1990]. Stąd metody badania dynamiki opadu powinny być dostosowane do jej przebiegu w czasie i szczególnie do warunków siedliskowo-drzewostanowych na stanowisku badawczym.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie założeń metodycznych zbierania i analizowania opadu organi-

cznego z poletek na stałych powierzchniach podokapowych Stacji Geoeologicznych Święty Krzyż i Góra Malik, znajdujących się pod wpływami emisji kwaśnej i alkalicznej [Kowalkowski 1993].

2. Metoda zbierania i pomiaru masy opadu organicznego

Pod opadem organicznym rozumiemy części nadziemne organów, organy, owoce i inne części roślin tworzących zbiorowisko, opadających w powietrzu na wysokości 70-80 cm do powierzchni gleby. Opad materii organicznych odbywa się ciągle, z różnicującym się fluktuacyjnie natężeniem w czasie, w określonej objętości powietrza atmosferycznego między górną granicą warstwy roślin a powierzchnią gleby na określonej powierzchni gleby, w zależności od przebiegu warunków atmosferycznych, rzeźby powierzchni ziemi oraz składu gatunkowego i struktury zbiorowiska roślinnego [Schimming, Stamm 1993, Glatzel 1983]. Największy opad występuje późną jesienią od października do grudnia [Hunger 1970, Prusinkiewicz 1975], oraz drugie mniejsze maksimum opadu pojawia się wiosną od marca do czerwca [Hunger 1970]. W lasach objętych monitoringiem na ogół nie uwzględnia się opadu niskich krzewów i roślinności dna lasu, chociaż produkują one znaczne ilości masy organicznej [Höhne 1962]. W zależności

od przebiegu warunków atmosferycznych oraz od rodzaju opadającego materiału w akumulującym się na powierzchni ziemi opadzie organicznym mogą znajdować się składniki miejscowego i pozamiejscowego pochodzenia.

Opad organiczny nie powinien mieć kontaktu z glebą, ze względu na natychmiastowe jego zasiedlenie przez organizmy glebowe powodujące rozdrobnienie mechaniczne i biochemiczne jego przemiany [Jenny 1980]. Świeży opad organiczny zakumulowany na powierzchni gleby zaliczany jest do ściółki w poziomie organicznym O1 i traktowany jako składnik gleby.

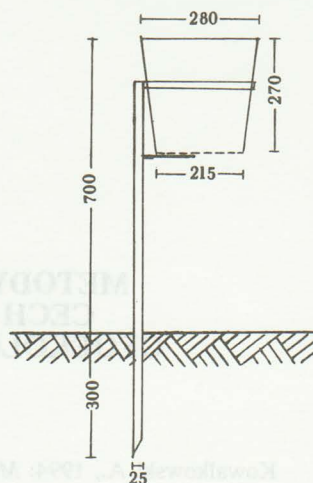
Pomiar masy opadu organicznego dokonywany jest poprzez ciągłe zbieranie do chwytników o znanej powierzchni chwytnej opadających frakcji resztek roślinnych w rytmie dwutygodniowym lub miesięcznym. Przez frakcje rozumie się skład botaniczny organów asymilacyjnych owoców oraz kory i gałęzi.

2.1. Metoda zbierania opadu

Do zbierania opadu organicznego w drzewostanach leśnych używa się, jak wspomniano różne chwytniki. Są to worki rozpięte lejkowato na okrągłych lub kwadratowych lakierowanych ramach metalowych na nogach, o powierzchni chwytnej 0,5-1,0 m², lub ostatnio polietylenowe lejki rozpięte na malowanym stalowym statywie o powierzchni chwytnej 0,25 m² [Schimming, Stamm 1993, Glatzel 1983]. Górne otwarte krawędzie chwytników znajdują się na wysokości 100 do 70-80 cm nad powierzchnią gleby, a dolna część zakończona drobną siatką polietylenową z otworami do odprowadzenia wód opadowych, na wysokości co najmniej 10 cm nad powierzchnią gleby. Polietylenowe chwytniki zostały wykorzystane po raz pierwszy w projekcie Solling [Ulrich, Ahrens, Ulrich 1971].

Na Stacjach Geoekologicznych Święty Krzyż i Góra Malik zastosowano zmodyfikowane chwytniki polietylenowe o kolorze białym, rozmieszczone na statywach metalowych pokrytych białym lakierem (rys. 1). Ich powierzchnia chwytna wynosi 56,8 cm², wysokość górnej krawędzi 70-80 cm, wysokość 27 cm. W dnach znajdujących się 40-50 cm nad powierzchnią gleby wykonano otwory o przekrojach 2 mm, służące do odprowadzania wód opadowych. Rozmieszczono je pod okapem drzewostanu grabowo-bukowego i bukowo-jodłowego wysokich do 27 m na Stacji Geoekologicznej Święty Krzyż oraz pod okapem wielopiętrowych drzewostanów grabowo-bukowego i bukowo-sosnowego na Stacji Góra Malik. Chwytniki każdorazowo w 15 powtórzeniach, rozmieszczone w 3 szeregach po 5 w odległościach 3x3 m zajmują powierzchnię 135 m². Suma ich powierzchni chwytnej wynosi 0,802 m². Próby opadu organicznego zbierane w tak rozmieszczonych chwytnikach, pochodzą z koron drzewostanu głównego, niższych pięter i podrostów. Są one reprezentatywne dla zmienności przestrzennej składu gatunkowego badanych drzewostanów.

Terminy pobierania prób opadu organicznego są w zasadzie jednomiesięczne w dniach od 28 do 31 każdego miesiąca. W okresach intensywnego opadania przyjęto 14 dniowe terminy zbioru prób. Pobrane do worków polietylenowych ponumerowanych identycznie jak chwytniki prób z metryczkami przewozi się natychmiast do laboratorium, gdzie poddawane są wstępnej analizie i opracowaniu. W zależności od przyjętej szczegółowości badań próby opadu organicznego mogą być zbierane oddzielnie z każdego chwytnika (w 15 powtórzeniach) lub łącznie z 15 chwytników jako średnia.



Rys. 1. Wymiary chwytników opadu organicznego
Fig. 1. Size of the litterfall collectors

2.2. Określenie składu botanicznego i masy opadu

Świeże próby waży się w całości na wadze samotarującej się z dokładnością do 0,01 g. Następnie dokonuje się oddzielenia poszczególnych frakcji organów według składu gatunkowego na szalkach Petriego, oddzielnie liście, igły, gałązki, korę, kwiatostany, owoce i inne części roślin, w których za pomocą ważenia określa się wagowo świeżą masę z dokładnością do 0,01 g (Mśwf w g). Po zważeniu szalki z materiałem roślinnym wstawia się do suszarki z termoregulacją i w temperaturze 65°C suszy je przez 3-4 godziny do uzyskania stałej wagi. Po ochłodzeniu do temperatury pokojowej wykonuje się ważenie suchej masy w 65°C z dokładnością do 0,01 g (Msf 65°C w g). Następnie oblicza się zawartość poszczególnych frakcji organów w świeżej masie Mśwf i w masie wysuszonej w temperaturze 65°C (Msf65°C) oraz oblicza się zawartość wody w świeżej masie (Wśw %) i zawartość wody w masie po wysuszeniu w 65°C (Ws 65°C %) według następujących wzorów:

$$M_{śwf} \% = \frac{b}{a} * 100$$

$$M_{sf65^{\circ}C} \% = \frac{e}{a} * 100$$

$$W_{św} \% = \frac{a-b}{a} * 100$$

$$W_{s65^{\circ}C} \% = \frac{a-d}{e} * 100$$

gdzie:

a = masa świeża całej próbki opadu organicznego w g,

b = masa świeża w frakcji opadu organicznego w g,

d = masa całej próbki opadu organicznego po wysuszeniu w 65°C w g,

e = masa frakcji opadu organicznego po wysuszeniu w 65°C w g.

Suma świeżej masy Mśwf równa się świeżej masie całej próbki Mśw %. Suma suchych mas frakcji Msf 65°C równa się suchej masie całej próbki wysuszonej w temp. 65°C.

2.3. Rozdrobnienie opadu organicznego

Do analizy składu chemicznego bardzo różnorodny materiał opadu organicznego powinien zostać shomogenizowany, aby otrzymać próbę w postaci drobnego pyłu o możliwie jednorodnej średnicy cząstek. Powietrznie suchy materiał roślinny podsusza się w suszarce w temperaturze 40-50°C przez 2-3 godziny, rozdrabnia nożycami (sekatorem) i następnie homogenizuje w młynku kulowym, agatowym lub w młynku laboratoryjnym.

Dobrze zmielony materiał roślinny powinien całkowicie przechodzić przez sito o średnicy oczek 0,05 mm. Tak przygotowany materiał, po oznaczeniu zawartości wody higroskopijnej (W_h %) przechowuje się w szczelnie zamkniętym słoiku z ciemnego szkła korkiem ze szlifem. Młynek lub pulweryzator po każdym mieleniu dokładnie oczyszcza się przy pomocy miękkiego pędzla lub szczoteczki.

2.4. Oznaczenie zawartości wody higroskopijnej i absolutnie suchej masy

Zmielony materiał opadu organicznego powietrznie suchy zawiera wodę higroskopijną adsorbowaną z powietrza, która może być wydalona w temperaturze 105°C. Jeśli zmielona próbka jest przechowywana w szczelnie zamkniętym słoju szklanym wówczas wystarczy jednorazowe oznaczenie (w 2 powtórzeniach) zawartości wody higroskopijnej. Poniżej przedstawiamy tok postępowania według kolejnych czynności analitycznych:

- czyste naczynko z wieczkiem, trwale zanumerowane, suszy się w temperaturze 105°C w suszarce z termoregulacją przez około 2 godziny po czym przenosi się je szcypcami do ekсыkatora i studzi w nim nad silikażelem do temperatury pokojowej przez około 30 minut i następnie waży na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g (czynność tę powtarza się do uzyskania stałej wagi),
- do tego naczynka dodaje się łyżeczką lub szpachelką plastikową 2-4 g dobrze wymieszanego materiału roślinnego (zmielonego), przykrywa wieczkiem i waży na wadze analitycznej z dokładnością do 0,0001 g,
- naczynko z materiałem roślinnym odkrywa się, pozostawiając wieczko oparte pionowo na jego górnej krawędzi, wstawia do suszarki i suszy w temperaturze 105°C przez 4-6 godzin,
- naczynko za pomocą szcypiec przykrywa się wieczkiem i przenosi do ekсыkatora, studzi do temperatury pokojowej przez około 30 min. i następnie waży na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g.

Zawartość wody higroskopijnej W_h i absolutnie suchą masę roślinną M_{as} oblicza się następująco:

$$W_h \% = \frac{(a-b) * 100}{a}$$

$$M_{as} \% = 100 - W_h \%$$

gdzie:

a = masa próbki opadu organicznego powietrznie suchego w g

b = masa próbki opadu organicznego wysuszonego w t 105°C w g.

3. Przygotowanie opadu organicznego do analizy składu chemicznego

W shomogenizowanym opadzie organicznym o znanej zawartości wody higroskopijnej wykonuje się oznaczenia zawartości składników mineralnych metodami chemicznymi. Cel ten można osiągnąć przez całkowite przeprowadzenie do rozтворu składników związanych w substancji organicznej. Proces mineralizacji powinien spełnić określone warunki, umożliwiające utworzenie związków rozpuszczalnych w rozтворze kwasu. Z kilku możliwości mineralizacji wybraliśmy metodę spalania na sucho, umożliwiającą określenie zawartości w materiale roślinnym części popielnych i następnie przeprowadzenie popiołu do rozтворu bez wydzielania lub z wydzielaniem krzemu. Do analizy potrzebnych jest co najmniej 5 g opadu organicznego. Odpowiednio łączy się próby sąsiadujących terminów do uzyskania wymaganej masy.

3.1. Mineralizacja opadu organicznego na sucho

Mineralizacja na sucho polega na spalaniu materiału roślinnego w stopniowo podwyższonej do 500°C temperaturze w piecu muflowym. Po wstępnym zwęgleniu w piecu muflowym w stosunkowo niskiej temperaturze 150-200°C praży się otrzymany popiół przy stopniowym podnoszeniu temperatury pieca do 300 i 500°C. Podwyższenie temperatury powyżej 500°C powoduje straty łatwo ulatniających się fosforu, potasu, siarki i innych składników. W postępowaniu analitycznym spalania na sucho wyróżnia się następujące kolejne czynności:

- wstępne wyprażenie trwale ponumerowanych parownic lub tygli porcelanowych lub kwarcowych w piecu muflowym w temperaturze 500°C przez 3-4 godziny,
- przeniesienie szcypcami tygli lub parownic po wyprażeniu do ekсыkatora w celu ostudzenia do temperatury pokojowej (wystarczy 1 godzina),
- zważenie ostudzonych tygli lub parownic na wadze analitycznej z dokładnością do 0,001 g,
- wsypanie do nich po około 2,0-5,0 g powietrznie suchego, shomogenizowanego materiału roślinnego i zważenie z dokładnością do 0,001 g,
- wstawienie tygli lub parownic zważonych z materiałem roślinnym do zimnego pieca muflowego z termoregulatorem,
- włączenie systemu grzejjego pieca muflowego i wstępne zwęglanie materiału roślinnego w stopniowo podnoszonej temperaturze 150-200°C do końca pojawiania się dymu przy lekko uchylonych drzwiczkach pieca muflowego w celu zapewnienia stałego dopływu powietrza,
- podniesienie temperatury do 300°C i druga faza spalania przy dostępie powietrza z zewnątrz przez około 2 godziny,
- końcowa faza spalania w podwyższonej do 500°C temperaturze przy zamkniętych drzwiczkach przez 3-4 godziny, do uzyskania popiołu o zabarwieniu szarobiałym lub szarym,
- wyłączenie systemu grzejjego pieca muflowego z pozostawieniem w nim tygli lub parownic do wstępnego ostudzenia do temperatury około 100°C i przeniesienie ich do ekсыkatora.

W przypadku niepełnego spalania materii organicznej do ostudzonego popiołu dodaje się, po zwilżeniu wodą destylowaną, 2 cm³ stężonego HNO₃, odparowuje na łaźni wodnej do sucha i następnie wypraża w t 500°C przez godzinę.

3.2. Ustalenie zawartości popiołu w opadzie organicznym

Tygiel lub parownicę ochłodzoną do temperatury pokojowej waży się na wadze analitycznej z dokładnością do 0,001 g i następnie oblicza się zawartość w procentach popiołu P w stosunku do absolutnie suchej masy roślinnej według następującego wzoru:

$$P_{asm} \% = \frac{a * 100}{b} - c$$

gdzie:

a = masa popiołu po spaleniu w g,

b = odważka powietrznie suchego materiału roślinnego w g,

c = procentowa zawartość wody higroskopijnej w powietrznie suchym materiale roślinnym.

3.3. Przeprowadzenie popiołu do roztworu bez oddzielenia krzemionki

W celu przeprowadzenia popiołu do roztworu stosuje się kwas solny lub kwas azotowy. Za Schimmingiem i Stammem [1993] do rozтворzenia popiołu stosujemy 65% HNO₃. Po przeprowadzeniu prób nad wpływem krzemionki na wyniki analizy stwierdziliśmy iż jest on minimalny. Dlatego przyjęto wymagający mniej czynności sposób – bez oddzielenia krzemionki.

Po ustaleniu zawartości popiołu tygiel lub parownicę z popiołem nakrywa się szkiełkiem zegarkowym i następnie zwilża popiół wodą redestylowaną z pipety (2-3 ml), pod lekko odchylonym szkiełkiem zegarkowym. Następnie w ten sam sposób dodaje się 5-10 ml 65% HNO₃ cz.d.a. i ustawia na gorącej łaźni wodnej na 15-20 minut, po czym roztwór przenosi się ilościowo do kolby miarowej o pojemności 50 ml przez twardy sącdek ilościowy na lejku zwilżony wodą redestylowaną. Do przemywania używa się gorącej zakwaszonej HNO₃ wody redestylowanej (roztwór 2% HNO₃). Roztwór w kolbie miarowej po ochłodzeniu uzupełnić wodą redestylowaną do kreski (dolny menisk) i kilkakrotnie dobrze wymieszać.

Istotne znaczenie dla dokładności oznaczeń, szczególnie pierwiastków śladowych, ma stosowanie w tej części prac przygotowawczych szczególnie czystego sprzętu oraz wody destylowanej potrójnie i specjalnie czystych odczynników.

4. Metody oznaczania składu chemicznego

Duże ilości prób uzyskiwane w monitoringu zmuszają do rezygnacji z klasycznych dotąd metod oznaczania składu chemicznego powietrza, wody, materiału glebowego i roślinnego i innych, z wprowadzeniem do stosowania szybkich i bardzo dokładnych analiz przy użyciu analizatorów CHN Heraeus, AAS Perkin Elmera, rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej, chromatografii jonowej, analizatora TECATOR, analizatory Carlo Erba NA 1500, Spektrometr masowy FINNIGAN MAT itp.

4.1. Oznaczenie pierwiastków ciężkich w roztworze

Z dostępnej nam aparatury zdecydowaliśmy się na wykonanie szybkich oznaczeń S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Br, Sr, Hg i Pb przy zastosowaniu analizy fluorescencyjnej i Instytucie Fizyki Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Kielcach. Opis tej metody zamieszczono w odrębnej publikacji [Braziewicz i wsp. 1994]. Do zalet tej metody należy wysoka czułość, możliwość jednoczesnego oznaczania pier-

wiastków o liczbie atomowej Z>12, duży zakres analizowanych stężeń, wysoka dokładność i powtarzalność, niski koszt analizy itp. Niedogodnością natomiast jest niemożliwość oznaczenia zawartości pierwiastków lekkich o liczbie atomowej Z<12.

Dokładnie wymieszany roztwór w kolbie, spreparowany wg danych w części 3.3. przygotowuje się do analizy przez podanie wodnego roztworu J(NO₃)₂ (Merck) jako standard wewnętrzny o koncentracji ~ 1ppm i dokładnie miesza zawartość kolbki ponownie. Następnie pipetą 5-10 µl roztworu nanosi się na podkładkę Synsil spektrometru rentgenowskiego fluorescencyjnego, suszy w eksykatorze próżniowym lub podczerwieni i następnie wzbudza wiązkę padającą metodą TRXRF [patrz Braziewicz i wsp. 1994]. Oprogramowany układ pomiarowy i analizator wielokanałowy dokonuje wydruku wyników jakościowej i ilościowej analizy otrzymanych widm rentgenowskich.

4.2. Oznaczenie azotu całkowitego metodą Kjeldahla

Metoda Kjeldahla opublikowana przed ponad wiekiem [Kjeldahl 1883] należy współcześnie do najczęściej używanych do określania zawartości azotu w różnych materiałach organicznych. Jej szeroka akceptacja została ukształtowana dzięki znakomitej powtarzalności wyników, pomimo skomplikowanej czasochłonnej przez długi czas technologii. Współcześnie istnieje wiele szybkich metod technicznych. Wśród nich znaczny rozgłos uzyskały systemowe analizatory Kjeltex z mineralizatorami Tecatora, gwarantujące szybkie, bezpieczne i oszczędne wykonanie całego procesu analitycznego. Według „Kjeldahl procedure” [1987] tok analizy składa się z dwóch podstawowych części – mineralizacji materiału organicznego oraz oznaczania zawartości N% lub Nml ml roztworu miareczkującego.

4.2.1. Mineralizacja materiału organicznego

Próbę shomogenizowanego opadu organicznego o znanej zawartości wody higroskopijnej i masie 0,2-1,0 g, w zależności od zawartości materii organicznej waży się na wadze analitycznej z dokładnością do 0,0001 g, wysypuje (wkłada) ostrożnie na dno czystej i suchej kolby mineralizacyjnej z numerem bieżącym. Następnie dodaje się tabletkę Kjeltab Cu/3,5 (3,5g K₂SO₄+0,4 g CuSO₄), 12 ml H₂SO₄ stęż. techn. bez N, ostrożnie kroplami 5 ml H₂O₂ 30-35% i ostrożnie miesza. Tak przygotowaną kolbę wstawia się do statywu, przykrywa przyrządem do wyciągu par i wstawia do pieca do spalania odpowiednio podgrzanego do temperatury 420°C. Przez pierwsze 3-5 minut spalania wyciąg musi działać maksymalnie. Następnie można szybkość przepływu powietrza wyciągu regulować odpowiednio do intensywności wydzielania się dymów. Spalanie na ogół kończy się po 45 minutach. Statyw z kolbami zdejmuje się wówczas z pieca i chłodzi przez około 30 minut, po czym dodaje się 25-75 ml (średnio ok. 50 ml) wody podwójnie destylowanej i miesza z pozostałością spalania.

4.2.2. Destylacja i określenie zawartości azotu

Po sprawdzeniu zabezpieczenia biurety w analizatorze Kjeltex i wyborze oprogramowania wstawia się kolbę z roztworem do mineralizacji do komory destylacyjnej i zamyka zasuwą bezpieczeństwa. Automatycznie następuje dodanie do kolby stężonego NaOH (35-40%) i włączenie procesu destyla-

cji i miareczkowania. W ciągu około 2 minut zostaje oddestylowany amonowy N do naczynka miareczkowego zawierającego roztwór 1% kwasu borowego z dodatkiem zieleni bromokrezolowej z czerwinią metylową (0,1+0,1 g w 100+100 ml etanolu) i zmiareczkowanie tego roztworu za pomocą 0,1 M HCl. Destylacja jest zakończona po zapaleniu się lampy „Cycle over”. Wynik odczytuje się z wskaźnika cyfrowego w %N lub w ml roztworu miareczkującego, w zależności od zaprogramowania. Do każdej serii oznaczeń wykonuje się jedno oznaczenie zerowe, którego wynik pozostaje w pamięci aparatu i automatycznie jest odejmowany od wyników poszczególnych prób.

4.3. Oznaczenie węgla organicznego

Do najdokładniejszych metod oznaczania C organicznego w materiale organicznym należy wagowe określenie CO₂ wydzielanego podczas suchego jego rozkładu, według klasycznej metody Rogersów [1848], dostosowanej do oznaczania próchnicy w glebie przez Knoppa w roku 1866. Metoda ta jest jednak czasochłonna i wymaga stosowania skomplikowanej aparatury [Arinuszka 1962, Terlikowski 1931]. Współcześnie istnieją zautomatyzowane analizatory CHN, jednak w warunkach naszego kraju są one mało stosowane do masowej analizy materii organicznej. Ze względu na możliwość użycia w tej analizie bardzo małych próbek od 0,10 do 0,15 g [Arinuszka 1962] i wysokiej powtarzalności wyników aparatura ta jest predysponowana do zastosowania w monitoringu.

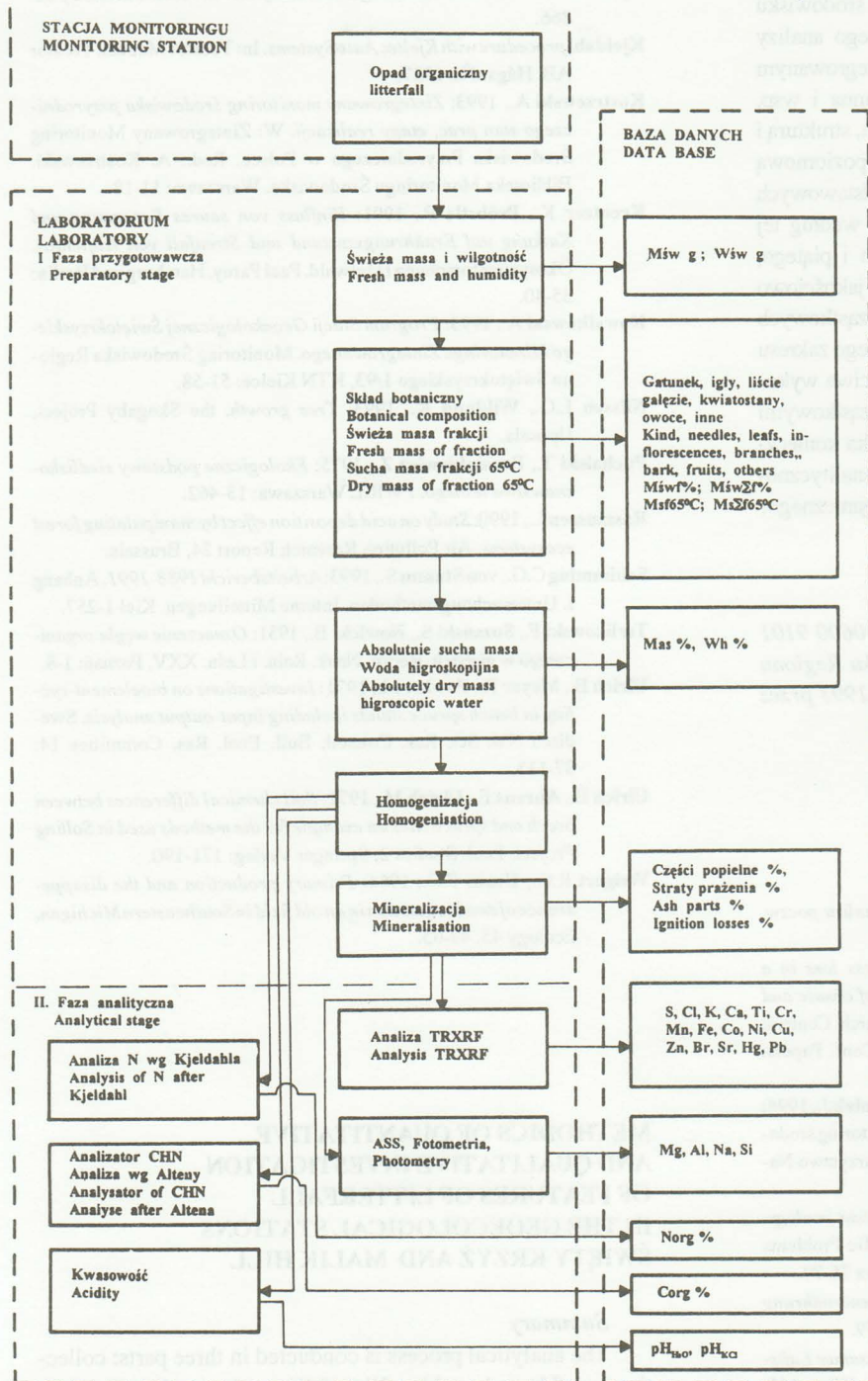
W naszych warunkach obecnie najbardziej przydatna, z punktu widzenia dokładności i prostoty toku analitycznego, a także możliwości seryjnych oznaczeń jest stosunkowo mało znana metoda Altena. Jest to typowa metoda objętościowa, w której zawartość C organicznego w badanym materiale oznacza się na podstawie ilości zużytego utleniacza podczas spalania próbki zawierającej materię organiczną.

Shomogenizowaną próbkę około 0,2 g opadu organicznego o znanej zawartości wody higroskopijnej odważa się na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g i przenosi na dno czystej i suchej kolby Stohmana o pojemności 250 cm³. Następnie z biurety dodaje się 25 ccm 2N K₂Cr₂O₇ i porcjami z cylindra miarowego łącznie 40 ccm H₂SO₄ stęż. Po dokładnym wymieszaniu kolbę ogrzewa się przez 3 godziny na gorącej łaźni wodnej, ostudza następnie, uzupełnia wodą destylowaną do kreski i dokładnie miesza. Z otrzymanego roztworu pipetą pobiera się 25 ccm do suchej zlewki o pojemności 200 ccm, dodaje 2-3 krople roztworu kwasu N-fenylolantranilowego i miareczkuje roztworem 0,1 N soli Mohra. Po zmianie zabarwienia od ciemnowiśniowobrunatnego do ciemnozielonego miareczkowanie jest zakończone. W każdej serii próbek wykonuje się jedno lub dwa oznaczenia zerowe z wyprażonym piaskiem. Procentową zawartość węgla organicznego C_{org}% oblicza się następująco:

$$C_{org} \% = \frac{(a-b) * n * 3}{c}$$

gdzie:

- a = roztwór soli Mohra użyty do miareczkowania próby zerowej w ccm,
- b = roztwór soli Mohra użyty do miareczkowania próby opadu organicznego w ccm,
- c = odważka opadu organicznego w g,
- n = normalność soli Mohra,
- 3 = współczynnik przeliczeniowy.



Rys. 2. Proces pozyskania i analizy opadu organicznego
Fig. 2. Sampling and analytical process of the litterfall

5. Podsumowanie

Proces pozyskania i analizy opadu organicznego na Stacji Geoekologicznej Święty Krzyż składa się z 3 części: zbierania na terenie Stacji, laboratoryjnego przygotowania do analizy i pomiarów oraz gromadzenia zebranych wyników w bazie danych (rys. 2). Poszczególne prace powinny być zunifikowane w zakresie monitoringu krajowego i dostosowane do wymogów międzynarodowych. W zasadzie technika pomiarów i analiz powinna odpowiadać wymogom atestacji i interkalibracji [Kostrzewski 1993].

Opad organiczny powstaje w procesie częściowym wymiany materii i energii między drzewostanem i glebą w środowisku powietrza atmosferycznego. Uzyskany w trakcie jego analizy zbiór danych jest także zbiorem częściowym w zintegrowanym systemie badań ekosystemowych. Według Hörmanna i wsp. [1992] w sformalizowanych badaniach nad rozwojem, strukturą i dynamiką ekosystemów należy posługiwać się pięciopoziomą hierarchią hipotez roboczych wyprowadzoną z podstawowych teorii ekologicznych. Badania opadu organicznego według tej teorii są częściami poziomów trzeciego, czwartego i piątego, badających gospodarkę substancji organicznej i wody jakościowo i ilościowo w ich dynamice czasowej. Wyniki tych cząstkowych badań mają być wypełnieniem dowodowym określonego zakresu hipotez roboczych [Kowalkowski 1993], a ich właściwe wykorzystanie jest możliwe w łączności z badaniami cząstkowymi dynamiki innych elementów ekosystemu. Stąd wynika konieczność sprecyzowania komplementarnego systemu analityczno-dokumentacyjnego i zakresu dowodowego opadu organicznego.

Podziękowanie

Praca powstała dzięki podjęciu projektu nr 6 0600 9101 pt. „Ewolucja i współczesne procesy w środowisku Regionu Świętokrzyskiego” finansowanego w latach 1991-1993 przez Komitet Badań Naukowych.

6. Literatura

- Arinuszka E.E., 1962: Rukowodstvo po chimicheskomu analizu poczw. Izd. Moskowskovo Uniwersiteta, Moskwa: 5-489.
- Berg B., Jansson P.E., McLaugherty Ch., 1990: Litter mass loss in a climatic transect in North-Western Europe-effects of climate and substrate quality. Global Change Regional Research Centres: Scientific Problems and Concept Developments. Conf. Papers. Warszawa 49-74.
- Braziewicz J., Braziewicz E., Chojnacki S., Pajek M., Semaniak J., 1994: Analiza rengenowksa próbek środowiskowych. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego 2. Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.
- Breymeyer A., 1990: Search fo RRCs Program in ecosystem ecology. Global Change Regional Research Centres: Scientific Problems and Concept Developments. Conf. Papers. Warszawa 75-79.
- Fiedler H.J., Nebe W., Hoffmann F., 1973: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung, VEB Gustav Fischer Verl. Jena: 7-479.
- Glatzel G., 1983: Die Messung der Deposition Langzeitwirksamer Luftschadstoffe in Wäldern. Österreichischer Forstverein, Wien: 165.
- Höhne H., 1962: Vergleichende Untersuchungen über Mineralstoff- und Stickstoffgehalt sowie Trockensubstanzproduktion von Waldbodenpflanzen. Arch. Forstwesen 11: 1085-1141.

- Hörmann G., Irmeler U., Müller F., Piotrowski J., Pöpperl R., Reiche E.W., Schernewski G., Schimming C.G., Schrautzer J., Windhorst W., 1992: Ökosystemforschung im Bereich der Bornhöveder Seenkette. Arbeitsbericht 1988-91. Ecosys Bd. 1: 1-338.
- Hunger W., 1970: Über den Ernährungszustand älterer Fichtenreinbestände auf Pseudogley-standorten in Jahren mit stark unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen. Arch. Forstwesen 19: 937-961.
- Jenny H., 1980: The soil resource, Origin and Behaviour. Ecological Studies 37, Springer Verlag, New York, Heidelberg, Berlin.
- Józefaciukowa W., 1975: Variation of the fall rate of plant debris from trees in the association Vaccinio-Myrtilli-Pinetum typicum (Kobenzka 1930) Br.-Bl. at Vlieger 1939 in the Kampinos National Park. Ekol. Pol. 23: 93-101.
- Kjeldahl I., 1884: Med. Carlsberg Laboratory 2.1: Z. Anal. Chemistry 22: 366.
- Kjeldahl procedure with Kjeltac Auto Systems. In: Tecator Manual. Tecator AB. HínganNs. 1987.
- Kostrzewski A., 1993: Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego stan prac, etapy realizacji. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego w Polsce. Red.: A. Kostrzewski. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa: 11-18.
- Kreutzer K., Pröbstle P., 1991: Einfluss von saures Beregnung und Kalkung auf Ernährungszustand und Streufall von Altfichten. Ökosystemforschung Höglwald. Paul Parey, Hamburg und Berlin: 35-40.
- Kowalkowski A., 1993: Program Stacji Geoekologicznej Świętokrzyskiego Monitoringu Zintegrowanego. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego 1/93, KTN Kielce: 51-58.
- Nilsson L.O., Wiklund K., 1993: Tree growth, the Skogaby Project, Uppsala.
- Puchalski T., Prusinkiewicz Z., 1975: Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego. PWRiL Warszawa: 13-462.
- Rasmussen L., 1990: Study on acid deposition effect by manipulating forest ecosystems. Air Pollution Research Report 24, Brussels.
- Schimming C.G., von Stamm S., 1993: Arbeitsbericht 1988-1991. Anhang I. Untersuchungsmethoden. Interne Mitteilungen. Kiel 1-257.
- Terlikowski F., Sozański S., Nowicki B., 1931: Oznaczenie węgla organicznego w glebach. Roczn. Nauk. Roln. i Leśn. XXV, Poznań: 1-8.
- Ulrich B., Meyer R., Pawlov M., 1971: Investigations on bioelement-cycling in beach spruce stands including input-output analysis. Swedish Nat. Sci. Res. Council, Bull. Ecol. Res. Committee 14: 87-113.
- Ulrich B., Ahrens E., Ulrich M., 1971: Soil chemical differences between beech and spruce sites an example for the methods used in Solling Project. Ecol. Studies 2, Springer Verlag: 171-190.
- Weigert R.G., Evans F.C., 1964: Primary production and the disappearance of dead vegetation in an old field in Southeastern Michigan. Ecology 45: 49-63.

METHODICS OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INVESTIGATION OF FEATURES OF LITTERFALL IN THE GEOECOLOGICAL STATIONS ŚWIĘTY KRZYŻ AND MALIK HILL

Summary

The analytical process is conducted in three parts: collecting monthly and weekly of litterfall samples on the area of the geoecological stations, laboratory preparing and analysing and collecting the datas in the data base. The litterfall sampling and laboratory analyses methods used are described.