

METODA BADANIA WPŁYWU WÓD OPADOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB LEŚNYCH

Alojzy Kowalkowski, Marek Józwiak, Rafał Kozłowski

Kowalkowski A., Józwiak M., Kozłowski R., 2002: Metoda badania wpływu wód opadowych na właściwości gleb leśnych (*Investigation method of the rain water influence on forest soil properties*), Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, nr 3, s. 45–51, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

Zarys treści: Wody opadowe spływające po pniach drzew i wody opadu podkoronowego wpływają różnicująco na pH gleb i inne łatwo zmienne właściwości. Szczególnie wokół pni drzew w glebach kształtują się nowe chemiczne właściwości, tworzące koncentrycznie wokół drzew „gradienty” zmieniające się z odległością od pni drzew na określonym areale leśnym. Wiadomo np., że wartości pH w powierzchniowych poziomach glebowych wykazują najmniejsze zróżnicowanie przy pniach drzew, pod koronami drzew wielokrotnie większe i największe w lukach między koronami drzew. Poznanie mikromozaikowości właściwości gleb umożliwia metoda badania ścieżek przepływów substancji z wodami opadowymi przez drzewostan leśny do gleby na podstawie 5-15 równoległych powtórzeń na układzie 4 linii pomiarowych z punktem przecięcia – pień drzewa pomiarowego. Dane w ten sposób uzyskane są wystarczającą podstawą kartograficznego przedstawienia wyników pomiarów i ich ekologicznej interpretacji. Niezbędnym warunkiem jest wybór grupy drzew charakterystycznych dla określonych warunków wilgotnościowych danego siedliska oraz znajomość budowy korony, kory i systemów korzeniowych tych drzew.

Alojzy Kowalkowski, Stacja Monitoringu Akademii Świętokrzyskiej, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce
Marek Józwiak, Rafał Kozłowski, Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska Instytutu Geografii Akademii Świętokrzyskiej, Stacja Monitoringu Akademii Świętokrzyskiej, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce.

1. Wprowadzenie

Liczne badania stacjonarne dotyczące dynamiki substancji w ekosystemach leśnych m.in. Rehfuess (1990), Herwitz (1993), Otto (1994), Ulrich (1987, 1989), Raspe i in. (1998), Neumeister i wsp. (1995), Haase i wsp. (2000) stwierdzają istnienie między składem chemicznym opadów na przestrzeni wolnej i w drzewostanie leśnym znaczących różnic ilościowych i jakościowych. Przy znacznie mniejszej ilości opadu do powierzchni gleby ekosystemu leśnego wnoszone są nieraz wielokrotnie większe ilości składników mineralnych i organicznych, szczególnie kwasowych i kwasotwórczych, wymywanych z koron i z kory drzew niż w otoczeniu drzewa.

W zależności od rodzaju drzewa, np. sosny o koronie parasolowatej lub stożkowatej, u buka – lejkowatej lub walcowatej, u świerka i jodły – stożkowatej lub parasolowatej i u graba – kulistej, opad podkoronowy i spływ po pniach są znacząco ilościowo i jakościowo różne. Na podstawie badań Mitscherlicha (1975) wskazuje Otto (1994), iż przy opadzie 35 mm po pniu buka o pierśnicy 50 cm podczas tego opadu spłynęło 400 l wody odpowiadających 670 mm opadu, gdy w odległości zaledwie 1 metra pod koroną tego drzewa zmierzono podkoronowy opad wynoszący 25 mm. W drzewostanach bukowych znajdujących

się pod wpływem emisji przemysłowych wokół pni drzew stwierdzono brak roślin runa leśnego i silne zakwaszenie gleb. Szczególnie kwaśne deszcze o $\text{pH} < 4,5$ powodują powstawanie bardzo kwaśnego spływu po pniach drzew o niskich wartościach pH, wzbogaconego w wysokie stężenia SO_4^{2-} i DOC (Neumeister i wsp. 1997), Draaiers i wsp. (1997), Haase i wsp. (2000), Kowalkowski, Józwiak (2000), Kozłowski (2001), Kruszyk (2001).

Szybkość i wielkość spływu po pniach drzew zależy od gładkości-szorstkości kory, co istotnie wpływa także na wielkość stężenia w roztworze mineralnych i chemicznych składników (Nie Daoping i wsp. 1993). W warunkach rosnącego bezpośredniego do gleby dopływu z pni drzew przez rozgałęziające się korzenie silnie kwaśnych roztworów miejsce kationów Ca^{2+} , Mg^{2+} i K^+ zajmują w rosnących stężeniach kationy Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} i H^+ , co powoduje zmiany glebowych stosunków $\text{Ca}+\text{Mg}+\text{K}:\text{Al}$ (Sverdrup, Warfvinge 1995). W najbliższym otoczeniu pni drzew, zależnie od systemu korzeniowego, w glebach kształtują się nowe chemiczne warunki środowiska dla korzeni wszystkich roślin. Wskaźnikiem tego jest koncentryczne zróżnicowanie wokół drzew wartości pH, tworzących „gradienty” w zależności od odległości od pnia (Haase, Neumeister 1999). Na niewielkich odległościach zasięgi przestrzennej zmienności wartości pH w górnych poziomach

glebowych są wyraźnie uporządkowane (Neumeister i wsp. 1997).

Wiadomo, że skład i stężenie jonowe na powierzchni korzeni są kontrolowane przez mechanizmy adsorpcyjne podobne do wymiany jonowej między Al^{3+} i H^+ a kationami zasadowymi (Ulrich i wsp. 1984, Sverdrup i wsp. 1990, 1993, 1995, Warfvinge i Sverdrup 1992). Pobranie Ca, Mg i K przez korzenie jest proporcjonalne do adekwatnych ilości tych składników na aktywnych powierzchniach korzeni. W przypadku dominacji jonów Al^{3+} i H^+ występują zakłócenia wzrostu i obumieranie korzeni (Godbold 1994, Cronan, Grigal 1995, Matzner, Murach 1995, Marschner 1995, Hahn, Marschner 1998). Dlatego poznanie oddziaływania spływu po pniach drzew leśnych i opadu podkoronowego na środowisko glebowe staje się ważnym elementem wiedzy o funkcjonowaniu i zagospodarowaniu ekosystemów leśnych.

2. Metodologiczne założenia rozpatrywania tendencji do zakwaszenia gleb leśnych

W przeszłości jedynie badania specjalistyczne zajmowały się przestrzennym zróżnicowaniem pH w glebach na małych arealach. Badania monitoringowe dowiodły jednak, że w lasach istnieje potrzeba sformułowania modeli przestrzennych mozaik pH w glebach, w zależności od stanu zadrzewienia, składu gatunkowego i wieku lasu, a także od położenia kompleksu leśnego w jednostce morfogenetycznej powierzchni ziemi.

W opracowaniu naszym zostaną przedstawione założenia metodologiczne realizacji pomiarów wartości pH, a także innych łatwo zmiennych cech glebowych w celu ustalenia, adekwatnie do istniejących dla danego drzewostanu, specyficznych „ścieżek” dopływu wód opadowych i substancji zakwaszających, od których zależy przestrzenne rozmieszczenie mozaik wartości pH i innych cech w profilach gleb, między innymi gleb rdzawych brunatnych i rdzawych bielcowych na przykładzie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Badania testowe wykonane przez Meiwsa (1984), Otta (1994), Neumeistera i wsp. (1997), Haase (1999) oraz Haase i wsp. (1998) wykazały, że wokoło dużych drzew w lasach łągowych koło Lipska do ponad 1,5 m odległości wartości

pH koncentrycznie wzrastają od pH <4,0 do pH 5,5 – 6,1. W przypadkach niewielkich drzew zjawisko to występuje jedynie w bezpośrednim kontakcie z pniem, lub nie występuje, zależnie od efektywności „wyczesywania” wód opadowych z powietrza przez korony i pnie drzew oraz możliwości ich odprowadzania przez konary do pni. Metodycznym problemem jest tu określenie ścieżek strumieni wód opadowych po pniach i następnie przez systemy korzeniowe, a także przez korony drzew bezpośrednio do powierzchniowych i podpowierzchniowych poziomów glebowych (ryc. 1).

Następczym problemem jest zasięg i siła pionowego i poziomego oddziaływania tych opadów na właściwości gleb, zależne od wielu cech materiału glebowego, przede wszystkim od jego uziarnienia i morfogenezy.

Wiadomo, że wartości pH w powierzchniowych poziomach glebowych wykazują najmniejsze rozrzuty bezpośrednio przy pniach drzew dużych. W miarę oddalania pod koronami drzew rozrzut wartości pH znacznie wielokrotnie rośnie i jest największy na zaopatrywanych w opady bezpośrednio z powietrza atmosferycznego arealach leżących między koronami sąsiadujących drzew (ryc. 2).

Na tempo i kierunki przebiegu procesów glebotwórczych przy pniach drzew i wokoło nich, pod koronami i w lukach między drzewami bezpośredni wpływ mają ilościowo i jakościowo zróżnicowane depozycje suche (gazy, cząsteczki), depozycje wilgotne (kropelki mgły i chmur) i depozycje mokre (opady). Ich wody dostające się do powierzchni gleby po pniach i przenikające przez korony drzew unoszą z nich znaczące ilości znajdujących się w roztworze lub w zawiesinie organicznych i mineralnych substancji. Przykładem jest przekrojowo – głębokościowy profil składu chemicznego wód opadu bezpośredniego, opadu podokapowego i spływu po pniach drzew w drzewostanach jodłowo – bukowym i bukowym oraz wód lizymetrycznych z gleb na głębokościach 15, 30, 60, 90 i 120 cm w Świętokrzyskim Parku Narodowym (ryc. 3, 4).

Wody opadu bezpośredniego, 4 m nad dachem koron drzewostanu o określonym składzie chemicznym na wejściu do ekosystemu leśnego, są zubożane przez adsorpcję i/lub wzbogacane w wymianie jonowej w zasadowe i kwasowe kationy oraz w aniony silnych kwasów przy

Badany element Investigated element	Opad bezpośredni średnio ($mg \cdot dm^{-3}$) Bulk precipitation mean ($mg \cdot dm^{-3}$)			Wielokrotność opadu podokapowego Multiplicity of the throughfall						Wielokrotność spływu po pniach drzew Multiplicity of stemflow					
	1994 – 1995	2000	2001	buk beech			jodła + buk fir + beech			buk beech			jodła fir		
				1994 – 1995	2000	2001	1994 – 1995	2000	2001	1994 – 1995	2000	2001	1994 – 1995	2000	2001
Ca ⁺	3,34	2,95	3,15	2,17	2,28	0,69	3,47	5,21	2,04	2,34	3,57	1,74	6,55	11,36	10,62
Mg ²⁺	0,72	1,98	2,91	2,51	2,24	0,85	2,65	2,68	1,35	2,44	2,33	1,28	4,19	4,76	2,28
K ⁺	0,74	0,64	0,48	14,54	36,93	7,64	14,32	34,08	16,36	16,64	39,41	25,75	19,23	45,09	56,15
Na ⁺	0,56	0,68	0,92	1,85	2,22	0,98	3,14	5,71	1,78	1,39	3,95	1,93	7,07	8,92	6,31
Al ³⁺	.	0,118	0,027	.	0,99	1,36	.	4,03	8,24	.	2,53	7,42	.	7,84	35,10
Fe ³⁺	0,123	0,126	0,075	9,90	2,09	0,46	4,70	1,46	1,90	1,70	0,97	3,82	1,40	2,91	14,38
Mn ²⁺	0,041	0,118	0,083	16,00	4,23	1,93	26,00	9,02	5,54	17,00	5,94	5,88	42,00	15,89	23,40
H ⁺	0,045	0,033	0,027	0,91	1,99	1,30	1,62	3,50	6,48	2,36	8,28	11,54	12,76	10,80	33,06
NH ₄ ⁺	0,990	2,011	1,090	3,92	2,98	2,64	7,11	2,94	3,32	6,95	4,94	4,30	8,58	5,30	11,64
NO ₃ ⁻	0,630	3,007	1,24	2,14	4,43	1,55	4,24	3,66	2,65	6,43	2,74	3,79	11,92	4,24	9,71
SO ₄ ²⁻	11,62	10,78	2,94	1,56	3,05	1,16	2,77	4,51	3,01	2,82	5,57	3,33	7,00	10,32	13,67
Cl ⁻	2,09	3,55	1,58	2,34	5,21	1,51	4,32	6,99	3,64	2,40	5,85	4,74	4,00	8,73	16,69
PO ₄ ³⁻	0,11	0,02	0,03	1,10	12,07	5,74	1,20	14,70	5,00	1,10	16,04	7,01	3,40	21,40	17,27

Tab. 1. Zmiany ilościowe składu chemicznego wód opadowych w odniesieniu do opadu bezpośredniego (= 1) w latach 1994 – 1995 oraz 2000 i 2001 docierających do powierzchni gleby na Stacji Monitoringu Święty Krzyż

Tab.1. Quantitative changes of chemical composition of rainfall in relation to the bulk precipitation (= 1) in years 1994-1995 and 2000-2001 permeating to soil surface on the Monitoring Station Święty Krzyż

przemywaniu koron oraz powierzchni kory. Krotność zmian składu kationowego i anionowego dochodząca maksymalnie do 45 – 56x spowodowaną spływami i przepływami wód opadowych w przestrzeni nadziemnej części lasu ilustrują zestawienia z lat 1994 – 1995 oraz 2000 i 2001 w tab. 1.

W kształtowaniu składu chemicznego opadu podokapowego i spływu po pniach drzew znaczący wpływ mają także pyły wywiewane z gleb i pochodzące z emisji przemysłowych, osadzone na powierzchniach nadziemnych organów roślin (Kowalkowski i wsp. 1990, Ulrich i wsp. 1979, Kowalkowski, Jóźwiak 2000). W glebach wody te w postaci roztworów glebowych, okresowo będących stokowymi wodami tranzytowymi, uzyskują nową jakość. W zasięgu systemów korzeniowych są na ogół zubożane w makro- i mikroskładniki pobierane przez korzenie roślin, poniżej głębokości 60 cm z kolei następuje ich wzbogacanie przez elementy pochodzące z wietrzenia minerałów (ryc. 4).

Znacznie wzbogacone w SO_4 roztwory glebowe o rosnących z głębokością stężeniach tego składnika, przy wartościach pH 3,22 – 4,35 (tab. 2), w zakresie buforowości Al oraz Al-Fe charakteryzują się rosnącymi z głębokością pozytywnymi wskaźnikami pojemności zobojętniania kwasów (ANC_{aq}).

Tab. 2. Zakresy wartości pH oraz średnio roczne wartości wskaźnika pojemności zobojętniania kwasów w wodach lizymetrycznych na Stacji Monitoringu Święty Krzyż w roku 2001 (n=12)

Tab.2. Value range of pH and mean yearly values of the acidity neutralizing capacity in lismetric waters on the Monitoring Station Święty Krzyż in 2001 (n=12)

Głębokość w cm Depth in cm	Zakres wartości pH Ranges of pH – value	Wartość ANC_{aq} $\text{ANC}_{\text{aq}} - \text{value}$
15	3,22 – 3,78	290,02
30	3,39 – 4,00	456,68
60	3,25 – 4,07	459,94
90	3,28 – 4,35	552,82
120	3,63 – 4,09	505,91

W kształtowaniu tej nowej jakości roztworów glebowych istotną rolę odegrały wprowadzone z nadziemnej części lasu, pochodzące z niej kwasowe kationy, aniony i substancje organiczne, a także zakumulowane w glebie związki siarki. W istniejącym już obecnie zakresie buforowości, często z rosnącymi w roztworze glebowym stężeniami SO_4 wzrastają także wartości pH, co również stwierdzają Kram i Hruska (1999) oraz Lorz (1999) na terenach znajdujących się w zasięgach intensywnej emisji SO_4 .

3. Przestrzenna determinacja przepływów substancji przez drzewostan leśny

W rozwijającym się drzewostanie leśnym z czasem powstaje silna przestrzenna determinacja przepływów substancji wywodzących się z atmosferycznej ścieżki wejścia. Na niej istotne ekologiczne znaczenie ma odprowadzanie opadów przez drzewa i ich rodzaje w areacji przestrzennej. Rozmieszczenie drzew w dowolnej przestrzeni siedliska leśnego, ich rodzajów, z ich wiekiem, z ich przekrojami i rzutami koron na powierzchnię gleby tworzą określony przestrzenny naturalny porządek lokalizacyjny. Poznanie przestrzennych wzorów rozmieszczenia jest podstawą pogłębianych badań dynamiki kwasów w lesie i warunków wzrostu lasu.

Punktem ciężkości metody badań staje się tu ścieżka wejścia do warstwy drzew i możliwości rozprzestrzeniania się w przypowierzchniowych poziomach glebowych, np. do głębokości 60 cm pochodzących z wejścia substancji powodujących powstawanie określonych stanów kwasowości i innych stanów gleb w danej części ich profilu.

W stosowanych dotąd metodach poznawania mozaik glebowych podstawą badań był profil glebowy zlokalizowany między drzewami, rozpatrywany z punktu widzenia typologii, biologii, geologii itp. W przedstawionej nowej metodzie badań przepływów substancji przez drzewostan leśny do gleby punktami centralnymi są duże drzewa, będące składnikami ekosystemu leśnego, wyczesujące z objętej nimi przestrzeni powietrza opady i inne dochodzące do niej alochtoniczne substancje i wprowadzające je do obiegu w pedonie. U podstaw metody znajdują się sprawdzone przez Neumeistera i wsp. (1997) oraz Haase i Neumeistera (1999) następujące założenia metodyczne realizacji pomiarów:

- wokoło dużych drzew dokładnie kartograficznie zlokalizowanych zakłada się w 8 kierunkach świata liniową sieć pomiarową (ryc. 5); w zależności od założonego celu badań i gęstości drzewostanu odległości punktów pomiarów na tej sieci od pnia drzewa wynoszą w centymetrach – 10, 30, 50, 100; przy dłuższych liniach wystarczają kolejne punkty co 100 cm;
- statystycznie pewne wartości pomiarowe zapewnia 5 do 15 równoległych pomiarów. Zazwyczaj jest to układ 4 linii pomiarowych, których wspólnym punktem przecięcia jest pień drzewa pomiarowego z liczbą powtórzeń wynoszącą 8;
- w ten sposób ściśle zlokalizowane dane są wystarczającą bazą kartograficznego przedstawienia wyników pomiarów (ryc. 6) za pomocą sieci izolinii tych samych wartości pH lub innych danych, odwzorujących w określonych szczegółowych skalach przestrzenne i czasowe zróżnicowanie badanych łatwo zmiennych cech lub właściwości glebowych.

Pomiary pH lub innych łatwo zmiennych właściwości gleb powinny być wykonywane in situ, przy użyciu odpowiedniego pH-metru lub innych urządzeń pomiarowych, w warunkach wilgotności gleby wynoszącej około 50% użytecznej pojemności wodnej.

Badania porównawcze wykonane przez Neumeistera i wsp. (1997) wykazały, że wartości terenowego bezpośredniego pomiaru pH in situ w przybliżeniu odpowiadały wynikom pomiaru pH w zawiesinie CaCl_2 . Uwagę zwracają bardzo zróżnicowane zakresy skrajnych wartości pH w glebach, od niewielkich w zakresie jednego pH do znacznych w zakresie kilku pH, w zależności od materiału macierzystego gleb, budowy poziomej, wielkości i rozkładu wód opadowych. Także wiek, rodzaj drzewa oraz budowa korony i systemu korzeniowego drzewa, warunkują intensywność i zasięg przestrzenny procesów przemian w glebach. Jak już wcześniej przedstawiono przedmiotem pomiaru może być poziom glebowy lub jego część, albo też materiał glebowy na wybranej głębokości od powierzchni ziemi. Z założonego sposobu postępowania wynika, że głównym elementem metody postępowania są duże drzewa w asocjacjach, ekspozycja na podstawie linii pomiarowych usytuowanych na kierunkach świata oraz odległości punktów na liniach pomiarowych od drzew.

4. Przestrzeń ukorzenia i rozwój korzeni

Gleby umożliwiają roślinom umocowanie ich korzeni i stwarzają możliwość pobierania wody oraz składników odżywczych. Głębokość przerośnięcia gleby korzeniami może być rozpatrywana jako funkcja zasobów wody i składników odżywczych z ich dostępnością przy odpowiednio funkcjonującej wymianie gazowej. Wzrost korzeni istotnie zależy od budowy systemu pór i niekorzystnych fizycznych właściwości gleb. W ten sposób powstają z różnymi glebami zasocjowane obrazy rozmieszczenia korzeni, z których można wnioskować o warunkach siedliskowych.

Z różnicy między powierzchnią ziemi i efektywną głębokością przerośnięcia gleby korzeniami określa się *efektywność przestrzeni korzeniowej* (Ronger i wsp. 1974), która jest cechą ekologiczną, charakterystyczną i wyróżniającą ekologiczne grupy typów i podtypów gleb o podobnych warunkach ekologicznych (Schleuss 1992). Prócz gospodarki wodnej określającej efektywną głębokość przerośnięcia korzeniami, potencjalny zasięg głębokości korzeni określa fizjologiczną głębokość determinowaną przez miąższość warstwy materiału luźnego nad warstwami związłymi (Blume 1987, Schleuss 1992, Fiedler 2001). Na obszarze projektu Bornhöveder Seenkette Schleuss (1992) wyróżnia pięć grup fizjologicznych w pedotopie:

- bardzo płytkie < 2 dm,
- płytkie 2 – 4 dm,
- średnio płytkie 4 – 8 dm,
- głębokie 8 – 13 dm,
- bardzo głębokie > 13 dm.

Bardziej szczegółowy podział siedlisk leśnych na podstawie stopnia uwilgotnienia stosują Kopp i Schwanecke (1994) – proponowany także z modyfikacjami w II wydaniu Zasad kartowania siedlisk leśnych (2002). U podstaw tego podziału znajduje się orientacyjny poziom wiosennego występowania wód gruntowych oraz wód opadowych stagnujących na utworach trudnoprzepuszczalnych i wód stokowych:

Wilgotność siedliska <i>Site humidity</i>	Stopień wilgotności <i>Humidity degree</i>	Orientacyjny poziom w dm wiosennego występowania wody <i>Indicator water level in dm in spring</i>	
		gruntowej od-do <i>ground from-to</i> (średnio) (mean)	opadowej, stagnującej i stokowej od-do <i>rainfall, stagnating and slope water</i> (średnio) (mean)
Siedliska łęgowe	zalewane i podtapiane zalewane niezalewane	długookresowe zalewy krótkookresowe zalewy sporadyczne zalewy	długookresowe zalewy krótkookresowe zalewy sporadyczne zalewy
Siedliska bagienne	bardzo mokre mokre odwodnione silnie odwodnione	0 – 2 (~ 1,0) 2 – 5 (~ 3,4) 5 – 18 (~ 12,5) > 18	0 – 2 (~ 1,0) 2 – 4 (~ 3,0) 4 – 13 (~ 8,5) > 13
Siedliska wilgotne	silnie wilgotne wilgotne odwodnione	5 – 8 (~ 7,0) 8 – 18 (~ 13,0) > 18	4 – 8 (~ 6,0) 8 – 13 (~ 10,0) > 13
Siedliska świeże	silnie świeże świeże	18 – 30 (~ 24,0) 30 – 50 (~ 40,0)	> 13
Siedliska suche	świeże	> 50	

Znajomość stopnia wilgotności gleby, uzależnionego od profilu uziarnienia oraz od reliefu powierzchni ziemi, jest jedną z wyprzedzających podstaw wyboru grup drzew do analizy zależności między opadami a przestrzennym zróżnicowaniem właściwości gleb. Ko-

rzanie oddziałują w efektywnej przestrzeni korzeniowej na środowiska glebowe poprzez ich wzrost, pobieranie substancji (roztwory ze składnikami odżywczymi) i wydzielanie (CO₂, rozpuszczalne w wodzie związki, jony H), oraz interakcje między mikroorganizmami i korzeniami. Będąc źródłem substancji humusowych korzenie spełniają w glebie funkcję odprowadzania strumieni wód opadowych dopływających z pni drzew oraz pochodzących z opadów.

Interesująca jest zmienność rozmieszczenia korzeni w glebach w odniesieniu do ich formy uwarunkowanej genetycznie i środowiskiem glebowym. Wyróżnia się gatunki z systemem korzeniowym palowym (np. sosna – ryc. 7, dąb, jodła – ryc. 8), sercowym (np. buk – ryc. 9, grab – ryc. 10, modrzew, lipa) z korzeniem płytkim odroślowym (np. świerk, brzoza) (Köstler 1955, Köstler i wsp. 1968, Tomanek 1997, Fiedler 2001). Od tych naturalnych form istnieje wiele odstępstw, w zależności od wilgotności, uziarnienia, zasobności składników odżywczych i próchnicy. Poziome systemy korzeniowe rozdzielają spływające po pniach strumienie wód, a korzenie odrostowe pionowo przenikające do gleb i korzenie poziome tworzą kanały śródglebowego przepływu pionowego i poziomego autochtonicznych i alochtonicznych (tranzytowych) wód.

Dla odpowiedniej interpretacji czasoprzestrzennych zmian zachodzących w profilu glebowym pod wpływem tych wód konieczna jest znajomość lokalnych struktur i układów systemów korzeniowych rozpatrywanych rodzajów drzew.

5. Korony, kora i systemy korzeniowe drzew jako receptory i ścieżki odprowadzania wód opadowych

Oszacowanie intensywności i głębokości ukorzenia jest uwarunkowane znaczącymi problemami, gdyż rozmieszczenie aktywnej masy korzeni oraz uzupełnianie i pobieranie wód są w porach roku procesem dynamicznym, zależącym – prócz rodzaju i wieku drzewa także od właściwości gleb i znacząco – od warunków ewapotranspiracji. Wzrost i rozmieszczenie korzeni oraz dynamika migracji wód są kształtowane również przez złożenie gleb i jego głębokościowe zróżnicowanie. Także ilość i jakość wód opadowych docierających ścieżkami do powierzchni gleby zależą od sezonowej dynamiki wzrostu roślin, od składu gatunkowego zbiorowiska leśnego, od formy korony i wypełnienia jej przestrzeni gałęziami z organami asymilacyjnymi wyczesującymi z powietrza gazy, cząsteczki stałe i ciekłe, od sposobu wykształcenia kory i od systemu korzeniowego. Niżej przedstawione zostaną przeglądowe charakterystyki koron, kory i systemów korzeniowych sosny, jodły, buka i graba, będących przedmiotem monitoringu na Stacji Święty Krzyż.

Sosna (ryc. 7, fot. 1) W zwartych monokulturach wysoka, smukła z wysoko osadzoną koroną, zależnie od wieku i zwarcia stożkowata lub szeroka, zaokrąglona, parasolowata, wypełniona gałęziami i igliwem. Na zazwyczaj okrągłym pniu, w górnej części ugałęzionym, w środkowej – oczyszczonym z gałęzi i martwej korowiny kora jest czerwona i czerwonożółta złuszcza się cienkimi płatami, na młodych gałęziach szarobrunatna, gładka. W dolnej części pnia – zazwyczaj głęboko spękana

plytkowata, rzadziej łuskowata lub muszlowata korowina o dużej powierzchni, szarobrunatna w szczelinach ochrowoczerwona. System korzeniowy charakteryzuje się dobrze rozwiniętym korzeniem palowym pionowo sięgającym do 60 dm. Długie do 100 dm korzenie boczne poziome rozwijają się na głębokości 1–3 dm. W zależności od uziarnienia, warunków wodnych i zasobności gleby długość korzenia palowego jest zróżnicowana, im większy przekrój korzenia palowego tym mniejsze są przekroje korzeni bocznych. W starszym wieku od korzeni bocznych rozwijają się korzenie palowe, często do zasięgu pierwotnego korzenia palowego. Od korzenia palowego rozwijają się korzenie poziome zazwyczaj o intensywnej gęstości, rzadko odrastają korzenie ukośne. Zakończenia korzeni zazwyczaj są szczotkowate. Im bogatsza gleba, tym bardziej gęsty i płytki staje się system korzeniowy. Płytki system korzeniowy powstaje także w glebach z płytkim podłożem wapiennym, w gruboziarnistych piaskach z niekorzystnym podłożem oraz z płytkim lustrem wód gruntowych.

Jodła (ryc. 8, fot. 2) Z koroną stożkowatą, w starszym wieku parasolowatą na długim średnio oczyszczonym z gałęzi pniu, w górnej i środkowej części kora zazwyczaj gładka, biała – do srebrnoszara. W dolnej części, niekiedy także w środkowej – nieregularnie spękana w prostokątne do kwadratowe płytki korowiny barwy jasnoszarej do brunatnoszarej, w dolnej części pnia grubość korowiny rośnie. Na pędach górnych igliwie zazwyczaj ma szczotkowaty układ, co sprzyja wyczyszczeniu opadów z powietrza. System korzeniowy nie głęboki, wieńcowaty z 4 do 6 silnie rozwiniętych korzeni bocznych, skośnie zagłębiających się w glebę. Korzenie te otaczają słabo rozwinięty korzeń palowy sięgający do głębokości od 4 do 13–16 dm, w zależności od warunków glebowych. Na płytkich glebach jest bardziej spłaszczony. Z korzeni bocznych odbijają pionowo silne korzenie odrostowe, kończące się – jak korzeń palowy – szczotkowatymi rozgałęzieniami. Nad strefą kapilarnego podsiąku wody gruntowej i w jej obrębie powstają gęste szczotkowate pęki drobnych korzeni. Istotną rolę w odprowadzaniu wód opadowych w głąb gleby odgrywają pionowo rozwijające się korzenie odrostowe.

Buk (ryc. 9, fot. 3) Z koroną walcowatą do kolistej wysoko osadzoną, ugałęzioną lekko na długim, wysoko do średnio wysoko oczyszczonym z gałęzi na ogół okrągłym pniu o wyraźnej aż do wierzchołka osi głównej, z gładką korą, poziomo prążkowaną, cienką, jasnoszarą, nie złuszczejącą się. U starych drzew nad szyją korzeniową słabe spęknięcia na podłużne płytki lub łuski, często odpadające. Młode gałęzie początkowo są owłosione, później nagie połyskujące, oliwkowo brunatne. Na terenach z kwaśnymi opadami na korze jasnopopielate do białych smugi stałych strumieni odpływów wód opadowych. Wykształca silnie rozwinięty system korzeniowy sercowaty nadzwyczaj gęsty i intensywny z silnymi głównymi korzeniami bocznymi długości do 6–10 dm od pnia, często z korzeniami odrostowymi pionowo wrastającymi do gleby do głębokości 12–14 dm z bardzo licznymi drobnymi korzeniami między sobą pozrastanymi. Intensywność ukorzenienia rośnie z wiekiem. Głębokość i zasięg korzeni zależy od lokalizacji lustra wody gruntowej i jego wahań sezonowych oraz od uziarnienia i złożenia materiału mineralnego w profilu glebowym. W glebach wytwor-

zonych z glin i ilów system korzeniowy jest płaski lub bardzo płaski.

Grab (ryc. 10, fot. 4) Korona gęsta, cylindryczna, kulista, nieregularna, niekiedy miotlasta na krótkim, nisko rozgałęzionym pniu o falistym nierównym przekroju poprzecznym od nasady do wierzchołka i korze gładkiej ciemnoszarej. U starych drzew zazwyczaj kora jest spękana w podłużne – do prostokątne wrzecionowate cienkie płytki niekiedy złuszczejące się. Wykształca regularny sercowaty silny system korzeniowy z promieniście we wszystkich kierunkach rozchodzącymi się korzeniami o średnicach do 1 cm kończącymi się widłowatymi końcówkami. Drobne korzenie są gładkie – sznurowate skośnie wnikać do gleby. Główne boczne korzenie u nasady pnia mają deskowaty kształt, jednak już w odległości 50 cm od pnia tracą go, stają się okrągłe, w odległości 6–8 dm od pnia przechodzą w układ poziomy, w postaci cienkich sznurowatych korzeni. Początkowo wykształca korzeń palowy, który już w wieku 10–15 lat zanika, utrzymuje się natomiast w glebach piaszczystych. W wieku 25–30 lat promieniste korzenie boczne mają zasięg do 12–13 dm w głąb gleby, u starszych tylko do 15 dm.

6. Podsumowanie

W proponowanej nowej procedurze określania znajdujących się pod wpływem wód opadowych wartości pH i innych łatwo zmiennych cech glebowych w ich przestrzennym i czasowym uporządkowaniu przyjmuje się dwa podstawowe punkty widzenia – techniczny i geonaukowy:

- zastosowanie urządzeń pomiarowych i procedur umożliwiających pomiary in situ, w określonym nie zmienionym środowisku,
- w zależności od prawdopodobnej ścieżki wprowadzania atmosferycznych kwasów i kwasotwórczych substancji do środowiska lasu wybiera się przestrzenny wzorec rozmieszczenia wartości pH i innych łatwo zmiennych cech w glebach.

Odniesione do przestrzeni metody odwzorowania w przypadku odpowiednich zasobów danych współcześnie nie są ani problemem proceduralno-technicznym ani technicznym (mapy komputerowe). Dlatego ten sposób proceduralny umożliwia odniesienie przestrzennego zróżnicowania odpowiednich danych o cechach i właściwościach glebowych do kształtowania zadrzewienia i zwarcia drzewostanu, do ekspozycji i kryteriów glebowych. Dotąd zrealizowane pomiary i ich interpretacja wykazały możliwość odkrywania i badania w przypowierzchniowych poziomach glebowych nawet nieznacznych inicjalnych ekologicznych tendencji zmian w środowisku pedotopu glebowego (Neumeister i wsp. 1997). Metoda ta dostarcza znaczne zasoby informacji odniesionych do przestrzeni lasu, które mogą być bezpośrednio wykorzystane do sensownego zadrzewienia, pielęgnacji i sanacji lasu.



Fot. 1. Morfologia kory sosny
Fot. 1. *Morphology of pinus bark*



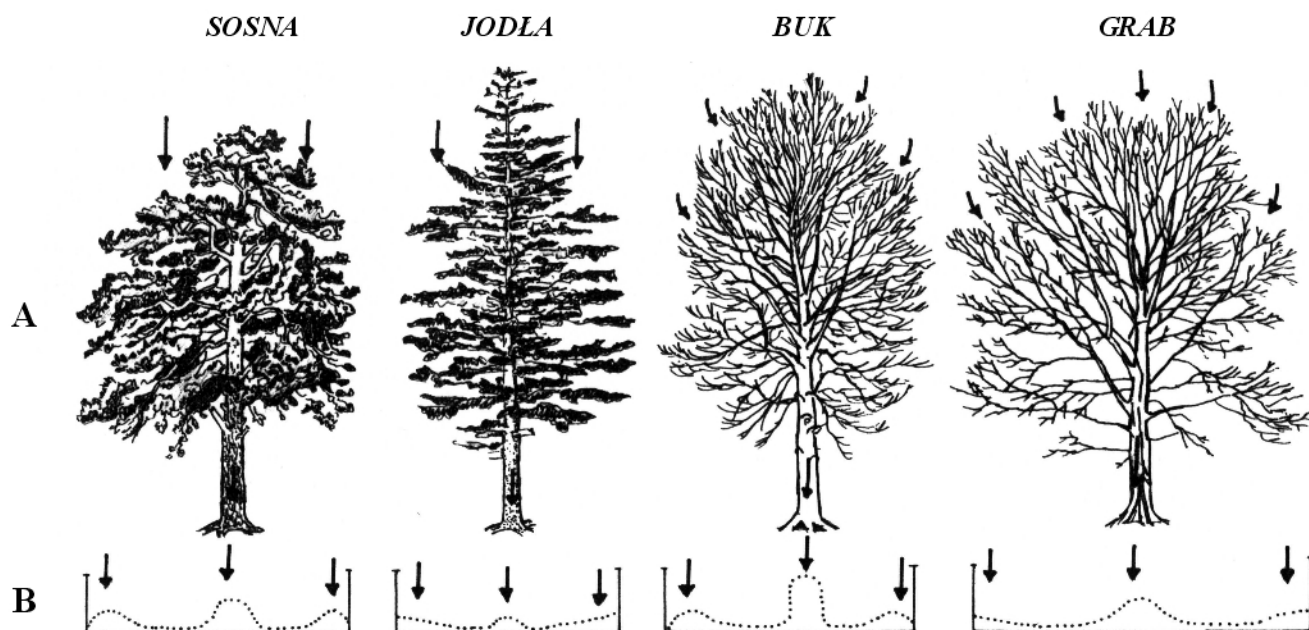
Fot. 2. Morfologia kory jodły
Fot. 2. *Morphology of fir bark*



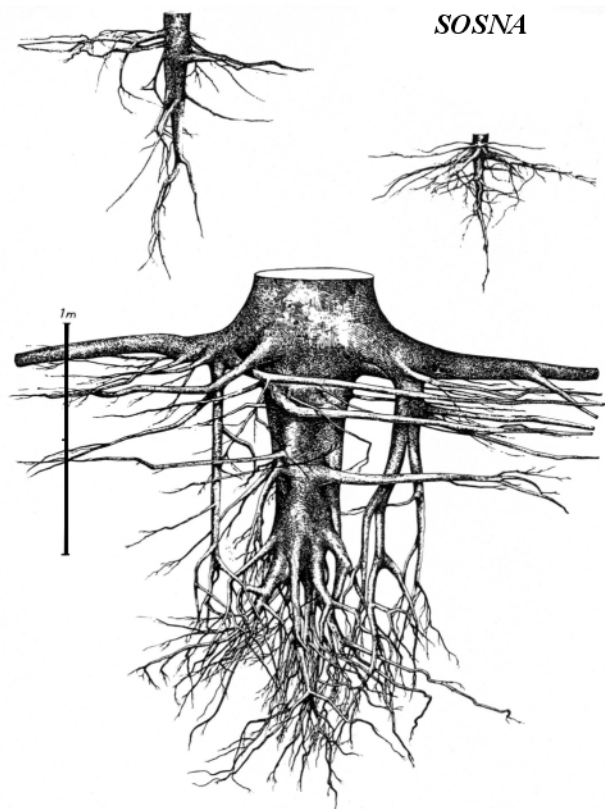
Fot. 3. Morfologia kory buka
Fot. 3. *Morphology of beech bark*



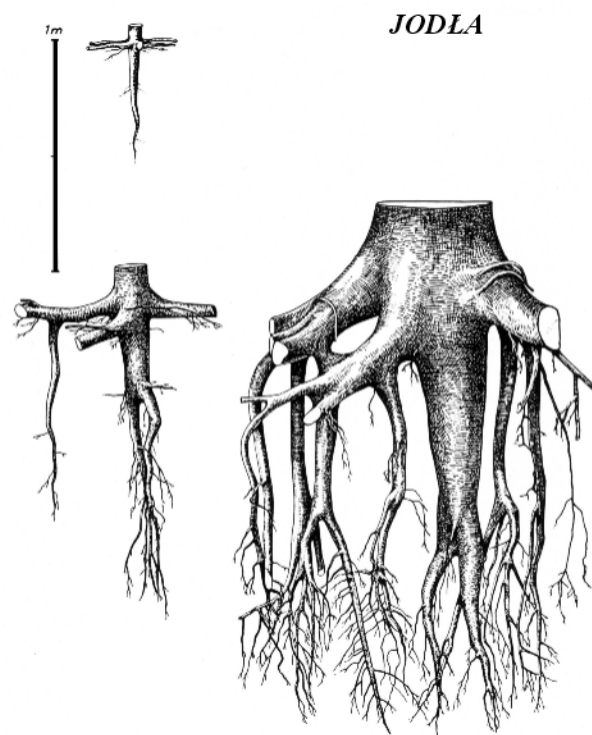
Fot. 4. Morfologia kory grabu
Fot. 4. *Morphology of hornbeam bark*



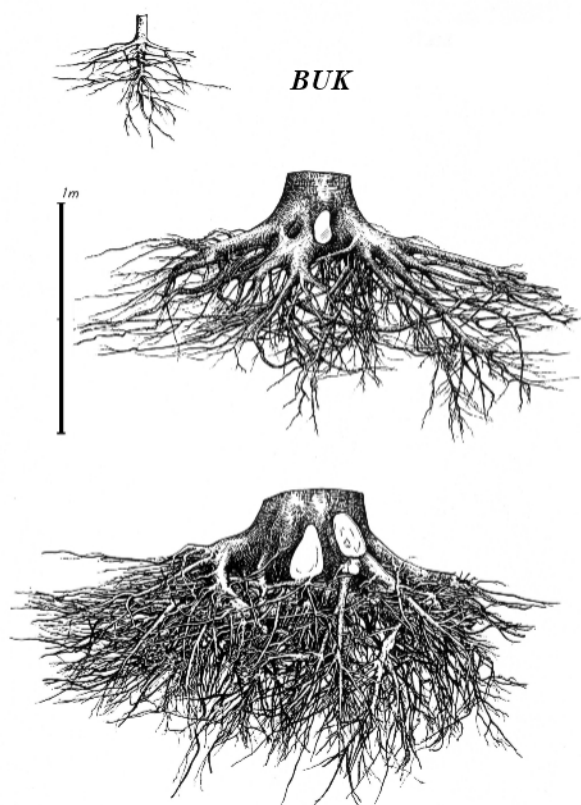
Ryc. 1. Formy koron (A) i ścieżki odprowadzania opadów przez drzewa do powierzchni gleb z substancjami wymytymi z koron i pni (B) czterech rodzajów drzew
Fig. 1. *Tree crown shape (A) and rainfall transport patches from the tree to soil surface with substances leached from crown and stem (B) of four tree kinds*



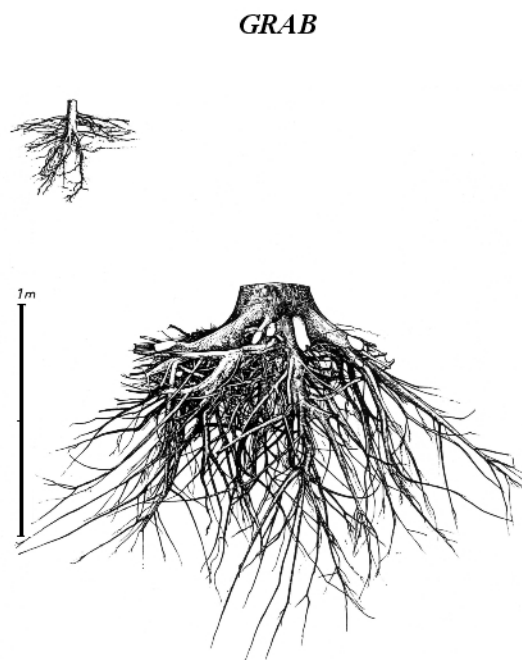
Ryc. 7. Układ palowego systemu korzeniowego sosny z silnie rozwiniętymi korzeniami bocznymi (wg Köstlera i wsp. 1968)
 Fig. 7. Stake configuration of the pinus roots with intense developed side roots (after Köstler et al. 1968)



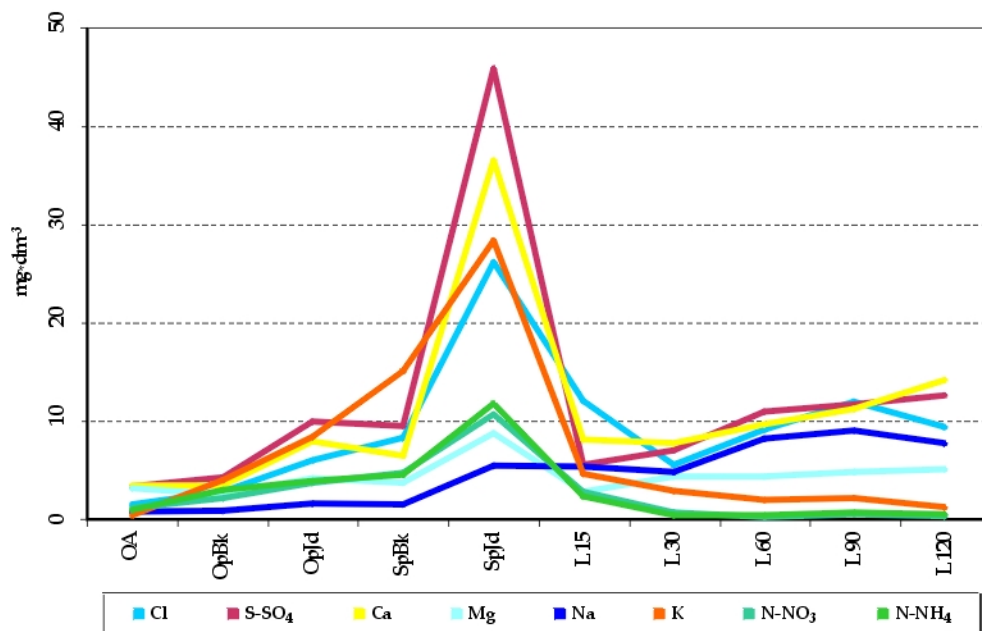
Ryc. 8. Układ wieńcowaty palowego systemu korzeniowego jodły z silnymi korzeniami bocznymi i pionowymi korzeniami odrosłowymi (wg Köstlera i wsp. 1968)
 Fig. 8. Coronary configuration of the stake root system of fir with intense side roots and vertical sucker roots (after Köstler et al. 1968)



Ryc. 9. Układ płaskiego i bardzo gęstego sercowatego systemu korzeniowego buka (wg Köstlera i wsp. 1968)
 Fig. 9. Flat and very dense configuration of the hearthlike root system of beech (after Köstler et al. 1968)



Ryc. 10. Układ sercowatego, promieniście rozchodzącego się systemu korzeniowego grabu (wg Köstlera i wsp. 1968)
 Fig. 10. Hearthlike configuration of the radial parting root system of hornbeam (after Köstler et al. 1968)

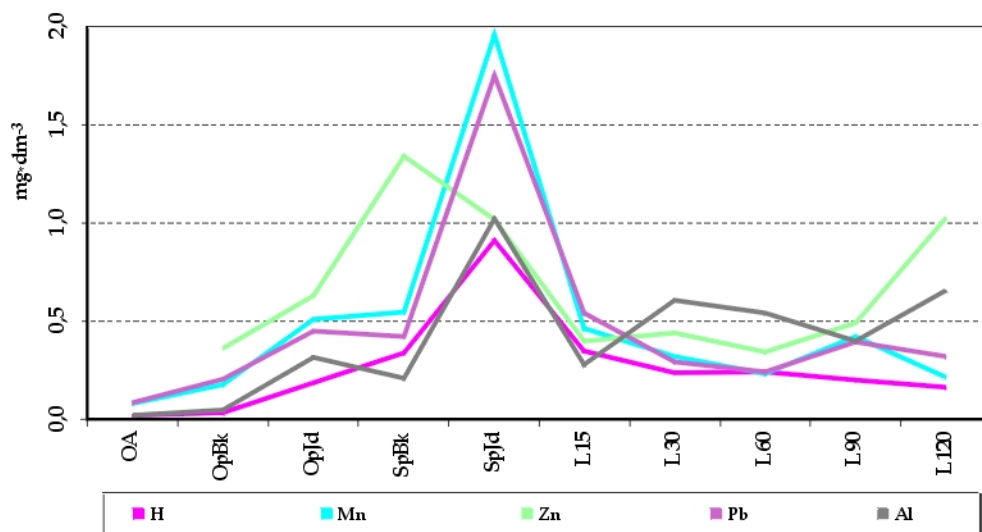


Ryc. 3. Zmiany składu chemicznego wód opadowych i wód z lizymetrów próżniowych w drzewostanach żyznego górskiego lasu jodłowo-bukowego i bukowego na Stacji Monitoringu Święty Krzyż (średnia z lat 2000-2001)

Objaśnienie: OA - opad bezpośredni, OpBk - opad podkoronowy pod drzewostanem bukowym, OpJd - opad podkoronowy pod drzewostanem jodłowo-bukowym, SpBk - spływ po pniach buków, SpJd - spływ po pniach jodeł, wody lizymetryczne na głębokości: 15 cm - L15, 30 cm - L30, 60 cm - L60, 90 cm - L90 i 120 cm - L120

Fig. 3. Chemical composition changes of rainfall and vacuum lysimetric soil waters in stands of fertile mountain fir-beech and beech forests on the Monitoring Station Św. Krzyż (mean weighed in year 2000-2001).

Explanation: OA - bulk precipitation, OpBk - throughfall under beech stand, OpJd - throughfall under fir-beech stand, SpBk - stemflow from beech, SpJd - stemflow from fir, lysimetric waters in depth 15 cm - L15, 30 cm - L30, 60 cm - L60, 90 cm - L90, 120 cm - L120

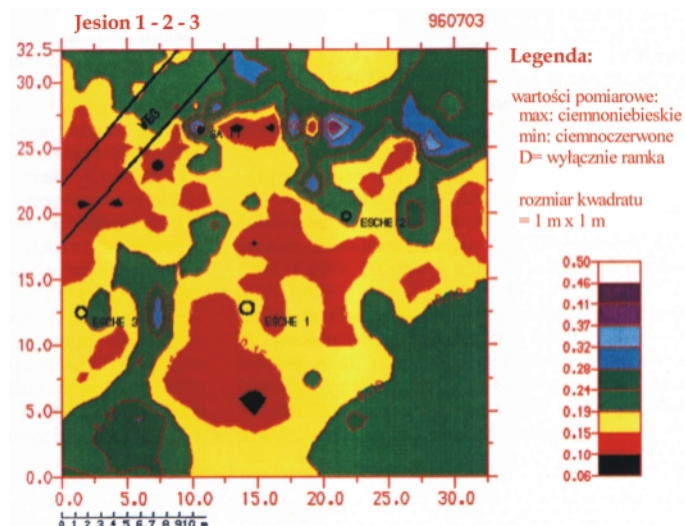


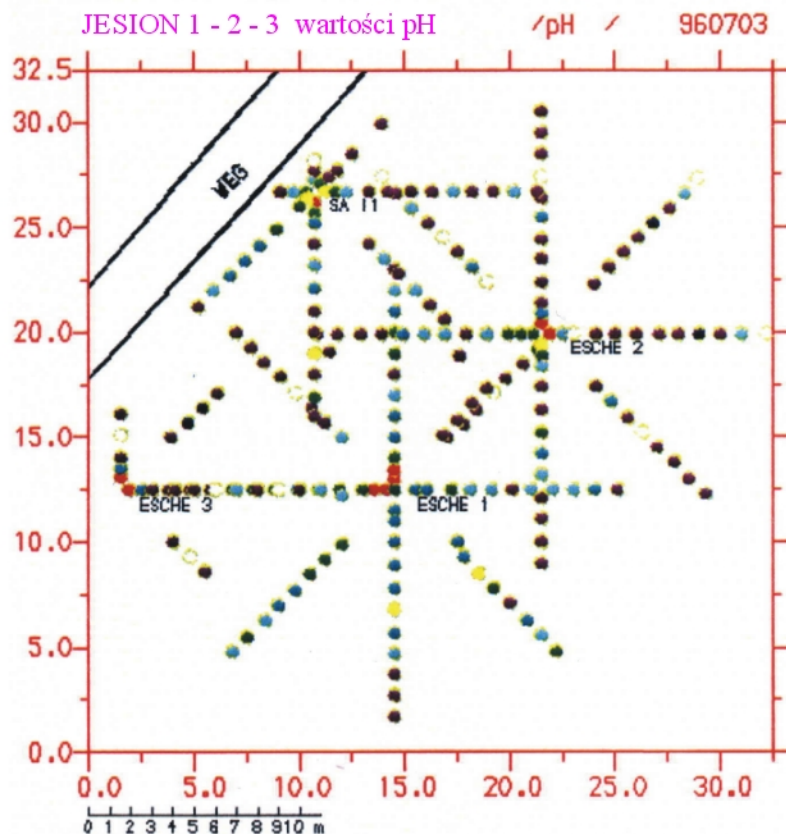
Ryc. 4. Zmiany składu protonów H oraz mikroelementów opadu bezpośredniego, opadu podkoronowego, spływu po pniach oraz roztworów glebowych z lizymetrów próżniowych w drzewostanach żyznego górskiego lasu bukowego i bukowo-jodłowego na Stacji Monitoringu Św. Krzyż (średnia z lat 2000-2001). Objasnienia jak na ryc. 3

Fig. 4. Microelement and H composition changes in bulk precipitation, throughfall, stemflow and soil waters from vacuum lysimeters in fertile mountain beech and fir-beech stands on the Monitoring Station Św. Krzyż (mean weighed in year 2000-2001). Explanation as in Fig. 3.

Ryc. 2. Przeszyczny rozrzut wartości pH na obszarze testowym w biogrupie jesionowej (wg Neumeister i wsp. 1997)

Fig. 2. Spatial dispersion of pH-values on tested area in ash-biogroup (after Neumeister et al. 1997)

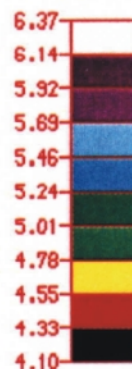




Legenda:

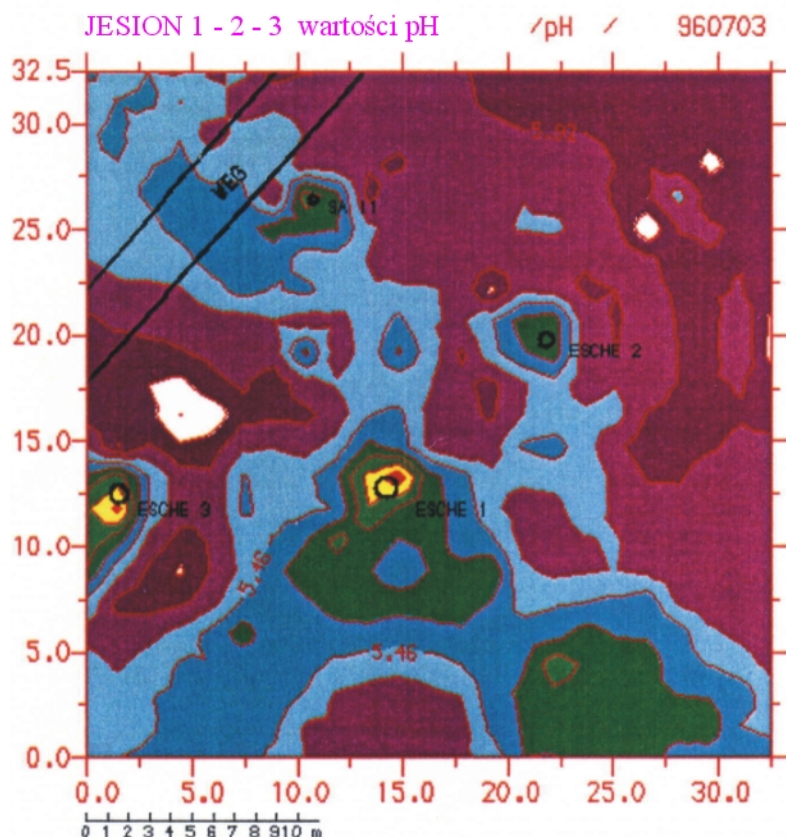
wartości pomiarowe max: ciemnoniebieskie
 wartości pomiarowe min: ciemnoczerwone
 wartości pomiarowe = D wyłącznie ramka

rozmiar kwadratu 1 m x 1 m



Ryc. 5. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarów badanych łatwo zmiennych w czasie i w przestrzeni cech i właściwości gleb na 4 liniach wg kierunków świata z punktem przecięcia na pniu drzewa, z odstępami decymetrowymi przy drzewie i następnie metrowymi (wg Neumeister i wsp. 1997)

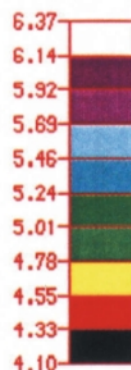
Fig. 5. Scheme of measuring points distribution of in time and space changing soil features and properties on four world directed lines crossing on the tree stem in dm distances on the tree and following in meter distances (after Neumeister et al. 1997)



Legenda:

wartości pomiarowe max: ciemnoniebieskie
 wartości pomiarowe min: ciemnoczerwone
 wartości pomiarowe = D wyłącznie ramka

rozmiar kwadratu 1 m x 1 m



Ryc. 6. Mapa rozmieszczenia wartości pH wyznaczonych izoliniami na obszarze testowym Küchenholz w grupie jesionów o obwodzie pni 2,20, 2,60 i 3,15 m i klonu zwyczajnego o obwodzie pnia 1,2 m (wg Neumeistera i wsp. 1997)

Fig. 6. Distribution map of pH-values fixed with isolines on the Küchenholz test area in ash-Biogroup with stem circuit 2,20, 2,60 and 3,15 m, and ordinary maple 1,2 m (after Neumeister et al. 1997)

7. Literatura

- Blume H.P., 1987: *Bodenkartierung von städtischen Verdichtungsräumen*. Die Heimat 9: 280-288
- Cronan C.S., Grigal D.F., 1995: Use of calcium/aluminium ratios as indicators of stress in forest ecosystems. J. Environm.Qual. 24:209-226
- Draaiers G.P., Erisman J.W., van Leuven N.F.M., Romer F.G., Te Winkel B.H. et al., 1997: The impact of canopy exchange on differences observed between atmospheric deposition and throughfall fluxes. Atmosph. Environment 31:3
- Fiedler H.J., 2001: Böden und Bodenfunktionen in Ökosystemen, Landschaften und Ballungsgebieten. Forum EIPOS Bd 7. Exp.Verl. Renningen
- Godbold D.L., 1994: Aluminium and heavy metal stress. From the Rhizosphere to the whole plant. In: D.L. Godbold, A.Hüttermann (Eds.): Effect of acid rain of forest process. Wiley, New York:231-264
- Haase D., 1999: Beiträge zur Geoökosystemanalyse in Auenlandschaften – Säurestatus und Pufferfunktion der Waldböden in den Leipziger Flusssystemen. Diss. UFZ Bericht 19. Leipzig
- Haase D., Neumeister H., 1998: Die Leipziger Flusssysteme als ein Ökosystem inmitten einer urban geprägten Landschaft. Untersuchungen zum Säurestatus von Auwaldböden in Abhängigkeit von der Immissionssituation. In: Frühauf/Hardenbicker (Eds.): Geowissenschaftliche Umweltforschung im Mitteldeutschen Raum. UZU- Schriftenreihe N.F.Z., Halle S.:115-128
- Haase D., Neumeister H., 1999: Stoffdynamik in waldbestanden Auenökosystemen. Erfassung und Bewertung. Leipziger Geowissenschaften. Bd.11. Leipzig: 9-17
- Haase D., Schneider B., Neumeister H., 2000: Processes in fluvisols caused by artificial flooding in flood plain forest ecosystems. GEOÖKO.XXI, Bensheim:158-198
- Hahn G., Marschner H., 1998: Effect of acid irrigation and liming on root growth of Norway spruce, Plant and Soil 199: 11-22
- Herwitz S.R., 1993: Stemflow influences on the formation of solution pipes in Bermuda eoliant. Geomorphology 6 (3):253-271
- Kopp D., Schwanecke W., 1994: Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin
- Köstler J., 1955: *Waldbau*, Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Köstler J.N., Brückner E., Bibeliethier H., 1968: *Die Wurzeln der Waldbäume*, Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Kowalkowski A., Brogowski Z., Kocóń J., Śwałdek M., 1990: Stan odżywienia i zdrowotność jodły (*Abies alba* Mill.) w Świętokrzyskim Parku Narodowym. Roczn. Świętokrz. 17. Warszawa – Kraków:11-26
- Kowalkowski A., Jóźwiak M., 2000: Skład chemiczny wód opadowych, W: S. Cieśliński, A. Kowalkowski (Red.): Świętokrzyski Park Narodowy. Przyroda, Gospodarka, Kultura. Bodzentyn-Kraków:407-415
- Kozłowski R., 2001: Dofity składników mineralnych z opadem atmosferycznym do dna lasu na Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego Święty Krzyż (Góry Świętokrzyskie), W: M. Jóźwiak, A. Kowalkowski (Red.) Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoeosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce:207-218
- Kram P., Hruska J., 1999: Ustne doniesienie z 21.04.1999
- Kruszyk R., 2001: Różnicowanie przestrzenne właściwości fizykochemicznych sphywu po pniach sosny zwyczajnej w zespole Pino-Quercetum, zlewnia Jeziora Czarne, Pomorze Zachodnie, W: M. Jóźwiak, A. Kowalkowski (Red.) Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i monitoring geoeosystemów z uwzględnieniem zanieczyszczenia powietrza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Kielce:191-206
- Lorz C., 1999: Umsatz von versauerungsrelevanten Stoffen im Einzugsgebiet der Oberen Grossen Pyra, Westerzgebirge. Leipziger Geowissenschaften 1:39-44
- Marschner H., 1995: Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. London
- Matzner E., Murach D., 1995: Soil changes induced by air pollutant deposition and their implications of forest in Central Europe. Water, Air and Soil Pollut.85:63-76
- Meiwe K.J., 1984: Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. In: Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Waldsterben.Diss. UFZ-bericht 19. Leipzig
- Mitscherlich G., 1971, 1975: *Wald, Wachstum und Umwelt*. 3 Bde. Frankfurt a.M.
- Neumeister H., Krüger A., Meyer L., Regber R., 1995: Räumliche Differenzierung elementarer geökologischer Eigenschaften im oberen Westerzgebirge. Vogtland. Geoprol.5: 43-81
- Neumeister H., Haase D., Regber R., 1997: Methodische Aspekte zur Ermittlung von Versauerungstendenzen und zur Erfassung von pH-Werten in Waldböden, Peterm. Geogr. Mitt., 141, Gotha: 385-399
- Nie Daoping, Shen Guofang, Dong Shieren, Guo Jingtang, 1995: Nutrient cycling in a pine plantation. In: L.O. Nillson, R.F. Hüttl, U.T. Johansson, P.Mathy (Eds.) Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems. Ecosystem Res.Rep.No21.Brussels:177-185
- Otto W., 1994: *Waldökologie*, Stuttgart:pp 391
- Raspe S., Feger K.H., Zöttl H.W.,1998: Ökosystemforschung im Schwarzwald. Auswirkungen von atmogenen Einträgen und Restabilisierungsmassnahmen auf den Wasser – und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern. Verbungsprojekt ARINUS. Umweltforschung in Baden-Württemberg:1-533
- Rehfuess K.E., 1990: *Waldböden: Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung*. 2. Aufl., Pareys Studentexte 29.Hamburg, Berlin:ss.294
- Renger M., Voigt H., Strebel O., Geisel W., 1974: Beurteilung bodenkundlicher, kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von klimatischer Wasserbilanz und bodenphysikalischer Kennwerten. Z. Kulturt.und Flurbereinigung 15:206-211
- Schleuss H., 1992: Böden und Bodenschaften einer Norddeutschen Moränenlandschaft. In: EcoSys. Beiträge zur Ökosystemforschung, Suppl. Bd.2
- Svedrup H., de Vries W., Henriksen A., 1990: Mapping critical loads. Nordic Council of Ministers. Geneva. Miliöreport 1990:15
- Svedrup H., Warfvinge P., 1993: Effects of soil acidification of growth of trees and plants as expressed by the (Ca+Mg+K)/Al-ratio. Techn.Rep. ISSN 1104-2877. ISNR LUTKDH/TKKT-3002-SE
- Sverdrup H., Warfvinge P., 1995: The (Ca+Mg+K)/Al- ratio as an indicator of soil acidification effects on tree Growth. In: L.O. Nillson, R.F. Hüttl, U.F. Johansson, P. Mathy (Ed.). Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems. Ecosystem Res. Rep. No. 2, Brussels: 235-249
- Tomanek J., 1997: *Botanika leśna*. PWRiL. Warszawa
- Ulrich B., 1985: Interaction of indirect and direct effects of air pollutants in forest, In: C.Troyanowsky (Eds.) Air Pollution and Plants, UCH Verlagsgesellschaft. Weinheim:149-181
- Ulrich B., 1987: Stability, elasticity and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. Ecol. Studies 61:11-49
- Ulrich B., 1989: Acidic precipitation II: Biological and ecological effects. Berlin, Heidelberg, New York:189-272
- Ulrich B., 1989: *Waldökosystemforschung*. Konzepte und Wege – DVWK-Mittl., 17:7-23
- Ulrich B., Mayer R., Khanna P.K., 1979: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schr. aus der Forstl. Fak. d.Univ. Göttingen und der Niedersächsischen Forstl. Versuchsanst. 58. Frankfurt M.
- Ulrich B., Meiwe K.J., König N., Khanna P.K., 1984: Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden. Der Forst und Holzwirt 38, II. 11:278-286
- Warfvinge P., Svedrup H., 1992: Calculating critical loads of acid deposition with Profile-a steady-state Soil chemistry model. Water, Air and Soil Pollution 63:119-143
- Zielony R., Krzyżanowski A., Kowalkowski A., Sikorska E., Czepińska-Kamińska D., Kliczkowska A., Wójcik J., (Red.), 2002: *Zasady kartowania siedlisk leśnych*. Wyd. II znowelizowane. Warszawa: ss.40-47

INVESTIGATION METHOD OF THE RAIN WATER INFLUENCE ON FOREST SOIL PROPERTIES

Summary

Stemfall and throughfall waters obtain new chemical properties in the forest (Table 1 Figs. 3, 4) and exert influence on the pH values of soils and other easily changing properties. New spatial arrangements of properties are developed in the forest stands, particularly around the trunks of older trees. They create concentric "gradients" around trees which change with distance from tree trunks on a definite forest acreage (Figs. 2, 6). It is known, e.g. that the pH value in surface levels of mineral soils under tree crowns is greater and the greatest in hatches between tree crowns. The knowledge of the micromosaic arrangement of the property of forest soils is made possible by the method of investigation of the paths of substance flow with rainfall waters through forest stand to soil on the basis of 5-15 parallel repetitions in the arrangement of 4 measuring lines according to cardinal points, with the intersection point - the trunk of a measuring tree (Fig. 5). Data obtained in this way at the tree trunk in the decimetric and metric distances are a sufficient basis for the cartographic representation of measurement results and ecological interpretation. Biogroups of forest-forming trees of the known crown structure (Fig. 1), morphological form of bark (Photos 1-4) and root system (Figs. 7-10) are qualified for measurement. Results of these investigations can be used directly in forest economy, and particularly in the interpretation of development trends of soils, forest assemblages and forest stands under the influence of acid falls.