



Uniwersytet Technologiczno – Przyrodniczy  
im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy

---

**Magdalena Krzyżaniak-Sitarz**

**ZMIENNOŚĆ SKŁADU JONOWEGO ROZTWORU GLEBOWEGO  
GLEB PARKU ZDROJOWEGO W INOWROCŁAWIU**

Rozprawa doktorska przygotowana pod opieką naukową:  
dr hab. inż. Jacka Długosza, prof. UTP

Biblioteka Główna UTP w Bydgoszczy



00000132802

BYDGOSZCZ 2007

*Serdecznie dziękuję*

*Panu prof. UTP, dr hab. inż. Jackowi Długoszowi  
za cenne wskazówki i wszechstronną pomoc podczas  
przygotowywania rozprawy doktorskiej.*

*Pragnę wyrazić również szczególne podziękowania  
pracownikom Katedry Gleboznawstwa i Ochrony Gleb  
za życzliwość i wszelką uzyskaną pomoc  
w trakcie realizacji badań.*

| <b>Spis treści</b>   | <b>strona</b> |
|--|---------------|
| <b>I</b> Wstęp   | 4             |
| <b>II</b> Przegląd literatury  | 6             |
| <b>II.1</b> Czynniki wpływające na zmienność roztworu glebowego i skład kompleksu sorpcyjnego czarnych ziem kujawskich | 6             |
| <b>II.2</b> Kryteria zasolenia gleb  | 12            |
| <b>II.3</b> Charakterystyka czarnych ziem  | 16            |
| <b>III</b> Materiał i metody   | 24            |
| <b>III.1</b> Materiał badań  | 24            |
| <b>III.1.1</b> Lokalizacja obszaru badań   | 24            |
| <b>III.1.2</b> Geologia i geomorfologia terenu   | 24            |
| <b>III.1.3</b> Rys historyczny powstania oraz infrastruktura uzdrowiska i parku zdrojowego w Inowrocławiu              | 27            |
| <b>III.1.4</b> Klimat Inowrocławia   | 32            |
| <b>III.1.5</b> Budowa i usytuowanie tężni  | 34            |
| <b>III.1.6</b> Skład aerozoli wokół tężni  | 36            |
| <b>III.2</b> Metody badań  | 39            |
| <b>IV</b> Omówienie wyników i dyskusja   | 41            |
| <b>IV.1</b> Opis morfologiczny profili   | 41            |
| <b>IV.2</b> Uziarnienie analizowanych gleb   | 44            |
| <b>IV.3</b> Zawartość węgla organicznego w profilach glebowych   | 47            |
| <b>IV.4</b> Odczyn i kwasowość hydrolityczna profili glebowych   | 48            |
| <b>IV.5</b> Właściwości sorpcyjne profili glebowych  | 49            |
| <b>IV.6</b> Formy wodnorozpuszczalne i przewodność elektrolityczna analizowanych gleb                                  | 61            |
| <b>IV.7</b> Wybrane właściwości poziomego powierzchniowego   | 64            |
| <b>V</b> Wnioski   | 70            |
| <b>VI</b> Bibliografia   | 71            |
| <b>VII</b> Tabele i mapy   | 79            |

## I Wstęp

Roztwór glebowy to integralna część trójfazowego tworzywa jakim jest gleba. Najważniejszym składnikiem roztworu jest woda wraz z rozpuszczonymi w niej jonami, koloidami oraz cząstkami fazy stałej. Podstawowym źródłem wody glebowej są opady atmosferyczne. Dodatkowym mogą być podsiąkające wody gruntowe i skroplona para wodna [Misztal i in. 2000]. Wpływ na zawartość rozpuszczonych w niej składników mają zarówno procesy wzbogacania (rozpuszczanie bądź przechodzenie ze stanu zasorbowanego do roztworu) jak i zubożania (pobieranie składników pokarmowych przez rośliny lub wymywanie). Czynniki determinującymi skład roztworu glebowego są: klimat, rzeźba terenu, warunki hydrogeologiczne, budowa gleby i jej właściwości oraz typowe czynniki antropogeniczne, jak sposób użytkowania terenu, zastosowane zabiegi melioracyjne i agrotechniczne.

W naturalnych warunkach pomiędzy roztworem glebowym, kompleksem sorpcyjnym i organizmami bytującymi w glebie istnieje stała wymiana poszczególnych jonów, a w wielu wypadkach całych związków chemicznych, która ma na celu utrzymanie gleby w stanie równowagi, co stanowi podstawę prawidłowego funkcjonowania każdego środowiska glebowego. Pojawienie się szczególnie w wierzchnich poziomach gleby dużej ilości kationów takich jak  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  oraz anionów  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  może spowodować zachwianie równowagi chemicznej gleby, a w konsekwencji doprowadzić do wystąpienia zjawiska zasolenia, jako jednej z form degradacji środowiska.

Zjawisko to powstaje pod wpływem czynników naturalnych głównie w glebach obszarów aridowych [Bednarek, Prusinkiewicz 1997]. W Polsce zasolenie spowodowane czynnikami naturalnymi ma niewielki zasięg (strefy saturacji wybrzeża Bałtyku, obszary występowania naturalnych solanek). Dlatego też za główną przyczynę lokalnego zasolenia gleb w Polsce uważa się działalność człowieka, a szczególnie oddziaływanie przemysłu sodowego i wydobywczego, nawadnianie gleb ściekami, stosowanie nawozów mineralnych oraz środków służących do zwalczania śliskości ciągów komunikacyjnych.

Objawem zasolenia gleby jest nie tylko zmiana jej chemizmu i struktury, ale przede wszystkim widoczne zmiany na roślinach zasiedlających dany areał gleb. Zasolenie powoduje uszkodzenie kielków, karłowatość, słaby rozrost systemu korzeniowego. Nadmierna koncentracja soli w roztworze związana jest nie tylko z ich bezwzględną zawartością, ale również ze stanem uwilgotnienia gleby, dlatego gleba nie wykazująca objawów zasolenia przy optymalnej wilgotności może ujawnić je z całą ostrością w warunkach niedoboru wody.

W polskiej literaturze naukowej dominują publikacje związane przede wszystkim z problematyką zasolenia gleb obszarów nadmorskich (Żuławy, Zatoka Pucka, Zalew Szczeciński, Wyspa Wolin) [Pracz 1989, 2001; Pracz, Kwasowski 2001, 2005] bądź gleb będących pod wpływem zanieczyszczeń z zakładów sodowych (Janikosoda, Soda-Mątwy) [Cieśla i in. 1981; Cieśla, Dąbkowska - Naskręt 1984; Rytelewski i in. 1986c; Gonet, Herman 1995; Hulisz i in. 2001; Hulisz 2003]. Natomiast brak jest opracowań naukowych dotyczących oddziaływania aerozoli wytwarzanych w tężniach na gleby stanowiące ich bezpośrednie otoczenie. Wpływ tężni uwidacznia się poprzez występowanie roślinności halofilnej czy obumieranie źle dobranych gatunków drzew i krzewów w strefach uzdrowiskowych. Proces zasolenia jest ponadto nie tylko problemem zagospodarowania przestrzennego czy chemicznej degradacji środowiska, lecz ma także aspekt ekologiczny. Z jednej strony tężnie powodują wzrost mineralizacji środowiska glebowego, czego konsekwencją jest wypadanie źle dobranych roślin, a co za tym idzie wzrost kosztów utrzymania i zagospodarowania terenu. Z drugiej zaś strony sprzyjają tworzeniu się lokalnych enklaw słonorośli, które jako cenne elementy środowiska, wpisane do europejskiej ekologicznej sieci Natura 2000 mogą stanowić dodatkową atrakcję parków uzdrowiskowych jako np. wydzielone rezerваты przyrody. Rozwiązanie tych problemów wymaga jednak skrupulatnego przeanalizowania wszystkich komponentów środowiska, w tym także gleby wraz z procesami w niej zachodzącymi.

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej było określenie wpływu czynników antropogenicznych (bliskość tężni) i naturalnych (wysady solne, wysoki poziom zasolonych wód gruntowych) na profilową i powierzchniową zmienność składu roztworu glebowego gleb Parku Zdrojowego w Inowrocławiu. Podjęte badania miały także na celu scharakteryzowanie wybranych właściwości fizykochemicznych i sorpcyjnych oraz oszacowanie zmian stężenia i składu roztworu glebowego w wyznaczonym przedziale czasowym.

## II Przegląd literatury

### II.1 Czynniki wpływające na zmienność roztworu glebowego i skład kompleksu sorpcyjnego czarnych ziem kujawskich

Skład chemiczny roztworu glebowego jest układem bardzo labilnym, zmiennym w czasie i uwarunkowanym wieloma czynnikami. Na zmiany w kompleksie sorpcyjnym i roztworze glebowym oddziałują zarówno czynniki naturalne jak i antropogeniczne.

Czynnikiem naturalnym determinującym zmianę składu chemicznego w całym profilu glebowym może być skomplikowana i zróżnicowana budowa geologiczna. Przykładem oddziaływania tego czynnika jest skład roztworu glebowego czarnych ziem kujawskich zlokalizowanych w miejscowości Inowrocław, którego obszar leży w południowo – zachodnim skrzydle Antyklinorium Kujawskiego. Cechą charakterystyczną Antyklinorium Kujawskiego, wchodzącego w skład Antyklinorium Środkowoeuropejskiego są wysady solne. Wysad solny w Inowrocławiu jest silnie zdeformowanym w wyniku halokinezy i procesów tektonicznych utworem cechsztynu składającym się z serii soli kamiennej, potasowej, anhydrytów i gipsów [Poborski 1960, Papierkowski 1963, Cybulski 1972]. Seria solna dzieli się na trzy piętra zwane cyklotemami, które różnią się wiekiem oraz zawartością NaCl (95,01 - 96,49 %). Z występowaniem tego wysadu związana jest obecność słonych źródeł oraz wgłębnych wód słonych znajdujących się pod ciśnieniem hydrostatycznym, zwanych popularnie solankami. Są to wody mineralne najczęściej głębinowe, które mogą kontaktować się bezpośrednio z wodami glebowo-gruntowymi, albo samoczynnie wypływać na powierzchnię w sposób naturalny (źródła, wycieki) lub przez wykonane otwory wiertnicze. Głównym czynnikiem powodującym te zjawiska jest ascenzja, czyli wstępujący ruch wody podziemnej, często z dużej głębokości, w środowisku skalnym pod wpływem różnicy ciśnień hydrostatycznych, zazwyczaj poprzez strefy dyslokacyjne [Bocheńska i in. 2002]. Niektóre solanki mają charakter cieplic odwiercanych ze znacznych głębokości. Ogólnie można przyjąć zasadę, że wraz z głębokością wzrasta zarówno zasolenie jak i temperatura solanek. Geneza ich nie jest jeszcze dokładnie poznana. Przypuszczano, że wody mineralizują się bezpośrednio w osadach cechsztynu i wyciskane są w warstwy nadległe. Pogląd ten wydaje się jednak mało prawdopodobny ze względu na znaczną głębokość cechsztynu, oddzielonego warstwami nieprzepuszczalnymi ilów dolnej i środkowej jury [Wilkoń-Michalska 1963]. Według Samsonowicza [1954] solanki wzbogacają się w sole raczej na mniejszych głębokościach, gdzie skały wodonośne wchodzi w bezpośredni kontakt ze słupami solnymi. Podsiąkanie i infiltracja z głębszych warstw wodonośnych powoduje zanieczyszczenie płytko

zalegających wód gruntowych. Badania dowodzą, że chemizm wód gruntowych wykazuje istotny związek z układem topohydrosekwencyjnym oraz geochemią materiałów macierzystych [Marcinek i in. 1995a]. Występowanie na terenie parku zdrojowego w Inowrocławiu płytko zalegających od 1 do 3m pod powierzchnią terenu zasolonych wód gruntowych jest potencjalnie ważnym czynnikiem mogącym powodować zmiany stężenia poszczególnych jonów w roztworze glebowym i nadmierne zasolenie gleby bezpośrednio kontaktującej się z wyżej wymienionymi wodami.

Istotnym, z punktu widzenia zmian środowiska glebowego czynnikiem oprócz geomorfologii, hydrologii i rzeźby terenu są warunki klimatyczne. Warunki te odgrywają decydującą rolę w procesie glebotwórczym i są jednym z dominujących czynników w ewolucji czarnych ziem [Cieśla 1961]. Klimat Inowrocławia cechuje: występowanie zarówno cech klimatu morskiego (łagodne zimy z częstymi odwilżami, krótkie zaleganie pokrywy śnieżnej), jak i kontynentalnego (skąpe opady z przewagą ilościową opadów letnich); znaczna zmienność pogody zwłaszcza zimą; stosunkowo duży procent pogód jasnych z maksimum głównym we wrześniu i drugorzędym w kwietniu i maju; stosunkowo nieduża liczba dni opadowych, upalnych i bardzo mroźnych; rzadkie występowanie wiatrów o dużej prędkości, natomiast częste wiatrów słabych lub cisz w miesiącach letnich [Tyczka 1959]. Zachmurzenie jest mniejsze od średniego w Polsce, przez co wielu autorów nazywa ten obszar „pogodną wyspą gnieźnieńsko – poznańską” [Papierkowski 1963]. Dane meteorologiczne wskazują, że w miesiącach zimowych opady atmosferyczne częstsze są w Inowrocławiu w późniejszych godzinach rannych, natomiast wiosną i jesienią występują częściej po południu. W pełni lata maksimum występowania opadów przypada na godziny południowe i przedwieczorne (są to bowiem często ulewne opady typu burzowego). Średnia roczna suma opadów rzędu 481 mm świadczy, że region Inowrocławia należy do obszarów najuboższych w opad na terytorium Polski [Hasik, Gawlak 1996]. Szczególnego znaczenia nabiera więc przebieg opadów atmosferycznych w ciągu roku ze względu na dużą zależność pomiędzy ich intensywnością, a zmianami stężenia roztworu glebowego i przywracaniem równowagi kompleksu sorpcyjnego [Kaszubkiewicz, Chodak 1999]. Wyniki badań z założonych przez Cieślę [Cieśla, Dąbkowska – Naskręt 1984] doświadczeń polowych dotyczących procesu zasalania i odsalania gleb pokazały, że intensywne opady atmosferyczne pomimo stałego dopływu alkalicznych zanieczyszczeń z terenu zakładów sodowych mogą powodować znaczne zmiany w roztworze glebowym, polegające na wymyciu sodu z kompleksu sorpcyjnego i wzrost jego stężenia w fazie ciekłej gleby, a także spadek przewodnictwa elektrolitycznego oraz zmniejszenie



koncentracji soli. Wyniki te zostały także potwierdzone na kontrolowanych doświadczeniach modelowych, które wskazały istotny wpływ ilości wody użytej do przemywania kolumn z zasoloną glebą na stężenie poszczególnych kationów w przesączu. Badania te dowiodły, że w największym stopniu wymyciu uległ kation sodowy, następnie wapniowy i magnezowy. Ponadto zróżnicowanie dawek wody do filtracji odpowiadających 3- i 4-krotnej połowej pojemności wodnej potwierdziło zależność pomiędzy intensywnością przemywania gleby, a ilością opadów atmosferycznych, czego konsekwencją było przesunięcie „maksimów zawartości kationów rozpuszczalnych” na większe głębokości. Przy dawce odpowiadającej 3-krotnej połowej pojemności wodnej maksimum koncentracji sodu wystąpiło na głębokości 20 – 40 cm, natomiast przy dawce odpowiadającej 4-krotnej połowej pojemności wodnej stwierdzono przesunięcie maksimum zawartości  $\text{Na}^+$  do ostatniego segmentu kolumny [Cieśla, Dąbkowska - Naskręt 1984]. Późniejsze analizy przeprowadzone przez Kaszubkiewicza [Kaszubkiewicz i in. 2003a] dowiodły, że w wyniku procesu zasilania uwidacznia się szczególnie w poziomie akumulacyjnym wyraźny wzrost zawartości kationów sodu, kosztem stężenia kationów wapnia, potasu i wodoru. W trakcie odsalania poprzez filtrację wodą destylowaną względna zawartość sodu malała na korzyść zwiększonej koncentracji kationów wapnia i wodoru. A zatem przebieg opadów atmosferycznych może potencjalnie determinować dynamikę zmian roztworu glebowego gleb w parku zdrojowym zwiększając bądź zmniejszając stężenie soli w wodzie glebowej [Czerwiński i in. 1984; Kaszubkiewicz i in. 2003a].

Ze względu na swoje położenie oraz przydatność rolniczą obszar czarnych ziem na Kujawach narażony jest na bardzo duży wpływ człowieka, czego konsekwencją są zmiany fizyko-chemicznych właściwości gleby. Przeprowadzone już na początku lat siedemdziesiątych badania [Cieśla 1975] wykazały powszechne występowanie na tym obszarze podeszwy płuznej, powstającej pod wpływem nacisku ciężkich maszyn rolniczych, a powodującej między innymi zniekształcenia korzeni roślin okopowych.

Ponadto z czynników antropogenicznych na pierwsze miejsce wysuwa się działalność Zakładów Chemicznych „Soda – Mątwy S.A.” w Inowrocławiu oraz „Janikosoda” w Janikowie. Zakłady te oprócz produkcji sody amoniakalnej, soli warzonej, spożywczego  $\text{CO}_2$ , produkują sodę kalcynowaną metodą Solvaya, przy której powstają ogromne ilości odpadów w postaci szlamów wapiennych z dużą ilością sodu i chloru [Rytelewski i in. 1986c]. Przy produkcji 1 tony sody kalcynowanej powstaje około  $11,5 \text{ m}^3$  odpadów ciekłych, a jedynie 1,6 tony odpadów stałych. Odpady szlamowe odprowadzane do odstojuń składają się w

przeważającej mierze z takich związków jak:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_3$ , krzemianów i glinokrzemianów oraz cieczy nadosadowej, która jest roztworem  $\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  [Cieśla i in. 1981]. Ponadto wzrastające potrzeby gospodarcze i eksportowe wymusiły dalszą rozbudowę zakładów i poszerzenie asortymentu produkcji o sodę oczyszczoną, kredę strąconą, mieszaninę siarczanu i węglanu sodowego, wapno nawozowe. W planach uwzględnia się ewentualne zagospodarowanie szlamów poprodukcyjnych. Omawiane zakłady dotychczas zajęły około 250 ha powierzchni gruntów pod wybudowane odstojniki. Obszar gruntów objętych w różnym stopniu procesem zasolenia wynosi około 3000 ha, w tym 500 ha stanowią rolnicze nieużytki. Na pozostałych 2500 ha, w wyniku degradacji gleb, wydajność z ha spada o 50 i więcej %. O zachodzącym w szybkim tempie procesie zasolenia gleb na Kujawach, świadczy fakt, że w latach 1960 – 1982 na omawianym terenie przybyło aż 282 ha nieużytków. Średnio daje to około 13 ha na rok. Natomiast w okresie od wszczęcia produkcji w końcu XIX wieku do 1960 roku ilość ich osiągnęła obszar 96 ha, co daje około 1,2 ha na rok. Tempo degradacji środowiska glebowego, po wybudowaniu Zakładów Sodowych w Janikowie i Inowrocławiu wzrosło ponad 10 – krotnie [Rytelewski i in. 1986c]. Przesiaki wgłębne soli zlewanych z wapnem posodowym do ostojników oraz rozpylanie wysuszonego wapna posodowego z osadników zwanych „białymi morzami” jest więc jednym z ważniejszych czynników zmieniających chemizm gleb i doprowadzającym do degradacji środowiska poprzez zasolenie. Oddziaływanie odpadów przemysłu sodowego można uznać za proces względnie trwały. Ilość odpadów składowanych w osadnikach jest tak wielka, że nawet przy całkowitym zahamowaniu ich gromadzenia, zanieczyszczenia będą rozprzestrzeniać się jeszcze przez wiele lat [Hulisz 2003].

Drugim znaczącym czynnikiem destrukcyjnym, związanym z działalnością wyżej opisanych zakładów i odpowiedzialnym za zmiany w składzie chemicznym gleb są częste awarie studzienek oraz rurociągów solankowych. Zakłady w Inowrocławiu i Janikowie produkcję swoją opierają o lokalne złoża soli. Z uwagi na zagrożenie Inowrocławia zrezygnowano z eksploatacji złoża występującego w tym mieście, a solankę transportuje się rurociągami z okolicznych terenów. Aktualnie solankę sprowadza się do wyżej wymienionych zakładów z rejonu Mogilna i Góry. Dodatkowo z jej zasobów korzystają także zakłady branży chemicznej w Bydgoszczy (Zachem S.A.) i we Włocławku (Anwil S.A.). Łączna długość rurociągów solankowych wraz z kolektorem odprowadzającym ścieki przemysłowe do Wisły wynosi 180 km. Warto dodać, że na pewnych odcinkach równolegle

zainstalowano po dwie, a nawet trzy nitki solankowe. Ze względu na błędy technologiczne popełnione przy budowie rurociągów (m.in. zastosowanie materiałów podatnych na korozję elektrolityczną) charakteryzują się one bardzo dużą awaryjnością [Hulisz 2007a]. Według dokumentacji prowadzonej przez Dział Ochrony Środowiska IZCh w latach 1993-2000 miało miejsce aż 50 awarii [Hulisz i in. 2001]. W czasie tych awarii solanka lub ścieki tworzą rozlewiska skażające wody powierzchniowe oraz degradujące wiele hektarów gruntów. Świadczą o tym wyniki badań zamieszczone w różnych publikacjach [Rytelewski i in. 1985, Hulisz i in. 2001] oraz procesy sądowe o odszkodowania za wyrządzone szkody rolnicze w wyniku działalności wyżej omówionych zakładów, co szczegółowo obrazuje praca Poradzińskiego [Poradziński i in. 1986].

Niewątpliwie kolejnym czynnikiem powodującym nadmierne zasolenie roztworu glebowego, a związanym pośrednio z lokalizacją zakładów przemysłu sodowego jest nawadnianie podsiąkowe i deszczowniane łąk rejonu górnej Noteci prowadzone wodami o znacznej mineralizacji. Zasolenie wód Noteci i wód gruntowych powodowane jest przesiąkami wgłębnymi i bocznymi z osadników wcześniej wymienionych zakładów, a także awariami rurociągów solankowych oraz rozpylaniem wysuszonego wapna posodowego z osadników [Rytelewski i in. 1986a, Frąckowiak, Kuczyńska 1996]. Opady w szczególności wiosenne i jesienne, wypłukują gromadzące się w glebie sole do wód gruntowych i cieków wodnych [Szabolcs 1986]. Przeprowadzone w latach 90-tych badania wykazały nadmierne zasolenie wód Noteci i głównych kanałów odwadniająco – nawadniających. Suma ogólnej zawartości soli w wodach Noteci w latach 1989-1992 wahała się w granicach 597-4072 mg\*dm<sup>-3</sup>. Największe wartości przyjmowała u ujścia źródła zasolenia. Według zastosowanego podziału Thorna i Petersona [1954] zawartość soli 3800 mg\*dm<sup>-3</sup> wskazuje na wodę nadmiernie zasoloną i nie nadającą się do nawodnień. Ilość soli od 1500 do 2500 mg\*dm<sup>-3</sup> uważana jest za wartość wysoką. Woda taka może być stosowana do nawodnień roślin odpornych na zasolenie i na glebach o bardzo dużej przepuszczalności. Woda o zawartości soli 500-1500 mg\*dm<sup>-3</sup> uważana jest za średnio zasoloną. Średnia zawartość soli w wodach Noteci mieściła się w przedziale 500-2500 mg\*dm<sup>-3</sup>. Ponadto z analizy wskaźnika SAR wynika, że wody te zawierają znaczne ilości wapnia i magnezu w stosunku do ilości sodu i z tego względu nie zachodzi niebezpieczeństwo zasolenia sodowego nawadnianych gleb [Frąckowiak, Kuczyńska 1996]. Podsumowując, choć wody Noteci i Kanału noteckiego wykazują spore zasolenie, to jednak przy sprzyjających warunkach (np. po rozcieńczeniu wód opadami atmosferycznymi) mogą być wykorzystywane do nawodnień.

Wzrost zawartości soli łatwo rozpuszczalnych w glebach w niewielkim stopniu może być efektem zbyt intensywnego nawożenia mineralnego. W procesie migracji rozpuszczonych w wodzie glebowej soli nawozowych do kompleksu sorpcyjnego gleb przenikają zarówno pewne ilości kationów wapniowych, magnezowych, potasowych jak i anionów chlorkowych, azotanowych, siarczanowych i fosforanowych [Bartoszewicz 1979]. W naszych warunkach klimatycznych i gospodarczych nie stanowią jednak bezpośredniej przyczyny zasolenia gleb, a jedynie wywołują podwyższony stopień mineralizacji wód glebowo-gruntowych [Bartoszewicz 1994]. Istotną cechą czarnych ziem jest ich duża produktywność i żyzność, przez co posiadają one zadowalające ilości poszczególnych makroelementów co powoduje, że nie wymagają intensywnego nawożenia chociażby związkami wapnia czy magnezu. Natomiast zawartość przyswajalnych form potasu i fosforu utrzymuje się na poziomie średnim i wymaga stałego nawożenia mineralnego [Cieśla 1961, 1968]. Ponadto ewentualny wzrost koncentracji kationów czy anionów odpowiedzialnych za proces zasolenia jest likwidowany dzięki intensywnej produkcji rolniczej i wyprowadzaniu dużej ilości pierwiastków poprzez wbudowywanie ich w biomasę uprawianych roślin.

Nie mniej ważnym czynnikiem powodującym zmiany w obrębie kompleksu sorpcyjnego i lokalne zasolenie środowiska glebowego jest używanie środków do niszczenia pokrywy lodowo-śnieżnej na drogach i ciągach komunikacyjnych. Wśród środków do zwalczania śliskości stosowane są przede wszystkim mieszaniny NaCl z piaskiem lub  $\text{CaCl}_2$ , rzadziej  $\text{MgCl}_2$ . Sole te przenoszone są w postaci aerozolu na pobocza dróg, tras spacerowych, a tym samym na pobliskie gleby. Skutkiem nadmiernych koncentracji soli w glebie jest często zamieranie roślinności, zjawisko suszy fizjologicznej oraz objawy zakłóceń w pobieraniu niektórych składników pokarmowych [Dobrzański i in. 1971, Filipek, Badora 1992]. Związki te są jednak stosunkowo szybko wymywane do głębszych poziomów glebowych, dlatego też wpływ tego źródła jest na ogół krótkotrwały i ograniczony do niewielkiego pasa zieleni wzdłuż arterii komunikacyjnych [Hulisz 2007a].

Specyficznym czynnikiem występującym w parku zdrojowym i wpływającym lokalnie na skład chemiczny gleb są teźnie. Teźnie w Inowrocławiu to imponująca budowla w kształcie dwóch połączonych sześcioboków o łącznej długości 322 metrów. Solankę o stężeniu 32 % doprowadza się rurociągami z kopalni soli w Górze. Prosty proces technologiczny polega na podniesieniu już rozcieńczonej 6 % solanki pompami na wysokość około 9 metrów, do koryta biegnącego na górnym pomoście teźni i spływaniu bocznymi otworkami na wielkie masy odpowiednio ułożonej tarniny. Powolne opadanie kropel solanki

na ciernie sprzyja wyparowywaniu wody, co powoduje zagęszczenie solanki gromadzącej się w dolnym zbiorniku umieszczonym pod faszyną. Obieg zamknięty tego cyklu powoduje, że ta 6 % solanka ulega zagęszczeniu i osiąga prawie swoją pierwotną wartość tj. 25 – 30 %. W czasie wyparowywania wody z solanki zachodzi również krystalizacja soli. Mikroskopijnej wielkości kryształki osiadają na słupach rusztowania, albo porwane wiatrem opadają w dalszym promieniu, oddziałując nie tylko na kuracjuszy, lecz także na całe środowisko. Największą ilość kropeł i kryształków soli stwierdza się w odległości około 10 m od tężni, w mniejszym stopniu znajduje się je 500 – 600 metrów od budowli. Te drobne kryształki i krople opadającej na ziemię stężonej solanki warunkują występowanie halofitów w pobliżu tężni [Wilkoń-Michalska 1963]. Dochodzi do tego również oddziaływanie rozcieńczonej w okresie dużych opadów solanki, którą odprowadza się z tężni bocznymi korytkami tzw. wylewkami na zewnątrz. Solanka o stężeniu średnio 12 % ścieka często wzdłuż podstawy tężni bezpośrednio na glebę. Ponadto miejscowe intensywne zasolenie gleby w parku zdrojowym w Inowrocławiu mogło kiedyś być spowodowane wyciekami stężonej około 30 % solanki na złączeniach stalowych rur, doprowadzających ten stężony roztwór bezpośrednio do poszczególnych sanatoriów. Od 2001 awarie takie nie mają miejsca, ponieważ wymieniono wszystkie rurociągi na plastikowe, aczkolwiek ślad po wcześniejszych skażeniach mógł pozostać. Oznaczony przez Państwowy Zakład Higieny skład chemiczny stosowanej obecnie solanki potwierdza, że podstawowym składnikiem aerozolu jest chlorek sodowy, w związku z tym należy spodziewać się podwyższonego stężenia jonów chlorkowych i sodowych także w glebach okalających tężnie.

## **II.2 Kryteria zasolenia gleb**

Spśród wielu gleb stwarzających problemy w ochronie środowiska czy rolnictwie zdecydowanie największe obszary zajmują gleby zasolone, których na świecie jest 323 mln ha. Jednakże w Polsce gleby te zajmują niewielki areał, a ich występowanie nie jest uwarunkowane suchym klimatem aridowym, lecz stałym zasilaniem przez wody o wysokim stopniu mineralizacji, których pochodzenie może być zarówno naturalne, jak i antropogeniczne. Gleby te występują nie tylko wzdłuż Wału Kujawsko – Pomorskiego, lecz także wzdłuż wybrzeża Bałtyku czy na obszarze występowania gipsów, którym towarzyszą liczne słone źródła siarczanowe.

Zgodnie z postanowieniami Komitetu Nomenklatury ustanowionymi przez US Salinity Laboratory, za gleby słone należy uznać te, w których w obsadzie kationowej kompleksu sorpcyjnego sól zajmuje od 5 do 15 %, a przewodnictwo elektrolityczne w

nasyconych ekstraktach z tych gleb przekracza  $4 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ ; natomiast gleby, w których wysycenie sodem przekracza 15 %, a pH jest większe od 8,5 zaliczane są do gleb sodowych.

Z powyższym podziałem wiąże się także klasyfikacja i umiejscowienie gleb słonych w Systematyce Gleb Polski. Gleby słone stanowią odrębny dział, który zawiera tylko jeden rząd gleby słono – sodowe. W rzędzie tym rozróżniamy trzy typy: sołonzaki (powierzchniowe i wewnętrzne), gleby sołonzakowate i sołońce (typowe i sołonzakowate).

Na podstawie analizy właściwości gleb na Kujawach z kryteriami podanymi w Systematyce Gleb Polski [1989] niektórzy z autorów publikacji próbowali wyodrębnić na tym obszarze gleby sołonzakowate [Pokojska i in. 1998] oraz gleby słono – sodowe [Czerwiński 1996]. Natomiast brak było podstaw, podobnie jak w polskiej strefie przybaltyckiej, do wyodrębnienia na tym terenie sołonzaków i sołońców [Pracz 1989]. W Systematyce Gleb Polski [1989] funkcjonują definicje dwóch poziomów diagnostycznych związanych z glebami zasolonymi. Są to, podobnie jak w klasyfikacji amerykańskiej [Soil Survey Staff 1998], poziomy *natric* i *salic*. W poziomie *natric* współczynnik adsorpcji sodu SAR powinien przekraczać 13, a niekiedy nawet 15 %, wierzchnia warstwa tego poziomu winna wykazywać duże wysycenie kompleksu sorpcyjnego sodem, a suma wymiennego sodu i magnezu powinna być większa od sumy wymiennego wapnia i kwasowości wymiennej oznaczonej przy pH 8,2. Natomiast poziom *salic* powinien zawierać więcej niż 2 % soli rozpuszczalnych w wodzie, a jego miąższość musi przekraczać 15 cm. Wśród przebadanych przez Czerwińskiego [1996] 60 profili glebowych z terenu Kujaw nie znaleziono gleb z poziomem sodowym (*natric*) oraz gleb z poziomem *salic*. Wykazują to także późniejsze badania przeprowadzone przez Pokojską [Pokojska i in. 1998], gdzie na 25 próbek glebowych nie stwierdzono występowania poziomu *natric*, z kolei kryterium określające poziom *salic* spełnione zostało tylko w 3 przypadkach. Proponuje ona obniżenie kryterium zawartości rozpuszczalnych soli do 1 % przy jednoczesnym badaniu przewodnictwa elektrolitycznego nasyconego ekstraktu glebowego, które w glebach o  $\text{pH} < 8,5$  powinno przekraczać  $15 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  [Pokojska i in. 1998]. Są to parametry, które od dawna funkcjonują w systematyce opracowanej przez FAO, ISRIC i ISSS [World reference base for soil resources 1998]. Zawężenie tych parametrów na badanym obszarze pozwoliło już w 9 punktach pomiarowych wyznaczyć poziom *salic*. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na pewną niekonsekwencję w Systematyce Gleb Polski [1989]. Mianowicie za poziomy słone uważa się takie, w których zawartość soli łatwiej rozpuszczalnych niż gips mieści się w granicach od 1000 do 20000  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , natomiast do działu gleb słonych zaliczane są gleby posiadające poziom o miąższości powyżej 15 cm i zawierające w nich ponad 2000  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  soli łatwo

rozpuszczalnych. Stąd możliwość występowania okresowo poziomów słonych w glebach należących do innych działów i typów [Kaszubkiewicz i in. 2003b]. W opisach jednostek taksonomicznych dotyczących gleb zasalanych pojawiają się w naszej systematyce różne niejasności, utrudniające jednoznaczne zaliczenie gleb z okolic Inowrocławia do określonej jednostki. Przede wszystkim niewiadomo, czy należy je umiejscowić w dziale VI (gleby słone), czy w dziale VII (gleby antropogeniczne) [Pokojska i in. 1998] czy jak sugeruje jeden z autorów [Hulisz 2007b] zweryfikować systematykę i wyróżnić nowy podtyp czarnych ziem sołonczakowatych. Badane w większości gleby, reprezentujące określone podtypy czarnych ziem, ukształtowały się niewątpliwie pod wpływem czynników naturalnych, a następnie uległy antropogenicznemu zasoleniu [Pokojska i in. 1998].

Gleby położone w sąsiedztwie zakładów sodowych i zbiorników osadowych tzw. białych mórz ulegają postępującej dewastacji, wskutek infiltracji łatworozpuszczalnych soli w podłoże. W wyniku tego typu oddziaływań dochodzi do okresowej degradacji gleb przez ich zasolenie i zmian stężenia poszczególnych pierwiastków w obrębie kompleksu sorpcyjnego i roztworu glebowego [Cieśla, Dąbkowska - Naskręt 1984; Gonet, Herman 1995; Kaszubkiewicz i in. 2003b]. O zasoleniu tych gleb informują nie tylko publikacje gleboznawcze [Rytelewski 1977, Cieśla i in. 1981], lecz także botaniczne [Wilkoń-Michalska 1963, Piernik i in. 1996, Nienartowicz i in. 1997]. Wysokie stężenie chlorków oraz sodu i wapnia przyczynia się do powstania obszarów z roślinnością halofilną [Piernik i in. 1996], która jest naturalnym ekologicznym wskaźnikiem zachodzących zmian we właściwościach chemicznych danego areału gleb i stanowi swoiste biologiczne kryterium wyodrębnienia gleb o znacznej mineralizacji. Skutkiem nadmiernych koncentracji soli w glebie jest pogorszenie się struktury gleby, radykalne zmiany w składzie gleby, czego konsekwencją jest zjawisko suszy fizjologicznej czy wręcz zamieranie roślinności na badanym obszarze [Nienartowicz i in. 1997].

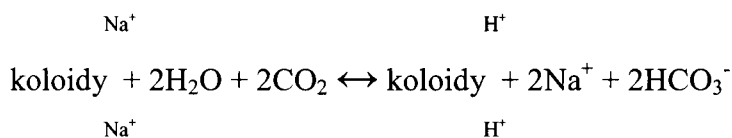
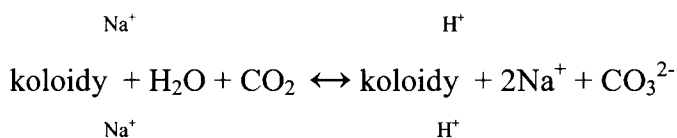
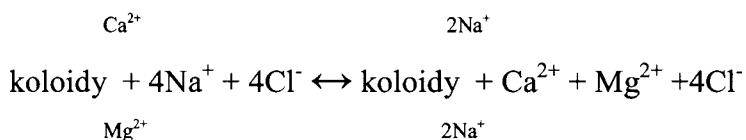
Większość analiz gleb poddanych oddziaływaniu przemysłu sodowego [Cieśla i in. 1981; Rytelewski i in. 1986b; Gonet, Herman 1995; Czerwiński 1996; Pokojska i in. 1998] wskazuje na wybitnie duże nasycenie roztworu glebowego anionami chlorkowymi, których ilość wzrasta wraz z głębokością. Jest to związane z faktem, że jony chlorkowe dostające się do gleby nie są absorbowane wymiennie (minimalnie przez próchnicę), lecz migrują z wierzchnich warstw w głąb profilu. Badania wykazują [Smith 1972], że aniony chlorkowe poruszają się w glebie szybciej niż cząsteczki wody, co wiąże się z odpychającym działaniem na aniony ujemnie naładowanych cząsteczek glebowych oraz szybszym ruchem anionów w

wąskich porach w porównaniu do ruchu wody. Stały dopływ chlorków hamuje procesy humifikacyjno – mineralizacyjne materii organicznej. Ujemny wpływ nadmiernej ilości chlorków na rośliny zmniejszają większe, lecz nie toksyczne ilości łatwo rozpuszczalnej  $\text{S-SO}_4$ . Ze względu na dużą ruchliwość siarki siarczanowej i możliwość wymycia jej przez wody opadowe w głąb profilu, zawartość jej ulega ciągłym zmianom. Zawartość jonów  $\text{HCO}_3^-$  w analizowanych przez Cieślę glebach wahała się w granicach 6,1 – 34,2  $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$  gleby, gdzie najwyższe parametry związane były z bliskim sąsiedztwem odstożników. Zaobserwowano zasadę, że im dalej od źródła skażenia, tym mniejsze było stężenie  $\text{HCO}_3^-$  w glebie [Cieśla i in. 1981].

W analizowanych próbkach gleb rejonu Inowrocławia szczególną uwagę zwraca fakt zwiększonego stężenia kationów  $\text{Ca}^{2+}$  [Rytelewski i in. 1986b] i  $\text{Mg}^{2+}$  [Czerwiński 1996], co stanowi cechę charakterystyczną dla niezdegradowanych profili czarnych ziem. Natomiast rzeczywiście większość profili wykazuje nienaturalnie duże nasycenie kompleksu sorpcyjnego kationami sodowymi [Cieśla i in. 1981; Rytelewski i in. 1986b; Czerwiński 1996] Ilość sodu wymiennego przekracza często kilkakrotnie zawartość tego kationu w niezasolonych czarnych ziemiach kujawskich [Cieśla, Dąbkowska-Naskręt 1984]. Znaczna koncentracja jonów  $\text{Ca}^{2+}$  i  $\text{Mg}^{2+}$  zmniejsza jednak ryzyko sodowe i osłabia negatywne oddziaływanie jonów  $\text{Na}^+$  na koloidy glebowe [Abrol i in. 1988], o czym świadczy niski współczynnik SAR zarówno w próbach wody gruntowej jak i próbkach glebowych [Czerwiński 1996]. Duża koncentracja jonów wapniowych i magnezowych w glebie związana jest przede wszystkim z czynnikiem naturalnym, a mianowicie wpływem na powierzchnię słonych źródeł związanych z formacjami solonośnymi i oddziaływaniem skały macierzystej. Natomiast nadmierne wysycenie kompleksu sorpcyjnego jonami sodowymi związane jest w przeważającej mierze z bliskim sąsiedztwem Inowrocławskich i Janikowskich Zakładów Sodowych [Rytelewski i in. 1986b; Rytelewski i in. 1993; Pokojska, Hulisz 1997]. Na alkalizację środowiska wpływają zarówno wodnorozpuszczalne jak i wymienne formy jonów o charakterze zasadowym. Wartości pH w profilach gleb silnie zdegradowanych, rozmieszczonych wzdłuż rurociągów solankowych oraz w miejscach awarii wałów osadników wynoszą niekiedy znacznie powyżej pH 10 [Rytelewski i in. 1986b]. W większości czarnych ziem zasolonych wartość pH kształtuje się na poziomie 7 – 8. Potwierdza to również bardzo niska w analizowanych przez Rytelewskiego [Rytelewski i in. 1986b] glebach wartość kwasowości hydrolitycznej oraz znaczna zawartość  $\text{HCO}_3^-$ , a w głębszych warstwach także  $\text{CaCO}_3$ .



W polskich warunkach najczęstszym powodem powstawania odczynu silnie zasadowego są wtórne reakcje NaCl w środowisku glebowym. Po wyparciu przez sól z koloidów glebowych innych kationów i wymyciu przynajmniej części nie adsorbowanych przez koloidy anionów  $\text{Cl}^-$ , w roztworze glebowym tworzą się  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  i  $\text{NaHCO}_3$  [Hulisz 2007a]. Towarzyszą temu następujące reakcje wymiany:



Gleby silnie zasolone, a sodowe w szczególności stają się grząskie w stanie uwilgotnienia, a tym samym nieprzejezdne dla wszelkiego rodzaju maszyn rolniczych. W stanie suchym natomiast gleby silnie zasolone stają się zbite, mocno utwardzone, mimo stosunkowo lekkiego składu granulometrycznego [Rytelewski i in. 1986b]. Pod wpływem koncentracji sodu następuje bardzo silna peptyzacja koloidów glebowych, prowadząca do rozpadu stanu agregatowego. Staje się ona gruntem nadzwyczaj zlewnym. Proporcjonalnie do jej zasolenia zatracą swą przepuszczalność i przewiewność, co potwierdzają badania Marcinka i współpracowników [1972, 1984].

W czarnych ziemiach o dużej koncentracji sodu i chloru następuje pogarszanie się wszystkich właściwości fizycznych, chemicznych, biologicznych oraz wartości i przydatności rolniczej. Natomiast redukcja czy też wstrzymanie oddziaływania destrukcyjnych czynników antropogenicznych, łącznie z intensywnymi opadami atmosferycznymi powoduje proces odsalania, przywracając tym samym równowagę w kompleksie sorpcyjnym i roztworze glebowym omawianych gleb [Kaszubkiewicz, Chodak 1999; Kaszubkiewicz i in. 2003b].

### II.3 Charakterystyka czarnych ziem

Czarne ziemie w Polsce zajmują około 2 % terytorium kraju. Największy areal omawianych gleb występuje na Pojezierzu Wielkopolskim z Wysoczyzną Kujawską,

Równinie Kościańskiej, Równinie Łowicko – Błońskiej, Równinie Kutnowskiej a także Równinie Wrocławskiej. Czarne ziemie na obszarze Kujaw zajmują powierzchnię około 84000 ha i jest to największy kompleks gleb tego typu w Polsce [Dąbkowska – Naskręt 1998]. Gleby te znane wcześniej jako czarnoziemny leśno – łąkowe, obecnie zaliczane są ponownie do typu czarnych ziem [Systematyka gleb Polski 1989]. Walory użytkowe czarnych ziem, ich wysoka produktywność powodują, że są to gleby będące w uprawie od kilkuset lat [Cieśla 1965, Sypniewski 1995, Dąbkowska - Naskręt 1998].

W literaturze gleboznawczej istnieją różne hipotezy dotyczące genezy i pochodzenia czarnych ziem. Musierowicz i inni [1952] twierdził, że czarne ziemie z małymi wyjątkami nie są pochodzenia bagiennego, lecz stanowią dalsze stadium ewolucyjne gleb brunatnych. Również Tomaszewski [1952] w swoim studium nad genezą czarnych ziem także nie potwierdził bagiennego pochodzenia tychże gleb. Stwierdził on, że wcześniejszymi fazami gleb na obszarach nizinnych, obecnego występowania czarnych ziem były gleby błotne próchniczno-glejowe lub gleby łąkowe.

Dominującą tezą jest jednak ta, w której stwierdza się niebagatelny udział w tworzeniu czarnych ziem różnych zespołów roślinnych, a w szczególności roślinności bagiennej i łąkowej będącej pod bezpośrednim wpływem płytkiego zwierciadła wód gruntowych [Borkowski 1964, Cieśla 1968, Fenton 1983, Systematyka gleb Polski 1989]. Powstanie czarnych ziem związane jest z akumulacją materii organicznej w warunkach dużej wilgotności w mineralnych utworach glebowych, zasobnych w węglan wapnia i frakcję ilastą. W utworach tych zachodzi proces łączenia się związków humusowych wysyconych wapniem z łem koloidalnym w próchniczne związki organiczno-mineralne, nadające tym glebom gruzelkową strukturę i czarną barwę [Mocek, Drzymała 2000]. Charakterystycznym poziomem diagnostycznym tych gleb jest akumulacyjno-próchniczny poziom *mollic* [Marcinek 1976, Prusinkiewicz, Bednarek 1999]. Innymi poziomami diagnostycznymi mogącymi wytworzyć się w specyficznych warunkach są poziomy: *cambic*, *argillic* i *calcic* [Okruszko, Piaścik 1990, Soil Survey Staff 1998]. Obecność poziomu *cambic* w czarnych ziemiach, świadczy o zachodzącym w materiale glebowym procesie pedogenicznego wietrzenia glinokrzemianów. W czarnych ziemiach, w wyniku procesu wymycia kationów dwuwartościowych z poziomu *mollic* oraz transformacji i translokacji frakcji ilastej w głąb profilu może powstać kolejny poziom diagnostyczny *argillic* [Fenton 1983, Marcinek i Wiślańska 1984, Komisarek 1994, Marcinek i in. 1998]. Dobrze wykształcone iluwium węglanowe w skale macierzystej to ostatni z poziomów diagnostycznych poziom *calcic* z

charakterystycznymi odgórnymi naciekami, konkrecjami i nitkowatymi żyłkami [Okruszek, Piaścik 1990].

Ze względu na znaczny wpływ uwilgotnienia na kształtowanie się czarnych ziem (*Aquolls* – Soil Survey Staff 1998; *Phaeozems, Gleysols* WRB FAO 1998) w obecnej polskiej systematyce, gleby te zalicza się do działu gleb semihydrogenicznych i wyróżnia się następujące podtypy:

- a) czarne ziemie glejowe (*Typic Haplaquolls, Argiaquolls*);
- b) czarne ziemie właściwe (*Haplaquolls: Typic, Cumulic, Typic Calciaquolls*);
- c) czarne ziemie zbrunatniałe (*Aeric Calciaquolls*);
- d) czarne ziemie wylugowane (*Typic Haplaquolls*);
- e) czarne ziemie zdegradowane (szare) (*Argiaquolls: Typic, Abruptic, Arenic –Vertic*);
- f) czarne ziemie murszaste (*Histic Haplaquolls*) [Soil Survey Staff 1998].

Czynnikiem decydującym o żyzności czarnych ziem są niewątpliwie stosunki powietrzno – wodne, które w dużej mierze zależą od gęstości objętościowej masy glebowej. Badania prowadzone przez Cieślę [1962] wykazały, że rezultatem dużego zagęszczenia czarnych ziem, jest ich mała porowatość całkowita, szczególnie w głębszych poziomach profilu glebowych. Duże ubicie gleb stwarza niekorzystne warunki rozwoju systemu korzeniowego roślin oraz powoduje niedobór tlenu i utrudnioną dyfuzję gazów, a w rezultacie spadek plonów. Spośród przebadanych 70 punktów badawczych stwierdzono, że ponad 50 próbek powierzchniowych badanych gleb miało gęstość objętościową większą niż  $1,7\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  [Cieśla 1962, 1968]. Zagęszczenie gleb występujące poniżej warstwy ornej powszechnie znane jest jako tzw. podeszwa płużna. Wśród czynników powodujących nadmierne zagęszczenie gleb może być nie tylko technologia uprawy, ale także obniżenie próchniczności gleb oraz zanik naturalnej struktury gruzełkowej. O trwałości struktury gruzełkowej decyduje zawartość frakcji mniejszych od 0,002 mm. Autorzy wielu publikacji podkreślają specyficzny sposób uziarnienia czarnych ziem. Wśród części ziemistych we wszystkich poziomach profilu czarnych ziem przeważa piasek drobny i pył gruby, natomiast zaobserwowano niewielką zawartość piasku grubego i średniego [Cieśla 1962; Marcinek, Wiślańska 1984; Marcinek, Komisarek 1993; Kobierski, Dąbkowska - Naskręt 2003]. Cechą charakterystyczną jest również niewielka ilość frakcji iłu koloidalnego w górnych warstwach profilu i ewentualne nagromadzenie tej frakcji w dolnych jego częściach (w poziomie przejściowym lub skale macierzystej) w ilościach nie przekraczających procentowej zawartości dwóch wcześniej wspomnianych dominujących frakcji. Na szczególne

podkreślenie zasługuje fakt ujemnego wpływu zawartości frakcji pyłowej na trwałość struktury agregatowej. Ponadto niekorzystny stosunek poszczególnych frakcji i wyróżniająca się drobnoziarnistość materiału glebowego może doprowadzić do zlewności i zadecydować o właściwościach użytkowych gleb [Cieśla i in. 1977]. W glebach nadmiernie zagęszczonych występuje wiele niekorzystnych zjawisk, takich jak: obniżenie infiltracji i zmniejszenie zdolności przewietrzania gleb, zwiększenie mechanicznej oporności gleb dla korzeni roślin oraz obniżenie aktywności enzymatycznej [Marcinek i in. 1995b]. Zagęszczenie gleb ułatwia także spływy powierzchniowe wody opadowej, przez co następują straty wody, a w konsekwencji zachwianie bilansu wodnego [Wojtasik 1995]. Analizując wyniki badań nad wpływem dużego stopnia zagęszczenia gleby na procesy pobierania składników pokarmowych przez rośliny, należy uwzględnić zmniejszenie tempa dostarczania tlenu oraz wzrost koncentracji CO<sub>2</sub> w powietrzu glebowym [Cieśla 1975]. Danielson i Russel [1957] stwierdzili w roślinach oznaki niedoboru azotu i fosforu, gdy gęstość objętościowa gleby przekroczyła pewną granicę. Lawton [1947] także stwierdził obniżenie pobierania składników pokarmowych przez rośliny zbożowe przy ograniczeniu przewietrzania. W roztworach wodnych nastąpiło zmniejszenie pobierania składników przez rośliny w następującej kolejności K>Ca>Mg>N>P. W glebach, w których zmniejszono porowatość przez zagęszczenie utrzymywał się podobny układ pobierania wymienionych składników. Zachwianie gospodarki wodnej i gazowej jest przyczyną nierównomierności wschodów i wzrostu roślin, a w konsekwencji spadku plonowania [Mocek, Owczarzak 1994].

Badania gospodarki wodnej czarnych ziem wykazały, że gleby te zawierają stosunkowo mało wody dostępnej dla roślin [Cieśla 1975]. W latach suchych w czarnych ziemiach stwierdzono niedobory wody, które utrzymywały się poniżej wilgotności krytycznej [Szafrński 1994]. Zaobserwowano wówczas, że stany wód gruntowych obniżyły się w okresie wegetacyjnym ze 160 cm wiosną do 260 cm jesienią, co zmniejszyło zasilanie wierzchnich warstw gleby z podsiąku kapilarnego. Efektem tego zjawiska jest okresowe przesuszenie. Głębokość strefy i intensywność przesuszenia zależy głównie od klimatycznego bilansu wodnego, uziarnienia gleby, rodzaju pokrywy roślinnej i głębokości zwierciadła wody gruntowej. Strefa przesuszenia w czarnych ziemiach obejmuje warstwę o miąższości około 0,6 m. Wilgotność czarnych ziem utrzymuje się często w przedziale wody trudno dostępnej dla roślin, zbliżając się w krytycznych momentach do wilgotności trwałego więdnięcia [Spychalski 1998]. Ponadto duża amplituda wahań zwierciadła wody gruntowej, zmiana szybkości infiltracji i perkolacji wód opadowych ma znaczny wpływ na procesy glebowe i chemizm gleb [Marcinek i in. 1998]. Analizy dowodzą, iż w poszczególnych podtypach

czarnych ziem wraz z podnoszeniem się zwierciadła wód gruntowych maleje przewodność elektrolityczna właściwa, stężenie takich składników rozpuszczalnych w wodzie jak  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Cl}^-$  i  $\text{K}^+$  natomiast wzrasta zawartość  $\text{NO}_3^-$ . Należy dodać, że czas migracji wody i składników w niej rozpuszczalnych od powierzchni gleby do zwierciadła wód gruntowych w latach wilgotnych wynosi dla czarnych ziem od 0,9 do 2,6 roku [Marcinek i in. 1994]. Wielkość odpływu gruntowego z gleb semihydrogenicznych świadczy o tym, iż gleby te mają poważny udział w obszarowym zanieczyszczeniu wód gruntowych. Ze względu jednak na małą prędkość przemieszczania się wody wraz z rozpuszczonymi solami w strefie aeracji, nadmiar składników wprowadzanych do gleby z nawozami mineralnymi może ujawnić się w wodach gruntowych najczęściej dopiero po kilku lub kilkunastu miesiącach [Marcinek i in. 1995a].

Na ujemny bilans wodny czarnych ziem kujawskich, jak już kilkakrotnie wspomniano mają wpływ warunki klimatyczne, ponieważ ilość opadów atmosferycznych na Kujawach należy do najniższych w Polsce. Ponadto stosunkowo rzadkie wykorzystanie nawodnień deszczownianych, jak również często nieprawidłowo przeprowadzone melioracje w kierunku odwodnienia gleb, powodują także niedobory wody w profilu czarnych ziem [Drupka, Gruszka 1993; Szafrąński 1994]. Sprzyja temu też stosunkowo niska lesistość Kujaw i tym samym mała retencyjność wodna ekosystemu. Do niedoborów wody w czarnych ziemiach przyczyniły się także zabiegi techniczne w obrębie sieci hydrotechnicznej, które w założeniu miały porządkować system gospodarowania zasobami wodnymi, a w rzeczywistości prowadziły zazwyczaj do zwiększenia odpływu wód [Gruszka 1996].

Z warunkami powietrzno – wodnymi w czarnych ziemiach związane jest również występowanie oglejenia, spowodowanego nadmiarem wody i warunkami redukcyjnymi, które objawiają się charakterystycznym sino – zielonkawym zabarwieniem całego poziomu lub występowaniem plam związanych z procesami redukcji związków żelaza. Według Terlikowskiego [1954] powstawanie poziomu glejowego w czarnych ziemiach należy wiązać z zastoiskami wody oraz wysokim poziomem wód gruntowych lub wody zaskórnej. Przeprowadzone kilkanaście lat później badania Cieśli [1968] wykazały, że nastąpił znaczący zanik oglejenia w postaci plam. Obserwacje prowadzone w latach dziewięćdziesiątych [Dąbkowska - Naskręt i in. 1997] wskazują, że zanikanie oglejenia jest procesem postępującym. Duże znaczenie mają tutaj warunki klimatyczne i powtarzające się lata posuchy w czasie, których gleba zostaje przesuszona do znacznych głębokości.

Badania prowadzone nad przestrzenną oceną zasobów materii organicznej gleb obszaru Niziny Wielkopolskiej wykazały, że czarne ziemie charakteryzują się zmienną zawartością materii organicznej oraz zróżnicowaną miąższością poziomu akumulacji

próchnicy. W czarnych ziemiach właściwych średnie zasoby próchnicy na 1 ha sięgają wartości prawie 200 ton, przy czym w poziomach akumulacyjnych (A) masa humusu przekracza  $185 \text{ t*ha}^{-1}$ , a na występujące w połowie profili poziomy przejściowe przypadają średnio 23 tony. Procentowa zawartość próchnicy w tych glebach jest również wyraźnie wyższa niż w pozostałych podtypach omawianych gleb. Rozpiętość wyników w tym podtypie glebowym jest bardzo duża, gdyż zawiera się w przedziale  $66\text{-}220 \text{ t*ha}^{-1}$ , co odpowiada 2-7% zawartości próchnicy. Podtyp czarnych ziem zdegradowanych charakteryzują zasoby próchnicy o ponad połowę niższe; średnio  $60,5 \text{ t*ha}^{-1}$ , co odpowiada 1,52% próchnicy w poziomach A i  $17 \text{ t*ha}^{-1}$ , czyli 0,5% próchnicy w poziomach przejściowych AC [Drzymała, Mocek 1993]. Miąższość poziomu A waha się średnio w przedziale 30-50 cm, z wyjątkiem czarnych ziem murszastych gdzie przekracza wielkość 60 cm [Marcinek, Komisarek 1993]. Jest to próchnica nasycona kationami zasadowymi, stosunek C:N jest niewielki i wynosi najczęściej 6-9:1. Wszędzie tam, gdzie występują warunki nadmiernego drenażu, zawartość materii organicznej jak i jej globalne zapasy maleją. W obniżeniach terenu natomiast, na skutek niedostatecznych warunków drenażu i procesów mezohydrobioakumulacji, wzrasta zawartość materii organicznej [Marcinek, Komisarek 1993]. Niewątpliwie czynnikiem stabilizującym glebową materię organiczną może być wysoki poziom wód gruntowych, zasobnych w jony wapnia [Terlikowski 1954]. W czarnych ziemiach powstających w obniżeniach terenu w warunkach zabagnienia gruntowo – glejowego przy udziale płytko zalegających wód gruntowych akumulacja masy organicznej w dużym stopniu związana jest z procesem darniowym. Wielkość tej akumulacji jest skorelowana z wilgotnością gleby. Dotychczas przeprowadzone badania nad jakością materii organicznej w czarnych ziemiach wykazały, że jest ona mniej podatna na chemiczne utlenianie, w porównaniu do materii organicznej innych typów gleb. Uzyskane wyniki potwierdzają, że czarne ziemie posiadają materię organiczną o względnie trwałej strukturze, która wynika z udziału w niej połączeń aromatycznych charakteryzujących się pewną odpornością na procesy oksydacyjne [Janowiak 1993].

Cechą charakterystyczną czarnych ziem wytworzonych na glinie zwałowej, jako skale macierzystej jest znaczna zawartość węglanu wapnia. Czarne ziemie właściwe wykazują z reguły obecność węglanu w całym profilu [Cieśla 1961]. Czarne ziemie zdegradowane, wylugowane i glejowe są glebami w większości pozbawionymi węglanu wapnia we wszystkich poziomach. Natomiast w czarnych ziemiach zbrunatniałych, przemieszczający się wraz z wodami perkolującymi wodorowęglan wapnia, wytrąca się następnie w postaci  $\text{CaCO}_3$  w głębszych warstwach na różnych głębokościach [Marcinek i in. 1998]. Morfologicznie są to

nacieki pokorzeniowe, warstewki, konkrecje twarde i miękkie o zabarwieniu białym, jasnoszarym lub bardzo bladobrazowym [Marcinek, Wiślańska 1984].

Czarne ziemie charakteryzują się również znaczną kationową pojemnością wymienną. Dominującą rolę w kształtowaniu pojemności sorpcyjnej odgrywa frakcja ilasta i duża zawartość próchnicy. Wraz ze wzrostem kationowej pojemności wymiennej gleb proporcjonalnie zwiększa się udział kationów wymiennych dwuwartościowych [Marcinek 1960]. Ponadto kationowa pojemność sorpcyjna decyduje w głównym stopniu o geochemicznej odporności gleb na degradację. Na podstawie wielu uzyskanych wyników badań można stwierdzić, że zdolności sorpcyjne omawianych gleb są bardzo duże [Cieśla 1961, 1968; Mocek 1989; Marcinek i in. 1998]. W kompleksie sorpcyjnym wśród kationów zasadowych zdecydowanie przeważa wapń, którego udział w sumie zasad wynosi od 60 do 90% [Mocek 1989]. Udział magnezu jest również znaczny, gdyż zamyka się z reguły w przedziale 15-25%. Kompleks sorpcyjny czarnych ziem nie poddanych antropopresji w najmniejszym stopniu wysycony jest potasem i sodem, ich zawartość oscyluje w granicach 2-4%. Istotny wpływ na małą ilość potasu wywiera z pewnością duże stężenie jonów wapnia. Zarówno ilość poszczególnych kationów jak i stopień, w jakim wysycają one kompleks sorpcyjny czarnych ziem są według kryteriów Scheffera i Schachtschabela niemal optymalne dla rozwoju roślin [Mocek 1989].

Duża zasobność czarnych ziem w zasady wpływa na kształtowanie się odczynu tych gleb. Dość wysokie pH badanego areału gleb wskazuje na mały udział w kompleksie sorpcyjnym kationów wodoru. Stan ten potwierdzają także wartości kwasowości hydrolitycznej nie przekraczające na ogół  $2 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  gleby [Cieśla 1961; Mocek 1989].

Prowadzone od szeregu lat analizy zawartości metali ciężkich w glebach uprawnych wskazują, że gleby te, w tym czarne ziemie należy zaliczyć do gleb niezanieczyszczonych o zawartości metali ciężkich na poziomie tła geochemicznego [Łabaz i in. 2001]. Pomimo tego niektóre obszary w pobliżu Inowrocławia (Małtwy, Janikowo, Borkowo) charakteryzują się podwyższoną zawartością ołowiu i niekiedy cynku, co związane jest prawdopodobnie z emisjami lokalnego przemysłu, elektrociepłowni i lokalnych kotłowni oraz zanieczyszczeniami komunikacyjnymi [Cieśla i in. 1994, Dąbkowska - Naskręt 1998]. W świetle wyników badań dotyczących zawartości przyswajalnych form mikroelementów w czarnych ziemiach można stwierdzić, że intensywna produkcja rolna nie spowodowała większych niedoborów tychże składników. Czarne ziemie są glebami zasobnymi w takie pierwiastki śladowe jak miedź, cynk, selen, chrom i nikiel. Pierwiastkami, których zawartość w czarnych ziemiach określa się jako niską są bor i mangan [Kociałkowski, Cieśla 1968,

Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Bydgoszczy 1996]. Niskie stężenie przyswajalnego manganu związane jest prawdopodobnie z odczynem gleb, natomiast mała zasobność poziomów orno – próchnicznych w bor wynika ze znacznego poboru tego pierwiastka przez uprawiane na tych terenach rośliny okopowe, a przede wszystkim buraki cukrowe.



### **III Materiał i metody badań**

#### **III.1 Materiał badań**

##### **III.1.1 Lokalizacja obszaru badań**

Obszarem badań był park zdrojowy w Inowrocławiu znajdujący się w części uzdrowskiej, położonej w zachodniej części miasta. Strefę uzdrowską zamykają od strony zachodniej i północno – zachodniej tory kolejowe, od strony północnej ulica Narutowicza, od wschodu ciąg ulicy Roosevelta, a od południa ulica Wierzbińskiego.

Miasto Inowrocław usytuowane jest na Równinie Inowrocławskiej wchodzącej w skład mezoregionu Pojezierze Wielkopolskie. Jest ona płaską wysoczyzną morenową (80 – 100 m n.p.m.) o powierzchni 1540 km<sup>2</sup>, położoną na północ od Pojezierza Kujawskiego; na południe od Kotliny Toruńskiej i na wschód od Pojezierza Gnieźnieńskiego [Kondracki 1998].

##### **III.1.2 Geologia i geomorfologia terenu**

Obszar Równiny Inowrocławskiej leży w południowo – zachodnim skrzydle Antyklinorium Kujawskiego i wykazuje duże zróżnicowanie w budowie geologicznej. Antyklinorium Kujawskie jest częścią Antyklinorium Środkowoeuropejskiego. Na zachodnim przedpolu platformy wschodnioeuropejskiej istniał prawdopodobnie już od kambru zbiornik epikontynentalny, który przez perm i mezozoik miał tendencję do obniżania się. W wyniku sedymentacji permsko-mezozoicznej wzdłuż brzegu platformy wschodnioeuropejskiej, na przedpolu zbiornika epikontynentalnego powstała bruzda o cechach nietypowej geosynkliny, w której osady osiągnęły miąższość kilku tysięcy metrów. Ruchy wznoszące słabo zaznaczyły się już na granicy triasu i jury. W jurze środkowej nastąpiło nasilenie ruchów tektonicznych, powodując słabe sfałdowanie i wypiętrzenie strefy osiowej basenu środkowoeuropejskiego. Najintensywniej wydzwignięty został obszar Antyklinorium Środkowopolskiego, którego ostateczne ukształtowanie przypada na pogranicze kredy i trzeciorzędu. Po tym okresie nastąpiły silne procesy erozyjne, które doprowadziły do znacznego zdenudowania powierzchni Antyklinorium Środkowopolskiego. Na Antyklinorium Kujawskim pod utworami kenozoicznymi występują utwory kredy dolnej. Wyróżnia się w nim ponadto szereg antyklin. Jedną z nich jest antyklina Inowrocławia, w obrębie której znajduje się wysad solny należący do cechsztyńskiej formacji solnej. W rejonie wysadu serie solne przykryte są czapą zbudowaną z gipsów, iłów i anhydrytów, o średniej miąższości 100 m. Cechsztyńskie utwory

solonośne, począwszy od jury środkowej zostały silnie zdeformowane w wyniku halokinezy. Powstały w ten sposób wysady solne – w Inowrocławiu i miejscowości Góra o znaczeniu przemysłowym. Wysad solny w Inowrocławiu został wydźwignięty z głębokości około 6000 metrów. W przekroju poziomym ma kształt wydłużonej elipsy, której dłuższa oś przebiega zgodnie z kierunkiem N – S. Długość wysadu na głębokości około 100 m p.p.t. wynosi około 2,5 km, a szerokość około 1 km. Na głębokości 600 m p.p.t. powierzchnia wysadu wynosi około 2 km<sup>2</sup>. Natomiast w przekroju pionowym wysad przedstawia się jako słup pochylony i rozszerzający się w kierunku zachodnim. Strop zwierciadła solnego zalega średnio na głębokości 150 m p.p.t. Złoże solne Inowrocław zbudowane jest z całego szeregu warstw solnych i towarzyszących im silnie sfałdowanych warstw płonych. Seria solna, składa się z szeregu naprzemianległych ławic i warstw czystej soli kamiennej, soli zanieczyszczonej iłem i anhydrytem, iłu solnego (zubru) i czystego anhydrytu. W tym licznym szeregu warstw znajduje się też kilka pokładów i przerostów z solami potasowo – magnezowymi [Poborski 1960, Papierkowski 1963, Cybulski 1972]. Miąższość serii solnej została rozpoznana do głębokości 632 m i dzieli się na trzy cyklotemy o zróżnicowanej zawartości chlorku sodu. Kopalinę użyteczną stanowiły sole kamienne grubo- i średnioziarniste, białe i kolorowe [Tatka 1983].

Obszar Inowrocławia podścielony jest marglami i wapieniami górnej jury, które odsłaniają się na powierzchni w okolicy Barcina. Młodsze utwory triasowe wykształcone są w postaci iłów i piaskowców [Aleksandrowicz 1999]. Podłoże mezozoiczne badanego regionu jest zróżnicowane pod względem urzeźbienia, czego wynikiem jest wystąpienie niewielkiej depresji w okolicy Radziejowa [Jeziorski 1991]. Osady plioceńskie zalegają na całym niemal Kujawach i reprezentowane są przez bezwapienne iły położone na zróżnicowanej głębokości. Właśnie wspomniane utwory trzeciorzędowe wpłynęły przede wszystkim na ukształtowanie się pradolin i wysoczyzn w regionie oraz na układ sieci rzecznej i jezior rynnowych. W warstwach powierzchniowych dominują natomiast utwory plejstoceniowe, wykształcone w postaci glin lodowcowych o charakterystycznej dla badanego regionu wysokiej zawartości CaCO<sub>3</sub>, która prawdopodobnie pochodzi z rozrucia i wymieszania się skał mezozoiku przez postępujący lodowiec [Cieśla 1961, Jeziorski 1991]. Są to gliny odgórnie spiaszczone o wyrównanym składzie granulometrycznym i chemicznym [Cieśla 1968]. Gliny te zostały zdeponowane podczas zlodowacenia wisły fazy poznańskiej. Łądolód fazy poznańskiej cofał się nierównomiernie, o czym świadczą pasma moren recesyjnych z nielicznymi polami kemowymi i szlakami odwodnienia pradolinowego [Piekarska 1982]. Na obszarze tym

występuje charakterystyczny typ krajobrazu równin i wzniesień morenowych oraz pasmo tarasów z wydłami poprzecinany licznymi dolinami akumulacyjnymi [Gilewska 1999]. Zaledwie 10% powierzchni regionu przykrywają utwory holoceny, do których należą: torfy, osady aluwialne, piaski rzeczne i deluwialne [Kasprzak, Kozarski 1984].

Zweryfikowaną budowę geologiczną terenu badań przedstawiono na podstawie dokumentacji hydrogeologicznej odwiertu wykonanego w 1995 roku na terenie parku zdrojowego [Miller 1995].

|             |   |                    |
|-------------|---|--------------------|
| 0,0 – 0,3   | nawierzchnia asfaltowa                      |                    |
| 0,3 – 1,0   | gleba                                       |                    |
| 1,0 – 1,45  | glina polodowcowa, brązowa                  |                    |
| 1,45 – 7,2  | glina piaszczysta polodowcowa, żółtobrązowa |                    |
| 7,2 – 9,9   | piasek drobnoziarnisty, brązowy             |                    |
| 9,9 – 10,2  | ił brązowy                                  | <b>czwartorzęd</b> |
| 10,2 – 11,0 | piasek drobnoziarnisty, brązowy             |                    |
| 11,0 – 12,5 | piasek drobnoziarnisty, beżowy              |                    |
| 12,5 – 14,1 | piasek średnioziarnisty, beżowy             |                    |
| 14,1 – 14,9 | glina zwałowa piaszczysta z gładami, szara  |                    |
| 14,9 – 38,0 | mułowiec ciemnoszary z licznymi amonitami   | <b>jura</b>        |

W profilu wiercenia rozpoznano w całości utwory czwartorzędowe o miąższości 14,9 m, poniżej których występują utwory jurajskie. Brak jest natomiast utworów trzeciorzędowych. Występowanie jury środkowej (doggeru) bezpośrednio pod czwartorzędem wskazuje, że zasięg wypiętrzenia utworów jurajskich na zachód od permskiego wysadu solnego Inowrocławia jest większy od przewidywanego w badaniach hydrogeologicznych.

W profilu utworów czwartorzędowych stwierdzono warstwę wodonośną piasków drobnoziarnistych i średnioziarnistych występujących na głębokościach 7,2 – 14,1 metra, z przewarstwieniem łu w przelocie 9,9 – 10,2 metra. Statyczne zwierciadło wody ustaliło się na poziomie 4,85 metra. Występująca w tej warstwie woda chlorkowo – sodowa nie odpowiada normom stawianym dla wód pitnych i na potrzeby gospodarcze ze względu na:

- dużą zawartość chlorków –  $1340 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Cl}$  (norma do  $300 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Cl}$ );
- dużą twardość wody –  $770 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ CaCO}_3$  (norma do  $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ CaCO}_3$ );
- zwiększone ilości żelaza –  $2,25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Fe}$  (norma do  $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ Fe}$ );
- dużą suchą pozostałość –  $2924 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  (norma do  $1000 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Ponadto analiza wykazała dużą zawartość kationów sodowych  $820 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  i wapniowych  $205,41 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  oraz małą kationów magnezowych  $57,77 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  i potasowych  $47 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  [Miller 1995].

### **III.1.3 Rys historyczny powstania oraz infrastruktura uzdrowiska i parku zdrojowego w Inowrocławiu.**

Historia uzdrowiska w Inowrocławiu jest ściśle związana z historią dziejów rejonu Kujaw. Jak wynika z dokumentów historycznych już w XV wieku Inowrocław posiadał łaźnie miejskie – balneum civile. O łaźniach tych widnieje wzmianka w dokumencie wydanym przez króla Kazimierza Jagiellończyka w 1450 roku. W obiektach tych wyposażonych w wanny można było już wtedy zarzywać kąpeli parowych i natrysków. Wodę do łaźni zawierającą znaczne ilości chlorków, węglanów, kwasu węglowego, siarkowodoru i siarczanów pobierano ze studni miejskich [Hasik, Gawlak 1996]. Przełomowym w rozwoju uzdrowiska w Inowrocławiu stał się wiek XIX kiedy to odkryto potężne pokłady soli i powstała warzelnia, a następnie kopalnia (1873). Rozpoczęte w 1835 roku i w latach następnych wiercenia potwierdziły obecność 4-5 % solanki, a w 1871 roku dowiercono się do pokładów soli i solanki 12 %.

Z inicjatywy ziemianina, właściciela pobliskiego Rębina, doktora praw Zygmunta Wilkońskiego powstała w 1875 roku spółka akcyjna „Solanki Inowrocławskie”. Spółka ta została zarejestrowana w Sądzie Powiatowym w Inowrocławiu dnia 4 maja 1875 roku. Pierwszy jeszcze nieduży zakład kąpielowy na 14 wanien do kąpeli solankowych wybudowano w 1876, a drugi na 15 wanien dla leczenia dzieci w 1877 roku [Hasik, Gawlak 1996]. Wraz z pojawieniem się pierwszych budynków zaczął funkcjonować także park zdrojowy zaprojektowany przez Lucjana Grabskiego i Michała Budzińskiego. Prace nad przyszłym parkiem trwały aż cztery lata (1872-1876). W ostatecznym kształcie przyjął on styl neobarokowej kompozycji ogrodowej, o układzie geometrycznym, w znacznym stopniu do dziś zachowanym (rys. 1, 5). Niestety w toku późniejszych akcji zadrzewieniowych szereg wnętrz parkowych zniszczono poprzez nieprzemyślane nowe nasadzenia. Szatę roślinną parku stanowią w przeważającej mierze drzewa liściaste w mniejszym stopniu drzewa iglaste (rys. 2, 3), krzewy zimozielone (rys. 4) w postaci szpalerów i żywopłotów tworzących naturalne pasy izolacyjne od kolei i tras komunikacyjnych oraz rozlokowane szczególnie w części środkowej parku różnorodne rabaty kwiatowe (rys. 1, 9) [Plan zagospodarowania...1989].

W rok po śmierci Wilkońskiego tj. w 1881 roku zakład solankowy, dom zdrojowy i park solankowy przeszły na własność miasta. W 1890 roku dzięki inicjatywie polskiego



Rys. 1 Widok na muszlę koncertową



Rys. 2 Alejki parkowe, strona południowa



Rys. 3 Widok na średni staw



Rys. 4 Tereny rekreacyjne w centralnej część parku



Rys. 5 Ciagi spacerowe w centralnej części parku



Rys. 6 Duży staw





Rys. 7 Widok na konstrukcję ścian bocznych tężni



Rys. 8 Centrum tężni



Rys.9 Zagospodarowanie terenów w sąsiedztwie tężni

społeczeństwa i członka Rady Miejskiej dr Józefa Krzemińskiego powstał nowoczesny jak na owe czasy Zakład Przyrodolecznicy posiadający 26 wanien do kąpieli solankowych, kwasowęglowych, igliwiowych i borowinowych. W roku 1910 zbudowano ciepłarnię, istniejącą do dzisiaj, gdzie zimą przechowywane są rośliny egzotyczne, a pięć lat później pijalnię wód mineralnych głównie Kujawianki. Lata międzywojenne to dalsza rozbudowa infrastruktury uzdrowiskowej, powstanie Zakładu Kąpieli Borowinowych, trzeciego zakładu przyrodoleczniczego oraz upiększanie parku poprzez zagęszczenie zieleni, budowę mostu nad stawkiem (rys. 6, 9) i muszli koncertowej (rys. 1). Po zakończeniu wojny zaczęto usuwać zniszczenia i przeprowadzać konieczne remonty w celu jak najszybszego uruchomienia uzdrowiska. W roku 1963 otwarto Dom Wczasowo – Wypoczynkowy Związku Zawodowego Pracowników Energetyki, który w 1966 przekształcono w sanatorium „Energetyk”. W latach 1972-1976 zbudowano sanatorium dla pracowników leśnictwa i przemysłu drzewnego pod nazwą „Modrzew”. W kwietniu 1980 roku otwarto nowy obiekt sanatoryjny „Metalowiec”, a w 1988 oddany został do dyspozycji pacjentów „Zespół Sanatorium Komбатant”. Niewątpliwie szczególną funkcję architektoniczno – krajobrazową i terapeutyczną pełnią wybudowane niedawno tężnie solankowe (rys. 7, 8).

Naturalne bogactwa zdrojowiskowe Inowrocławia stanowią solanki i borowina. Podstawowym surowcem uzdrowiska jest stężona solanka (28–31 %), dostarczana rurociągiem z kopalni soli w Górze do własnych zbiorników, skąd pompuje się ją do poszczególnych zakładów przyrodoleczniczych i sanatoriów. Solanki tej, po odpowiednim rozcieńczeniu (2 – 5 %) używa się do kąpieli solankowych, a po nasyceniu CO<sub>2</sub> do kąpieli kwasowęglowych oraz do inhalacji. W roztworze tym przeważa chlorek sodowy, któremu towarzyszą sole wapniowe i magnezowe zarówno chlorki jak i siarczany, w ilości nieznacznie wpływającej na zmianę charakteru wody jako typowej solanki [Papierkowski 1963, Analizy chemiczne laboratorium Inowrocławskich Kopalni Soli 2000 - 2005]. W latach trzydziestych ubiegłego stulecia na terenie uzdrowiska dowiercono się do źródła solanki niskoprocentowej (1-1,5 %) mającej cechy wody mineralnej wapniowo – magnezowo – jodowo – bromowej. Badania wykazały, że solanka ta zwana „Kujawianką” pobudzała przede wszystkim układ pokarmowy i przyspieszała przemianę materii. Po zaniechaniu z przyczyn technicznych eksploatacji wspomnianego źródła wody mineralnej w latach dziewięćdziesiątych na terenie PPU Inowrocław udało się dokonać uruchomienia odwiertu na głębokości 14m i uzyskać wodę mineralną o znacznie niższej mineralizacji – 0,33 %, zawierającej jednak znaczne ilości sodu, chlorków, wodorowęglanów, a także magnez, wapń i siarczany. Do kuracji pitnych



stosowało się również solankę gorzką z odwiertu D, przekazanego uzdrowisku do eksploatacji w 1957 roku.

Uzdrowisko Inowrocław oraz tereny przyległe ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną obfitują w wiele ujęć wody mineralnej, które jednak w minionych latach z przyczyn technicznych i finansowych nie doczekały się rozpoczęcia eksploatacji. Godnym podkreślenia jest fakt występowania wydajnego źródła wód geotermalnych na terenie parku zdrojowego o temperaturze rzędu 48°C w miejscu wypływu [Biernat i in. 1997]. Niewątpliwie wszystkie wyżej opisane tworzywa naturalne pomagają w rozwoju infrastruktury uzdrowiskowej i sprecyzowaniu profili leczniczych uzdrowiska w Inowrocławiu.

Obecnie Uzdrowisko Inowrocław oferuje następujące profile lecznicze: schorzenia reumatyczne i stany pourazowe układu kostno – stawowego, choroby układu krążenia i naczyń obwodowych, choroby przewodu pokarmowego, otyłość i zaburzenia przemiany materii, choroby górnych dróg oddechowych, choroby dróg rodnych i schorzenia jamy ustnej (paradontopatie) [Hasik, Gawlak 1996].

### III.1.4 Klimat Inowrocławia

Równina Inowrocławska znajduje się w regionie klimatu Wielkich Dolin. Pomiarów opadów atmosferycznych i temperatury powietrza w latach 1981-1996 pozwoliły scharakteryzować badany region jako jeden z najsuchszych w Polsce, o wartości opadów atmosferycznych w większości nie przekraczających 480 mm. Jednakże mimo niskich opadów są one dosyć korzystnie rozłożone w okresie wegetacji roślin [Żarski, Dudek 1997]. Liczba dni z opadami wynosi średnio 140; średnia roczna temperatura oscyluje w granicach +8°C. Dni z temperaturą wyższą niż +30°C i niższą niż -20°C występują sporadycznie. Okres wegetacji trwa średnio 216 dni [Żarski, Dudek 1997]. Opisując warunki anemometryczne warto zwrócić uwagę na fakt przewagi wiatrów z kierunków zachodnich, o małej prędkości (do 2m/sek) oraz występowania dużej ilości cisz. Charakterystykę tę potwierdzają szczegółowe dane meteorologiczne pochodzące z budki meteorologicznej umiejscowionej na terenie parku zdrojowego w Inowrocławiu. W roku 2004 opad roczny wynosił 491mm, najwyższe ilości opadów atmosferycznych przypadają na miesiąc maj, czerwiec oraz sierpień, a więc w szczycie sezonu wegetacyjnego. Średnia roczna temperatura powietrza to 8,6°C, najchłodniejszym miesiącem był styczeń (śr. temp. -5°C), natomiast najcieplejszym sierpień (śr. temp. +19,4°C). Warto podkreślić, iż w badanym roku ani razu nie zaobserwowano dni z temperaturą wyższą niż +30°C lub niższą niż -20°C. Analizując siłę wiatru, w większości

przypadków nie przekraczała ona 2 m/s, a dominującym kierunkiem wiatru był kierunek zachodni (W, NW, SW).

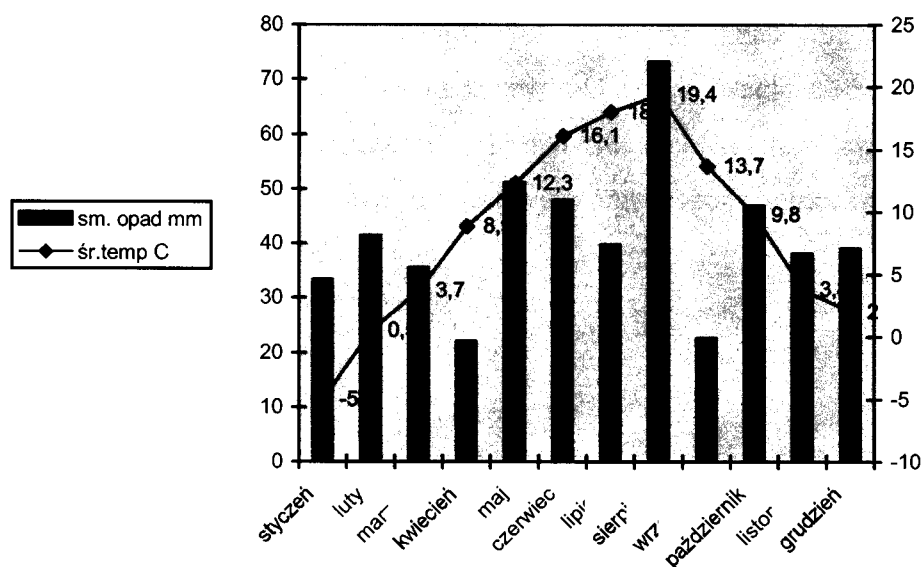
Wybrane dane meteorologiczne dla analizowanego obszaru w roku badań (2004) zmierzone w miejscowym posterunku meteorologicznym przedstawia tab. 1 i rys. 10:

Tab. 1

Dane meteorologiczne z punktu pomiarowego zlokalizowanego w parku zdrojowym

| Miesiące | Średnia temp.pow [°C] | Wilgotność względna[%] |           |           | Siła wiatru [m/s] |           |           | Kierunek wiatru (przewaga) | Opady atmosf. [mm] |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|----------------------------|--------------------|
|          |                       | 6.00 GMT               | 12.00 GMT | 18.00 GMT | 6.00G MT          | 12.00 GMT | 18.00 GMT |                            |                    |
| I        | -5,0                  | 91                     | 84        | 90        | -                 | -         | -         | -                          | 33,3               |
| II       | 0,5                   | 89                     | 80        | 88        | -                 | -         | -         | -                          | 41,4               |
| III      | 3,7                   | 93                     | 70        | 80        | -                 | -         | -         | -                          | 35,5               |
| IV       | 8,9                   | 86                     | 58        | 64        | -                 | -         | -         | -                          | 22,1               |
| V        | 12,3                  | 68                     | 63        | 68        | -                 | -         | -         | -                          | 51,1               |
| VI       | 16,1                  | 82                     | 62        | 70        | -                 | -         | -         | -                          | 48,0               |
| VII      | 18,0                  | 86                     | 62        | 68        | 1,3               | 2,0       | 0,9       | W                          | 39,8               |
| VIII     | 19,4                  | 87                     | 62        | 68        | 1,2               | 1,8       | 0,8       | W                          | 73,2               |
| IX       | 13,7                  | 93                     | 64        | 77        | 1,1               | 2,1       | 0,9       | W                          | 22,6               |
| X        | 9,8                   | 95                     | 76        | 90        | 1,2               | 2,0       | 1,1       | W                          | 46,9               |
| XI       | 3,8                   | 95                     | 87        | 91        | 1,7               | 2,2       | 1,8       | W                          | 38,1               |
| XII      | 2,0                   | -                      | -         | -         | -                 | -         | -         | -                          | 39,1               |

(-) – brak pomiaru



Rys. 10 Średnie miesięczne temperatury oraz miesięczne sumy opadów w roku 2004

### III.1.5 Budowa i usytuowanie tężni

Tężnie w formie dwóch połączonych sześcioboków, są konstrukcją drewnianą z czterema wejściami prowadzącymi do ich wewnętrznej części. Łączna długość ścian tężni wynosi 322 metry, a wysokość 9 metrów. Ściany są ciasno wypełnione ułożonymi gałęziami tarniny. Na tarasie, po obu jego stronach znajdują się drewniane rynny, do których pompowana jest solanka o składzie podanym w tab. 2. Stąd przez liczne otwory ścieka na gałęzie, na których rozpryskuje się opadając grawitacyjnie do dolnych basenów. Na dużej powierzchni utworzonej z gałęzi tarniny solanka ulega częściowo rozdrobieniu na cząstki aerozolu i równoczesnemu zateżeniu przez odparowanie wody (tab. 2). Następnie spływa do zbiornika u dołu tężni i stamtąd do basenu, z którego kierowana jest na górę zgodnie z ustalonym kierunkiem. Zbiornik, w którym gromadzona jest solanka po spłynięciu z tężni, usytuowany jest w środkowej części obiektu.

Solanka podawana jest na tężnie w obiegu ciągłym. Jej stężenie jest regulowane w pompowni, w której odbywa się tłoczenie solanki systemem rur w górę na taras. Na górny taras tężni prowadzą 22 rury wylewkowe. W części A znajduje się 14 punktów wyprowadzenia solanki, pompy pracują efektywnie, co uwidacznia się jej obfitym spływem. W części B znajduje się 8 punktów wyprowadzenia, pompy pracują tutaj z mniejszą wydajnością i solanka nie wszędzie dociera (rys. 11).

Zateżona solanka jest rozcieńczana wodą zdatną do picia do stężenia około 6%. Wymiana solanki i czyszczenie zbiornika następuje 2 – 4 razy w roku [Latour i in. 2004].

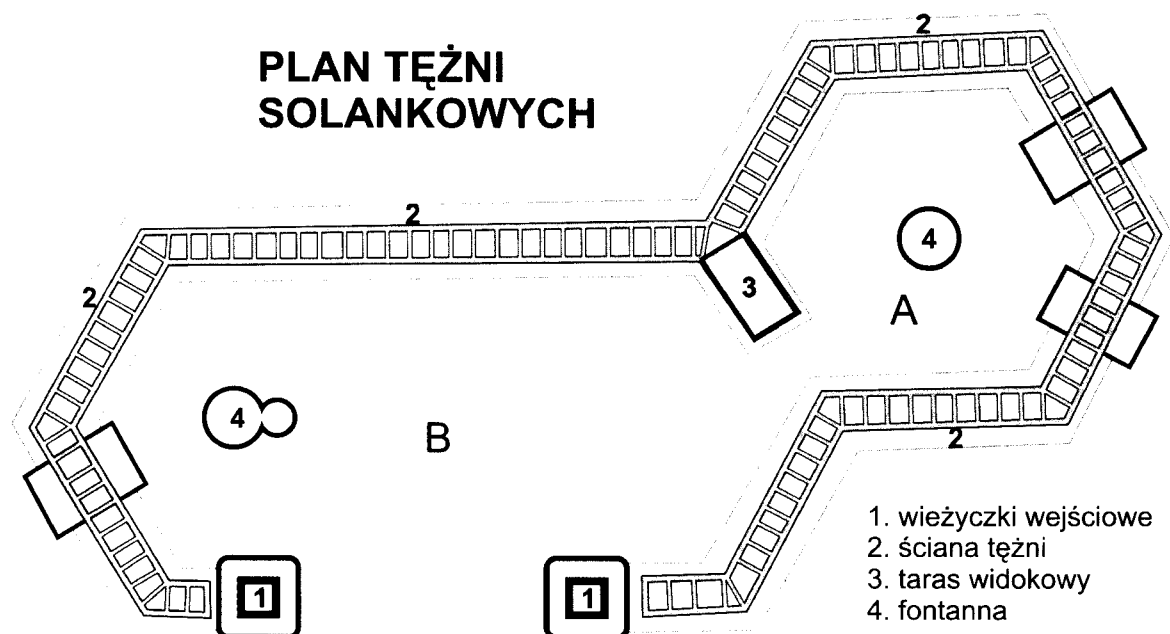
Tężnia znajduje się na skraju Parku Solankowego, po zachodniej stronie miasta. Takie usytuowanie geograficzne jest bardzo korzystne, z tego względu, że w Polsce dominuje cyrkulacja powietrza atmosferycznego z kierunków zachodnich. Przez przeważającą liczbę dni w roku na obszar parku i tężni nie jest więc przenoszona zanieczyszczona powietrze od strony miasta [Latour i in. 2004].

Tab. 2

## Skład solanki tężniowej

| Rodzaj składnika              | Solanka podawana na tężnie   | Solanka po sphygnięciu z tężni |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| pH                            | 7,8                          | 7,5                            |
| kationy                       |                              |                                |
| Na <sup>+</sup>               | 18160,00 mg*dm <sup>-3</sup> | 21530,00 mg*dm <sup>-3</sup>   |
| Ca <sup>2+</sup>              | 424,85 mg*dm <sup>-3</sup>   | 464,93 mg*dm <sup>-3</sup>     |
| Mg <sup>2+</sup>              | 228,47 mg*dm <sup>-3</sup>   | 175,00 mg*dm <sup>-3</sup>     |
| aniony                        |                              |                                |
| Cl <sup>-</sup>               | 28000 mg*dm <sup>-3</sup>    | 33200 mg*dm <sup>-3</sup>      |
| J <sup>-</sup>                | 2,1 mg*dm <sup>-3</sup>      | 2,3 mg*dm <sup>-3</sup>        |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 414,93 mg*dm <sup>-3</sup>   | 463,74 mg*dm <sup>-3</sup>     |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | 0,38 mg*dm <sup>-3</sup>     | 0,48 mg*dm <sup>-3</sup>       |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>  | n.s.                         | n.s.                           |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1341,49 mg*dm <sup>-3</sup>  | 1316,80 mg*dm <sup>-3</sup>    |
| NaCl                          | 46160 mg*dm <sup>-3</sup>    | 54730 mg*dm <sup>-3</sup>      |
| Suma oznacz. składników       | 48572,20 mg*dm <sup>-3</sup> | 57152,22 mg*dm <sup>-3</sup>   |

Dane PZH, Zakładu Tworzyw Uzdrawiskowych w Poznaniu



Rys. 11 Schemat budowy tężni w Inowrocławiu

### III.1.6 Skład aerozoli wokół tęźni

Występujące wokół tęźni powietrze zawiera znaczne ilości aerozolu, którego skład chemiczny jest zmienny w czasie, co obrazują wyniki wykonane przez Państwowy Zakład Higieny, Zakład Tworzyw Uzdrowiskowych w Poznaniu zamieszczone w tab. 3, 4 i 5.

Tab. 3  
Wyniki badania próbek aspirowanych przy tęźniach solankowych w Inowrocławiu w dniach  
6 – 8 kwietnia 2004

| Lp.                  | Data pobrania | Godz. pobrania | Miejsce poboru – wys. od pow.spac. | Nr próby | Czas aspirowania | Przewod. $\times 10^{-6}$ S $\cdot$ cm $^{-1}$ | Stęż. Cl $^{-}$ mg $\cdot$ m $^{-3}$ powietrza | Stęż. Na $^{+}$ mg $\cdot$ m $^{-3}$ powietrza | Stężenie NaCl mg $\cdot$ m $^{-3}$ powietrza |
|----------------------|---------------|----------------|------------------------------------|----------|------------------|--|--|--|--|
| Na trasie spacerowej |               |                |                                    |          |                  |  |  |  |  |
| 1.                   | 7.04          | 9.40           | 0,5-przy łąwce                     | 5        | 2h               | 2,40   | 1,00   | 0,67   | 1,67   |
| 2.                   | 7.04          | 9.40           | 1,20                               | 6        | 2h               | 3,24   | 1,31   | 0,85   | 2,16   |
| 3.                   | 7.04          | 12.00          | 0,5-przy łąwce                     | 7        | 1h               | 1,92   | 0,51   | 0,33   | 0,84   |
| 4.                   | 7.04          | 12.00          | 1,20                               | 8        | 1h               | 4,10   | 0,66   | 0,43   | 1,09   |
| 5.                   | 7.04          | 14.00          | 0,5-przy łąwce                     | 9        | 2h               | 6,32   | 2,42   | 1,57   | 3,99   |
| 6.                   | 7.04          | 14.00          | 1,20                               | 10       | 2h               | 10,48  | 1,0  | 0,87   | 1,87   |
| Taras nad tęźniami   |               |                |                                    |          |                  |  |  |  |  |
| 7.                   | 6.04          | 13.30          | 0,5-przy łąwce                     | 1        | 2h               | 12,50  | 1,34   | 2,64   | 3,98   |
| 8.                   | 6.04          | 13.30          | 1,20                               | 2        | 2h               | 12,75  | 3,47   | 2,25   | 5,72   |
| 9.                   | 6.04          | 15.40          | 0,5-przy łąwce                     | 3        | 2h               | 3,82   | 1,43   | 0,93   | 2,36   |
| 10.                  | 6.04          | 15.40          | 1,20                               | 4        | 2h               | 6,27   | 1,0  | 0,81   | 1,81   |
| 11.                  |               |                | woda dejonizow. użyta do płuczek   |          |                  | 0,975  | n.s.   | n.s.   | n.s.   |

n.s. – nie stwierdzono

Dane PZH, Zakładu Tworzyw Uzdrowiskowych w Poznaniu

Tab. 4

Wyniki badania próbek aspirowanych przy tężniach solankowych w Inowrocławiu w dniach  
8 – 10 lipca 2004

| Lp.                  | Data pobrania | Godz. pobrania | Miejsce poboru – wys. od pow.spac.   | Nr próby | Czas aspirowania | Przewod. $\times 10^{-6}$ S*cm <sup>-1</sup> | Stęż. Cl <sup>-</sup> mg*m <sup>-3</sup> powietrza | Stęż. Na <sup>+</sup> mg*m <sup>-3</sup> powietrza | Stężenie NaCl mg*m <sup>-3</sup> powietrza |
|----------------------|---------------|----------------|--------------------------------------|----------|------------------|--|--|--|--|
| Na trasie spacerowej |               |                |                                      |          |                  |  |  |  |  |
| 1.                   | 8.07          | 14.30          | 0,5-przy ławce                       | 1        | 2h               | 5,96   | 1,08   | 0,70   | 1,78                                       |
| 2.                   | 8.07          | 17.00          | na alejce na zewn. tężni-180 cm n.z. | 2        | 2h               | 3,71   | 0,48   | 0,31   | 0,79                                       |
| 3.                   | 9.07          | 9.00           | 1m n.z.- przepomp.                   | 3        | 2h               | 16,34  | 4,83   | 3,13   | 7,76                                       |
| 4.                   | 9.07          | 12.30          | 170cm n.z. przy przepomp.            | 4        | 2h               | 66,00  | 29,4   | 19,53  | 48,97                                      |
| Taras nad tężniami   |               |                |                                      |          |                  |  |  |  |  |
| 5.                   | 9.07          | 15.00          | 1m od podł.taras                     | 5        | 2h               | 35,2   | 13,40  | 8,67   | 22,07                                      |
| 6.                   | 9.07          | 17.30          | 1m od podł.taras                     | 6        | 2h               | 35,2   | -  | -  | pom.przer. burza                           |
| 7.                   | 9.07          | 20.00          | san.Kuja wianka                      | 7        | 2h               | 5,86   | 1,8  | 1,28   | 3,18                                       |
| 8.                   | 10.07         | 9.00           | ok.1m nad podł.                      | 8        | 2h               | 4,19   | 1,1  | 0,62   | 1,72                                       |
| 9.                   |               |                | woda dejonizow użyta do płuczek      |          |                  | 0,975  | n.s.   |  |  |

n.s. – nie stwierdzono

Dane PZH, Zakładu Tworzyw Uzdrawiskowych w Poznaniu

Tab. 5  
Wyniki badania próbek aspirowanych przy tęźniach solankowych w Inowrocławiu w dniach  
21 – 22 września 2004

| Lp.                  | Data pobrania | Godz. pobrania | Miejsce poboru – wys. od pow.spac. | Nr próby | Czas aspirowania | Przewod. $\times 10^{-6}$ $S \cdot cm^{-1}$ | Stęż. $Cl^{-}$ $mg \cdot m^{-3}$ powietrza | Stęż. $Na^{+}$ $mg \cdot m^{-3}$ powietrza | Stężenie $NaCl$ $mg \cdot m^{-3}$ powietrza |
|----------------------|---------------|----------------|------------------------------------|----------|------------------|---|--|--|---|
| Na trasie spacerowej |               |                |                                    |          |                  |   |  |  |   |
| 1.                   | 22.09         | 10.00          | pobr.z wys.głowy 170cm n.z         | 4        | 2h               | 0,502 $\times 10^{-3}$                      | 449,74                                     | 291,41                                     | 741,19 <sup>1</sup>                         |
| 2.                   | 22.09         | 9.40           | pobr.1m n.z                        | 5        | 2h               | 0,431 $\times 10^{-3}$                      | 358,35                                     | 232,34                                     | 590,69 <sup>2</sup>                         |
| 3.                   | 22.09         | 13.00          | pobr. od str.fontann               | 6        | 2h               | 0,112 $\times 10^{-3}$                      | 58,23                                      | 37,73                                      | 95,96                                       |
| 4.                   | 22.09         | 13.30          | pobr.od str.fontann                | 7        | 2h               | 0,092 $\times 10^{-3}$                      | 45,87                                      | 29,72                                      | 75,59                                       |
| Taras nad tęźniami   |               |                |                                    |          |                  |   |  |  |   |
| 5.                   | 21.09         | 13.10          | wys.1m od podłogi                  | 1        | 2h               | 6,65  | 6,16                                       | 3,99                                       | 10,15                                       |
| 6.                   | 21.09         | 13.10          | ławka wys.0,5m nad podł.           | 2        | 2h               | 11,48                                       | 4,52                                       | 2,93                                       | 7,45  |
| 7.                   | 21.09         | 15.30          | pobr.na wys.rynny z solanką        | 3        | 2h               | 6,57  | 1,45                                       | 0,94                                       | 2,39  |
| 8.                   |               |                | woda dejonizow użyta do płuczek    |          |                  | 1,45  | n.s.                                       | n.s.                                       |   |

n.s. – nie stwierdzono

<sup>1,2</sup> – próby pobierano przy silnym wietrze nawiewającym aerozol od strony tęźni (siła wiatru 3,8 – 4,3 W) i opadach deszczu 5,9 mm

Dane PZH, Zakładu Tworzyw Uzdrawiskowych w Poznaniu

Przedstawione wyniki pomiarów wskazują, iż dominującym związkiem w wytwarzanym przez tęźnie aerozolu jest chlorek sodowy. Zawartość chlorku sodowego jest zależna od odległości od tęźni i wysokości nad powierzchnią ziemi.

Znaczący wpływ na stężenie aerozolu mają: wydolność pomp zasilających tęźnie w solankę, stan techniczny tęźni, stężenie i skład samej solanki (tab. 2) oraz czynniki atmosferyczne – zwłaszcza siła wiatru i jego kierunek.

Analizy wskazują, że oznaczone stężenie  $NaCl$  w aerozolu jest bardzo zróżnicowane (od 0,79 do 95,96  $mg \cdot m^{-3}$ ) w różnych punktach strefy okołotęźniowej. Najwyższe wartości stwierdzono w części A przy fontannie (rys. 11) i na alejkach w okolicach pompowni,

zwłaszcza przy wietrze z kierunków W i NW unoszącym drobiny aerozolu w kierunku do środka tężni. Najniższe średnie wartości stwierdzono na tarasie tężni. Tutaj maksymalne stężenie NaCl w aerozolu wynosiło  $22,07 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Uzyskane wyniki dla poszczególnych punktów pomiarowych wskazują także, które części strefy okołotężniowej są szczególnie korzystne dla przebywania kuracjuszy. Najwyższe stężenie oznaczono w centralnej części A, najniższe na zewnątrz obiektu.

Należy podkreślić, że w każdym przypadku uzyskane wyniki są znaczące i wyższe pod względem stężenia NaCl niż w strefie nadmorskiej (Kołobrzeg w roku 1984 od 0,56 do  $4,00 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) lub okołotężniowej w Konstancinie ( $1,9 - 61,0 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) oraz Ciechocinku ( $0,62 - 3,83 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) [Latour i in.2004].

### III.2 Metody badań

Obszar badań to blisko 60 hektarów powierzchni parku zdrojowego w Inowrocławiu. Z terenu parku trzykrotnie w ciągu roku 2004 (wiosna – 4,31.05.2004, lato – 16,17.08.2004, jesień – 3,4.11.2004) pobrano każdorazowo z tych samych 27 miejsc reprezentatywną ilość prób powierzchniowych (rys. 30 A). Miejsca poboru próbek wyznaczono metodą punktów rozproszonych. Ponadto tego samego roku w celu przeprowadzenia charakterystyki gleboznawczej terenu i jako punkt odniesienia do próbek powierzchniowych wykonano trzykrotnie siedem odkrywek glebowych (rys. 30 B).

Z wydzielonych i opisanych poziomów genetycznych profili glebowych pobrano próbki do analiz laboratoryjnych. Pobrany materiał glebowy wysuszone do stanu powietrznie suchego, a następnie roztarto i przesiano przez sito o średnicy oczek 2mm. Analizy laboratoryjne przewidziane w niniejszych badaniach wykonano we frakcji  $< 2\text{mm}$  następującymi metodami:

- oznaczenie składu granulometrycznego metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego [PN-R-04033];
- pH w  $\text{H}_2\text{O}$  i 1M KCl potencjometrycznie za pomocą pehametru firmy Elmetron CPC-551 [Mocek, Drzymała 2000];
- kwasowość hydrolityczna metodą Kappena [Mocek, Drzymała 2000];
- węgiel organiczny w próbach mineralnych metodą Tiurina [Lityński i in. 1976];
- zawartość węgla wapnia metodą Scheiblera [Lityński i in. 1976];



- kationy wymienne Ca, Mg, Na, K w wyciągu 1M NH<sub>4</sub>Cl o pH 8,2 [Kociałkowski i in. 1984] oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej i spektrometrii emisyjnej z zastosowaniem spektrofotometru Philips PU 9100;
- ponadto obliczono sumę zasad (S), pojemność wymienną kationów (PWK) oraz stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami (V).

W celu wykazania zmian stężenia roztworu glebowego na tle cech fizykochemicznych gleby oznaczono również:

- przewodnictwo elektrolityczne metodą konduktometryczną, rozcieńczenie gleba – woda 1:5;
- zawartość form wodnorozpuszczalnych Ca, Mg, K, Na metodą spektrometrii absorpcji atomowej i spektrometrii emisyjnej [Mocek, Drzymała 2000];
- zawartość chlorków metodą argentometryczną [Mocek, Drzymała 2000];
- zawartość siarczanów metodą nefelometryczną z chlorkiem baru [van Reeuwijk 1993];
- zawartość wodorowęglanów metodą miareczkowania alkacymetrycznego [Mocek, Drzymała 2000].

Do analizy otrzymanych wyników oraz do wykreślenia map zróżnicowania przestrzennego wybranych parametrów poziomu powierzchniowego zastosowano metody geostatystyczne, a obliczenia wykonano programem Surfer 8.0. Dane punktowe były estymowane metodą krigingu punktowego, po wcześniejszym wykreśleniu wariogramów.

## IV Omówienie wyników i dyskusja

### IV.1 Opis morfologiczny profili

Wszystkie gleby zlokalizowane na obszarze badań zostały zakwalifikowane na podstawie parametrów fizykochemicznych, składu granulometrycznego i budowy profilowej do typu czarnych ziem. Wśród omawianych siedmiu profili glebowych wyróżniono czarne ziemie właściwe – profile 3, 4 (rys. 13, 14), czarne ziemie oglejone – profile 1, 5, 6 (rys. 12), czarną ziemię zbrunatniałą – profil 2 oraz czarną ziemię wyługowaną – profil 7 (rys. 15). Występujące w profilach glebowych 1, 5 i 6 oglejenie jest oglejeniem gruntowym uwarunkowanym wysokim stanem wód gruntowych. Ponadto w profilu glebowym 5 i 6 oglejenie może być efektem bliskiego sąsiedztwa stawu i oddziaływania warstw przepuszczalnych sprzyjających gromadzeniu się wody i postępującym procesom redukcyjnym w wyżej wymienionych profilach. Wybrane do badań gleby charakteryzowały się zmienną miąższością poziomu akumulacyjno – próchnicznego, która zawierała się w przedziale od 55 cm w profilu 3 do 110 cm w profilu 1, przy średniej wynoszącej 80 cm, co obrazuje budowa profili glebowych 2, 4, 6, 7. Miąższość poziomu A analizowanych gleb była więc zdecydowanie większa od miąższości poziomu akumulacyjno – próchnicznego uprawnych czarnych ziem kujawskich, która według Cieśli [1968] czy Kobierskiego [Kobierski, Dąbkowska - Naskręt 2003] nie przekraczała 50 cm. Natomiast podobną miąższość wierzchniego poziomu A posiadały czarne ziemie Równiny Kościańskiej. Przyczyną tak dużej miąższości badanych gleb może być nasunięcie dodatkowego materiału podczas prac niwelacyjnych w czasie tworzenia parku. Możliwość taką przedstawiono w badaniach Marcinka [Marcinek, Wiślańska 1984], które wykazały istnienie specyficznego podtypu czarnych ziem występującego zwykle u podnóży zboczy lub w lokalnych zagłębieniach terenu, które na skutek antropopresji (np. uprawy) zostały wyrównane. Zarówno w pierwszym jak i w drugim przypadku występowania spowodowało to zwiększenie miąższości poziomu powierzchniowego nawet do 100 cm. Na tej podstawie autor sugerował konieczność wyodrębnienia jeszcze jednego podtypu gleb, a mianowicie czarnych ziem akumulacyjnych [Marcinek, Wiślańska 1984]. Ponadto istotną cechą budowy profilu glebowego 4 było wyraźne wykształcenie poziomu darniowego sięgającego głębokości 20 cm oraz występowanie pod nim typowego poziomu akumulacyjno – próchnicznego. Barwa gleby w stanie wilgotnym w poziomie akumulacyjnym analizowanych gleb kształtowała się od 10 YR 1,7/1 do 10 YR 4/3 (tab. 6). Zarówno barwa jak i miąższość wierzchniego poziomu



Rys. 12 Profil 1



Rys. 13 Profil 3



Rys. 14 Profil 4



Rys. 15 Profil 7

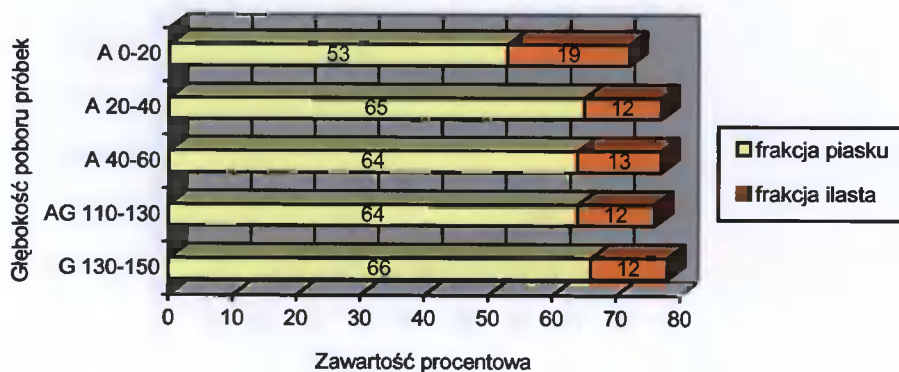
wszystkich omawianych gleb spełnia kryteria dające podstawy do wyznaczenia poziomu diagnostycznego *A-mollic* [Soil Survey Staff 1998]. Poziom A we wszystkich profilach glebowych przechodził w utwór macierzysty poprzez poziom przejściowy, którego miąższość wynosiła od 6 do 37 cm, a barwa w stanie wilgotnym mieściła się w zakresie 10 YR 2/1 – 10 YR 3/4 (tab. 6). Najmniejszą grubość (6 - 20 cm) poziomu przejściowego posiadały gleby z charakterystycznym oglejeniem. Poziomem skały macierzystej w czterech z badanych profili glebowych był poziom C o rozpiętości barwy w stanie wilgotnym od 10 YR 4/4 do 10 YR 5/3. W trzech kolejnych profilach glebowych utworem macierzystym był albo poziom G o barwie od 10YR 3/2 do 10 YR 5/1 albo poziom G leżący nad poziomem C (wartość barwy w obydwu poziomach wynosiła 10 YR 3/2) (tab. 6). W poziomach powierzchniowych gleb 1, 2, 3, 4 stwierdzono struktury foremnowielocienne zaokrąglone drobne. Natomiast w poziomach przejściowych oraz skale macierzystej wyżej wymienionych profili glebowych, a także w pozostałych glebach dominującą strukturę stanowiła struktura foremnowielocienna zaokrąglona średnia (tab. 6).

Omawiane gleby wykazały charakterystyczny dla czarnych ziem proces wytrącania się i akumulacji w skale macierzystej węglanu wapnia [Marcinek i in. 1998], co potwierdziły wyniki analiz próbek glebowych z większości gleb (profil 2, 3, 4, 5), w których zaobserwowano bardzo małe ilości tego związku w poziomie wierzchnim (0,4 – 3,1 %) oraz wyraźną akumulację w poziomie przejściowym (0,6 – 14,7 %), jak i w skale macierzystej (7,7 – 14,5 %) (tab. 6). Wyjątek stanowił profil 7, który w poziomie akumulacyjno – próchnicznym wykazywał zupełny brak  $\text{CaCO}_3$  i znikome ilości tego związku w skale macierzystej. Podobne wyniki obrazujące wzbogacenie głębszych partii czarnych ziem w węglan wapnia otrzymali Marcinek [Marcinek, Wiślańska 1984], gdzie zawartość wahała się w przedziale od 0,2 % w poziomie A do 14,0 % w poziomie C czy Kobierski [Kobierski, Dąbkowska - Naskręt 2003], gdzie ilość  $\text{CaCO}_3$  zawierała się w przedziale 0,0 (A)– 23,4 (C) %. Należy także nadmienić, że stężenie węglanu wapnia w poziomie A profili 3, 4, i 5 wskazywało proporcjonalny wzrost wraz z głębokością i najwyższe wartości przyjmowało na głębokości 40 – 60 cm. Odmiennie kształtowała się zawartość  $\text{CaCO}_3$  w profilach glebowych 1 i 6. W profilu 1 stwierdzono wyraźne odstępstwo od wyżej opisanego procesu, gdyż oznaczono dwa poziomy wzbogacenia. Pierwszy poziom na głębokości 130 – 150 cm jest wynikiem procesu wyplukiwania i akumulacji  $\text{CaCO}_3$  w poziomie skały macierzystej, drugi natomiast znajdujący się w wierzchniej warstwie poziomu akumulacyjno – próchnicznego związany jest prawdopodobnie z budową tężni i zanieczyszczeniami pochodzenia antropogenicznego (gruzem). Profil glebowy nr 6 charakteryzował się natomiast dużą

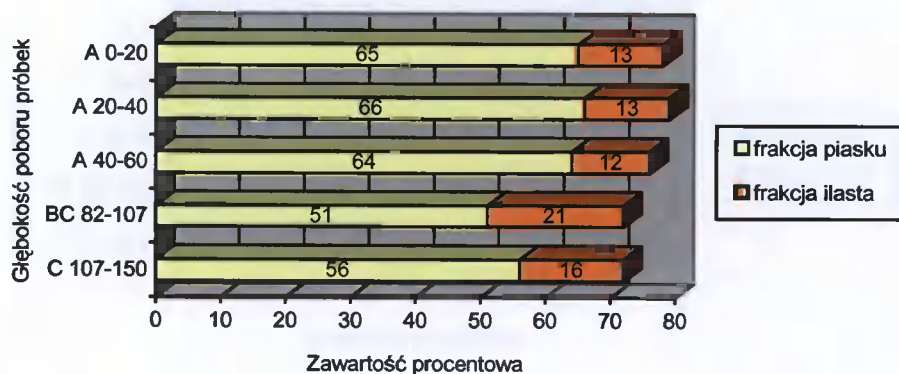
jednorodnością zawartości węglanu wapnia we wszystkich poziomach oscylującą w granicach 2,59 – 4,85 % (tab. 6).

### IV.2 Uziarnienie analizowanych gleb

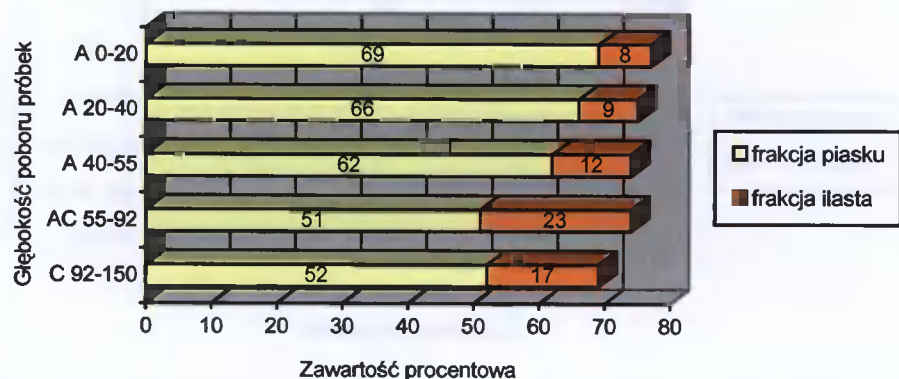
Wyniki składu granulometrycznego poziomu powierzchniowego gleb Parku Zdrojowego wykazały dość duże zróżnicowanie badanych gleb. W profilach glebowych 2, 3, 4, 6 i 7 zaobserwowano największy udział frakcji piasku (2 - 0,05 mm), który zawierał się w przedziale 62 – 87 % (rys. 17, 18, 19, 21, 22). W omawianych pięciu glebach frakcja ilasta w wierzchnim poziomie stanowiła niewielki odsetek, mieszczący się w zakresie 2 – 13% (tab. 7) (rys. 17, 18, 19, 21, 22). Tak duże różnice między zawartością frakcji piasku i frakcji łu koloidalnego świadczyć mogą o występującym charakterystycznym procesie spiaszczenia wierzchnich poziomów czarnych ziem. Przyczyną tego zjawiska mogło być poddanie gliny zwalowej intensywnej działalności pochodzących z lodowca wód roztopowych, które spowodowało uplastycznienie materiału i usunięcie z niej najdrobniejszych frakcji, co w konsekwencji doprowadziło do wspomnianego wcześniej spiaszczenia [Marcinek, Wiślańska 1984]. Analizą składu granulometrycznego czarnych ziem i charakterystyką tego procesu zajmowało się także kilku innych autorów chociażby Cieśla [1961, 1968], Reimann [Reimann, Cieśla 1965] czy Kobierski [Kobierski, Dabkowska - Naskręt 2003]. W poziomach przejściowych profili glebowych 2, 3, 4, 6 i 7 również dominowała, lecz już w mniejszym stopniu frakcja piasku 51 – 82 %, choć uwidocznił się także wzrost frakcji ilastej sięgający w profilach 2 i 3 rzędu 22 %. We wszystkich pięciu profilach glebowych zaobserwowano wzrost frakcji ilastej w skale macierzystej. Natomiast cechą charakterystyczną gleby 4 i 7 był znaczny spadek zawartości frakcji piasku w poziomie C w granicach 23 – 43 % na korzyść frakcji pyłowej, która przyjęła wartości 46 – 49 %. Odwrotnie kształtowała się zawartość poszczególnych frakcji w glebie 1 i 5 (rys. 16, 20), to znaczy, że wierzchnie poziomy tych gleb posiadały mniejszą zawartość frakcji piasku – 53 – 57 %, niż poziomy skały macierzystej – 66 – 75 %. Natomiast zawartość frakcji ilastej we wszystkich poziomach omawianych gleb układała się w miarę jednorodnie – 12-19 % (tab. 7) i nie wykazywała znaczących cech akumulacji. Na podstawie analizy uziarnienia poziomy profili glebowych 1, 2, 3, 5 zaliczono według podziału PTG w przeważającej mierze do gliny lekkiej pylastej, natomiast poziomy profili glebowych 4, 6 i 7 wykazały większe zróżnicowanie i zaliczono je do kilku grup granulometrycznych (od pyłu zwykłego poprzez piasek gliniasty lekki do piasku gliniastego mocnego pylastego) (tab. 6).



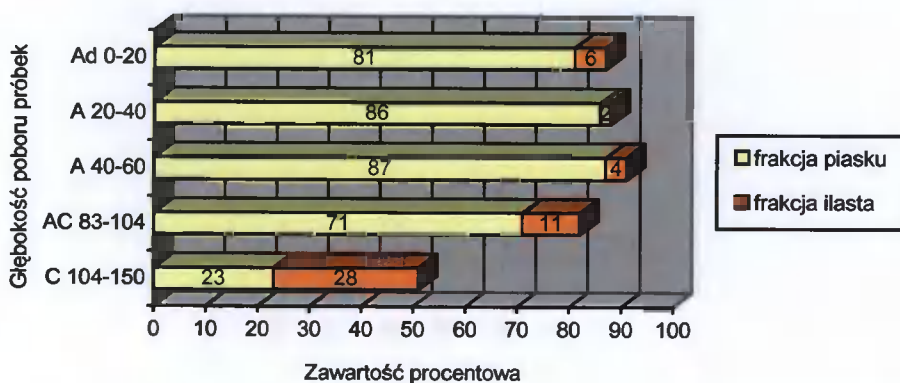
Rys. 16 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 1



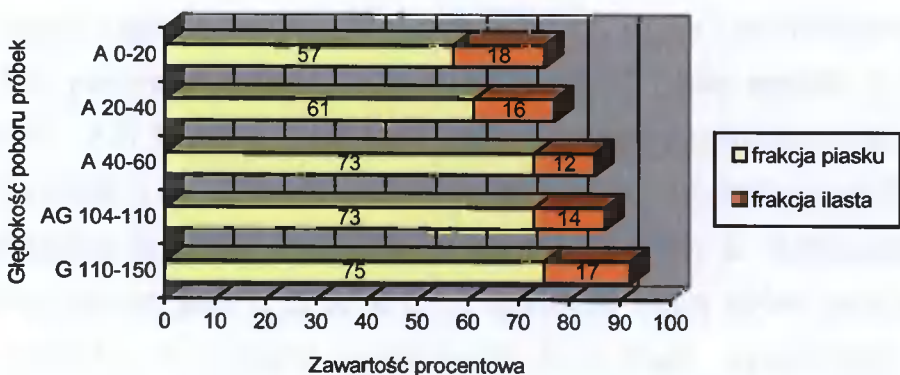
Rys. 17 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 2



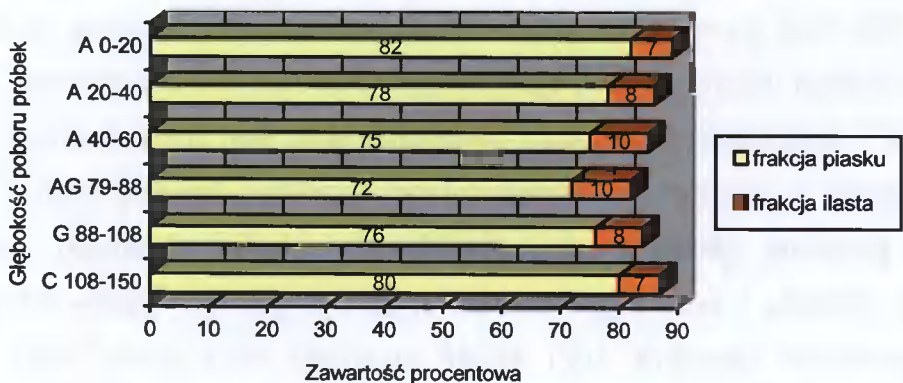
Rys. 18 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 3



Rys. 19 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 4

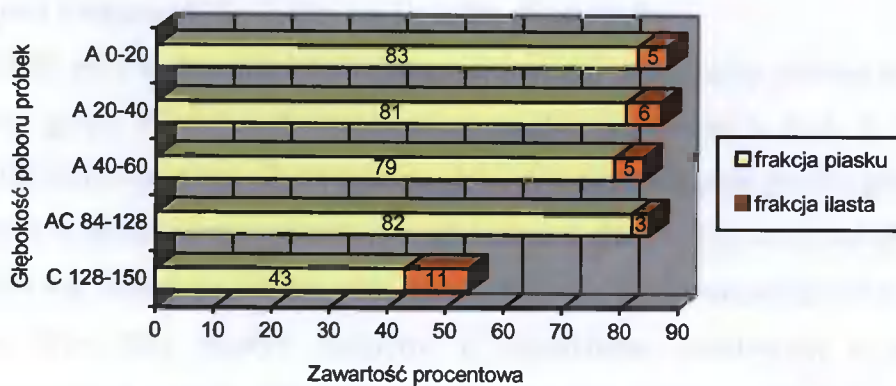


Rys. 20 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 5



Rys. 21 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 6





Rys. 22 Zawartość frakcji piasku (2-0,05 mm) i frakcji ilastej (<0,002 mm) w profilu glebowym nr 7

#### IV.3 Zawartość węgla organicznego w profilach glebowych

Zawartość węgla organicznego w poziomie akumulacyjno – próchnicznym w stosunku do pozostałych poziomów badanych gleb wykazywała najwyższe wartości i wahała się w przedziale 0,59 – 2,51 % (tab. 8). Najwięcej węgla organicznego zaobserwowano w poziomie A profili glebowych 1, 2 i 5. Ponadto poziom akumulacyjno – próchniczny profilu 4 cechował się występowaniem poziomu darniowego o zawartości 1,34% C organicznego. W niżej położonych poziomach gleb 1, 2, 3, 4, 5 i 7 zawartość węgla malała wraz ze wzrostem głębokości (tab. 8). W poziomie przejściowym ilość węgla organicznego wynosiła w większości profili glebowych od 0,21 do 0,60 %. Najniższe ilości rzędu 0,18 – 0,41 % zaobserwowano w skale macierzystej. Odmiennie kształtowała się ilość węgla organicznego w profilu 6. Gleba ta nie wykazywała charakterystycznej tendencji malejącej wraz z głębokością, wręcz przeciwnie wyniki obrazowały wzrost omawianego parametru od poziomu A do poziomu przejściowego (1,30 – 1,73 %), po czym jego ilość malała i w poziomie C przyjęła wartość 0,81 % C organicznego (tab. 8). Należy podkreślić, że geneza powstania czarnych ziem oraz duża miąższość poziomu akumulacyjno – próchnicznego narzucają w pewien sposób zasobność poszczególnych epipedonów w węgiel organiczny. Wczesniejsze publikacje opisujące zagadnienia ilości i jakości próchnicy w czarnych ziemiach potwierdzają widoczny spadek zawartości węgla wraz z głębokością [Marcinek, Wiślańska 1984; Mocek 1989; Drzymała, Mocek 1993; Kobierski, Dąbkowska - Naskręt 2003]. Średnia zasobność czarnych ziem w C organiczny wynosi 1 – 3,5%, czyli od 2 do 6 % materii organicznej [Mocek, Drzymała 2000], a zatem analizowane gleby zarówno pod kątem ilości jak i charakterystycznego rozmieszczenia węgla w profilu glebowym nie odbiegały od porównywanych wcześniej czarnych ziem.



#### IV.4 Odczyn i kwasowość hydrolityczna profili glebowych

Wartość pH i kwasowości hydrolitycznej narzuca specyficzny podział analizowanych gleb na dwie grupy. Pięć z siedmiu omawianych gleb (profile nr 1, 2, 4, 5 i 6) wykazało wyraźnie alkaliczny charakter. Z wyjątkiem gleby 4 cztery pozostałe profile glebowe zostały zlokalizowane w pobliżu tężni, ponadto na właściwości gleb, w tym wartości pH w profilach 1, 5 i 6 wpływał istniejący proces oddolnego oglejenia silnie zmineralizowanymi wodami gruntowymi. Ten stały dopływ kationów o charakterze zasadowym z dwóch wyżej wymienionych źródeł oraz ze skały macierzystej ma swoje odzwierciedlenie w odczynie gleb. Wartości pomiaru pH w roztworze 1M KCl (7,19 w poziomie A – 8,19 w poziomie C lub G) jak i w wodzie (7,44 w poziomie A – 9,08 w poziomie C lub G) uwiarydliły zasadowy charakter czterech profili glebowych, ukazując ponadto rosnącą alkalizację wraz z głębokością (tab. 8). Nieco inaczej przedstawiała się wartość pH w profilu 4. Pomimo znacznej odległości od źródła alkalicznych aerozoli (tężnie) oraz przy braku widocznego sąsiedztwa silnie zmineralizowanych wód gruntowych, w glebie tej stwierdzono wysokie wartości pH, których wzrost był w poziomie akumulacyjno – próchnicznym proporcjonalny do wzrostu głębokości, poczym daje się jednak zauważyć obniżenie wartości pH w poziomie AC i ponowny jego wzrost w skale macierzystej. Wartość pH w profilu 4 w 1M KCl oscylowała w granicach 6,93 (Ad) – 7,46 (C), a w wyciągu wodnym kształtowała się w zakresie 7,26 (A) – 8,18 (C) (tab. 8). Wyniki te sugerują, iż mamy w nim jednak do czynienia z oddziaływaniem i przesiąkaniem blisko położonych zasolonych wód gruntowych. Ponadto na alkaliczny charakter wszystkich wyżej omawianych profili niebagatelny wpływ miała wysoka koncentracja CaCO<sub>3</sub>. Odmienne przedstawiał się natomiast odczyn w dwóch pozostałych profilach glebowych. Zarówno w profilu 3 jak i 7 pomiar kwasowości czynnej i wymiennej wskazywał, iż mamy do czynienia z glebami lekko kwaśnymi. Należy jednak podkreślić fakt, że w profilu 3 uwiarydliła się wyraźna akumulacja kationów o charakterze zasadowym w poziomie skały macierzystej co obrazuje wzrost odczynu do alkalicznego. Wartość kwasowości wymiennej w profilu glebowym 3 zawierała się w przedziale pH od 5,99 w poziomie A do 7,54 w poziomie C, a kwasowości czynnej w zakresie pH 6,46 w A do 8,10 w poziomie C. Natomiast w glebie nr 7 wielkość pH w 1M KCl kształtuje się na poziomie 5,68 w A poprzez 6,02 w AC do 5,80 w skale macierzystej, a wielkość pH w H<sub>2</sub>O mieści się w zakresie 6,31 w poziomie A – 6,70 w poziomie C (tab. 8). Te niższe niż we wcześniejszych omawianych profilach wartości pH związane są z występowaniem w kompleksie sorpcyjnym oprócz kationów zasadowych także kationów wodorowych. Proporcjonalnie do wzrostu pH i zawartości węglanów wraz z głębokością, dało się zauważyć zmniejszenie

stężenia jonów wodorowych, a tym samym kwasowości hydrolitycznej. Wielkość kwasowości hydrolitycznej w tych dwóch glebach zawierała się w przedziale od 2,44 w poziomie A do  $0,28 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  w poziomie C (tab. 8). Na mniejsze wartości pH wpłynął również brak lub też śladowe ilości  $\text{CaCO}_3$  oraz lżejszy skład granulometryczny profilu 7, co potwierdziły wcześniejsze badania Mocka i Drzymały [2000] czarnych ziem wytworzonych z piasków gliniastych. Stosunek poszczególnych frakcji granulometrycznych w tym profilu glebowym i zaleganie w wierzchnich poziomach piasku gliniastego lekkiego pylastego, a pod nim pyłu zwykłego w pełni potwierdza tę tezę. Według Cieśli [1961] wielkość pH w niezdegradowanych czarnych ziemiach uprawnych waha się w przedziale 6,5 – 8,0 w 1M KCl oraz 6,5 – 8,5 w wodzie destylowanej. Badania Rytelewskiego [Rytelewski i in. 1988] dowodzą, że w czarnych ziemiach poddanych oddziaływaniu przemysłu sodowego wartość pH drastycznie wzrasta i przyjmuje wartości 7,3 – 8,8 pH w KCl oraz 8,5 – 10,2 pH w  $\text{H}_2\text{O}$ . Analizowane profile z wyjątkiem profilu 1 (zlokalizowanego w centrum tężni) nie wykazały więc widocznego wzrostu omawianych parametrów i przyjmowały wartości podobne jak typowe czarne ziemie kujawskie nie poddane znacznej antropopresji.

### IV.5 Właściwości sorpcyjne profili glebowych

Badania wysycenia kompleksu sorpcyjnego analizowanych profili glebowych wykazały, że był on głównie wysycony kationami zasadowymi w kolejności wapń, sód, magnez i potas. Udział kationów alkalicznych w kompleksie gleb 1, 2, 4, 5 i 6 osiągał prawie 100%, natomiast w profilach 3 i 7 mieścił się w przedziale: wiosna 83,52 – 99,37 % (tab. 11); lato 86,54 – 98,58 % (tab. 15); jesień 88,23 – 99,29 % (tab. 19). Zmniejszenie procentowej zawartości kationów zasadowych w dwóch ostatnich profilach glebowych związane było z pojawieniem się w obsadzie kompleksu jonów wodorowych. Dominację jonów o charakterze zasadowym w kompleksie sorpcyjnym stwierdzono we wszystkich terminach poboru próbek. Podobny udział kationów zasadowych przedstawił Rytelewski w swoich badaniach dotyczących czarnych ziem z okolic Inowrocławskich Zakładów Sodowych. W analizach tych z kationów wymiennych stwierdzono największe ilości wapnia i sodu, oraz znacznie mniej magnezu, a najmniej potasu, stopień wysycenia kationami zasadowymi wynosił z reguły powyżej 90 % [Rytelewski i in. 1988].

Analiza zawartości poszczególnych kationów wykazała, że niezależnie od okresu poboru próbek dominowały jony wapnia, przy czym występowały specyficzne różnice w ilości tego pierwiastka w poszczególnych poziomach genetycznych profili glebowych w zależności od sezonu. Wiosną w glebach 1, 5, 6 i 7 uwidoczniła się przewaga ilościowa

kationów  $\text{Ca}^{2+}$  w poziomie akumulacyjno – próchnicznym. Szczególnie w trzech pierwszych glebach położonych blisko tężni wzbogacenie w wapń wierzchnich poziomów, wynoszące 18,56 – 30,62  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  może być związane z intensywniejszą eksploatacją tężni po zastoju w okresie jesienno – zimowym (tab. 9). W profilu glebowym 7 zawartość jonów wapnia układała się bardzo charakterystycznie zarówno wiosną, latem jak i jesienią, to znaczy największe ilości kationów  $\text{Ca}^{2+}$  można zauważyć w poziomie akumulacyjno – próchnicznym, a wynika to ze specyfiki tego profilu związanej z niższym pH i lekkim składem granulometrycznym. Przy niewielkim udziale frakcji ilastych (jak ma to miejsce chociażby w wierzchnim poziomie omawianego profilu) większego znaczenia nabierają własności sorpcyjne próchnicy i możliwość łatwego przyłączania przez nią jonów wapniowych. Latem w glebach 1, 2, 3, 4 i 6 nastąpiła akumulacja kationów  $\text{Ca}^{2+}$  w skale macierzystej, mieszcząca się w przedziale 10,23 – 24,71  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$ . W profilu glebowym 5 uwidocznił się natomiast brak wyraźnego wzbogacenia w którymkolwiek z poziomów genetycznych (tab. 13). W sezonie jesiennym w omawianych profilach z wyjątkiem profilu 7 można było zaobserwować akumulację tego pierwiastka w poziomie skały macierzystej oscylującą w zakresie 31,68 – 50,10  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  (tab. 17). Z badań Cieśli [1961] nad niezasolonymi czarnymi ziemiami kujawskimi wynika, że zawartość wapnia w tych glebach wynosi od 6,1 do 12,0  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$ . Natomiast analizy Rytelewskiego i współpracowników [1986,1988] czy Czerwińskiego [Czerwiński i in.1984] dotyczące gleb narażonych na oddziaływanie przemysłu sodowego wykazywały stężenie wapnia rzędu średnio kilkunastu  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$ . Porównując uzyskane wyniki badań z powyższymi danymi widać, że większość badanych profili glebowych uzyskała szczególnie w okresie jesiennym często dwu- lub nawet trzykrotnie wyższe wartości stężenia wapnia.

Drugie miejsce w obsadzie kompleksu sorpcyjnego gleb niezależnie od pór roku zajmował sód. Wiosną w glebach 1, 3, 4, 5, 6 i 7 dała się zauważyć istotna akumulacja w skale macierzystej rzędu 1,44 – 3,80  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$ , natomiast w profilu 2 zaobserwowano wzbogacenie poziomu przejściowego AB rzędu 2,34  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  (tab.9). Wzbogacenie poziomu skały macierzystej, a co za tym idzie wzrost stężenia kationów sodowych wraz z głębokością wskazuje na stosunkowo łatwe wymywanie tych jonów w głąb gleby [Filipek, Badora 1992]. Było to szczególnie widoczne w próbkach pobranych wiosną, po intensywnym przemyciu gleb w sezonie jesienno – zimowym. W sezonie letnim na uwagę zasługuje fakt niewielkiego wmycia w poziom skały macierzystej kationów sodowych w glebach 1, 2, 4, 5 i 6 wielkości 1,38 – 3,84  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  oraz akumulacja sodu w poziomie A w profilach glebowych 3 i 7 mieszcząca się w zakresie 2,06 – 3,32  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  (tab. 13). Na podstawie

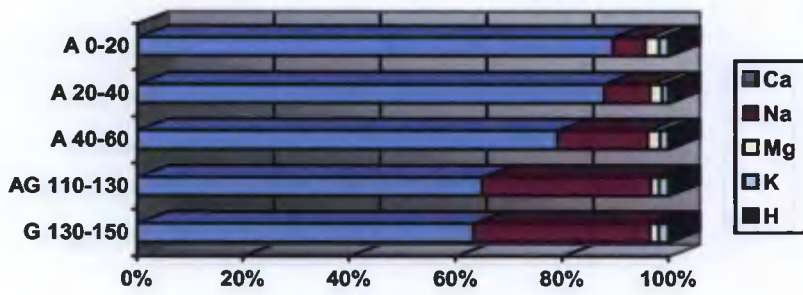
przyjmowanych wartości przez sól w tych dwóch jak i wcześniej omawianych profilach można stwierdzić znacznie wyższe stężenie kationów sodowych we wszystkich poziomach gleb w sezonie letnim niż w analogicznych profilach glebowych z okresu wiosennego. Kation  $\text{Na}^+$  jako jeden z najłatwiej ługowanych z gleby przez wody opadowe może znajdować się w większych ilościach w powierzchniowych warstwach profilu tylko wtedy, gdy obserwuje się ciągły dopływ związków sodowych do gleby z określonych źródeł (w tym przypadku z intensywnie pracujących w sezonie letnim tężni) [Kwasowski 1996]. Ponadto zmiany w obrębie kompleksu sorpcyjnego jak i roztworu glebowego związane są zarówno z oddziaływaniem w przypadku omawianych gleb tężni jak również z płytko zalegającą wodą gruntową co przy stosunkowo niskich opadach na całej Wysoczyźnie Kujawskiej powoduje ruch wstępujący silnie zmineralizowanych wód i wtórne zanieczyszczenie głębiej położonych poziomów [Cieśla i in. 1981]. Jesienią tak samo uwidocznił się wyraźny wzrost koncentracji kationów sodowych we wszystkich poziomach omawianych profili. Należy stwierdzić, że w glebie 1, 2, 4 i 5 nastąpiło wzbogacenie skały macierzystej w sól, w przeciwieństwie do profili glebowych 3, 6 i 7, gdzie jego największe ilości można było zaobserwować w poziomie akumulacyjno – próchnicznym, choć i reszta poziomów była w o wiele większym stopniu nasycona kationami sodowymi niż te same poziomy w okresie wiosennym (tab. 17). Prowadzone w latach sześćdziesiątych przez Cieślę [1961, 1965, 1968] szczegółowe badania chemizmu czarnych ziem kujawskich dowiodły, że zawartość sodu wymiennego w tym rzędzie gleb kształtuje się na poziomie  $0,3 - 0,8 \text{ cmol (+)*kg}^{-1}$ . Późniejsze analizy gleb poddanych awariom rurociągów solankowych czy przeciekom z osadników ścieków przemysłu sodowego dowodzą, że zawartość  $\text{Na}^+$  - wymiennego w wielu przypadkach drastycznie wzrastała i dochodziła do wysokości kilkunastu  $\text{cmol (+)*kg}^{-1}$  przy świeżych zalewach ze źródła zanieczyszczeń [Rytelewski i in. 1986, 1988; Pokojska, Hulisz 1997; Hulisz i in. 2001]. Badania Czerwińskiego [Czerwiński i in. 1984] dotyczące wpływu odpadów z Janikowskich Zakładów Sodowych na tereny rolnicze wykazały zgoła inne wyniki. W glebach tych stwierdzono stosunkowo niskie wysycenie kompleksu sorpcyjnego sodem, mimo bardzo dużej w niektórych punktach zawartości tego jonu w związkach rozpuszczalnych w wodzie. Można to tłumaczyć antagonistycznym oddziaływaniem i wysoką zawartością wapnia w roztworze glebowym, kompleksie sorpcyjnym oraz dopływających słonych wodach. Na podstawie analiz gleb parku zdrojowego w Inowrocławiu można wnioskować, że są to także czarne ziemie o podwyższonej zawartości sodu co przy małej wielkości opadów atmosferycznych może powodować negatywne zmiany ich właściwości

fizycznych oraz składu kompleksu sorpcyjnego. To negatywne oddziaływanie sodu i w tym przypadku może być równoważone wysoką zawartością jonów wapnia.

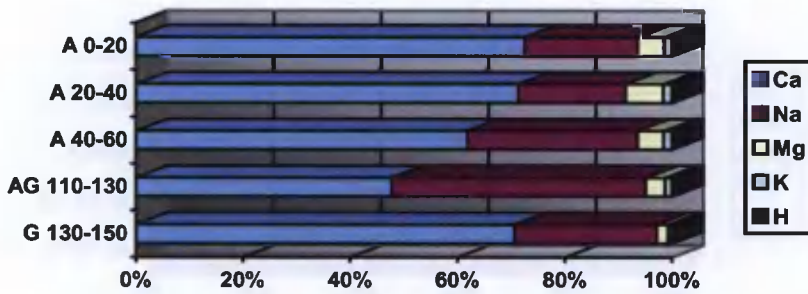
Wiosną stężenie Mg – wymiennego mieściło się w granicach  $0,06 - 2,24 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ , ponadto cechą charakterystyczną był brak wyraźnego wzbogacenia w omawiany pierwiastek w żadnym z poziomów genetycznych (tab. 9). W okresie letnim zawartość jonów magnezowych wahała się w granicach  $0,24 - 3,11 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ , z widocznym niewielkim wzbogaceniem w magnez poziomów akumulacyjno – próchnicznych profili glebowych 1 i 5 (tab. 13). Jesienią zawartość kationów magnezowych oscylowała w zakresie  $0,30 - 2,89 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  i również w tym okresie w glebach 1, 5 i 7 zaobserwowano małe wzbogacenie poziomu A w analizowany kation (tab.17). Ogólnie można przyjąć tezę, że okres jesienny sprzyjał gromadzeniu się jonów magnezowych we wszystkich poziomach omawianych profili. Z danych literaturowych wynika, że w czarnych ziemiach na Kujawach udział Mg – wymiennego w kompleksie sorpcyjnym wynosił  $2,5 - 5,7 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  [Gonet, Hermann 1995], natomiast w analizowanych próbach we wszystkich okresach poboru przyjmował on o wiele niższe wartości. Niewielki był również udział K – wymiennego w kompleksie sorpcyjnym analizowanych gleb. Jego stężenie kształtowało się na niskim poziomie i zawierało się w przedziale – wiosną  $0,16 - 0,43 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (z wyjątkiem dwóch powierzchniowych poziomów przyjmujących wartości  $0,57$  i  $0,62 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (tab. 9); latem  $0,10 - 0,57 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 13) i jesienią  $0,01 - 0,44 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (z dwoma odstępstwami  $0,72 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  w poziomie A profilu glebowego 2 i  $0,80 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  w poziomie AG gleby nr 5) (tab. 17). Trudno jest jednoznacznie ocenić przyczynę tego stanu i tak niskiego stężenia tych dwóch pierwiastków. Zubożenie kompleksu w  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{K}^+$  może być spowodowane zwiększoną zawartością  $\text{Na}^+$  w roztworze glebowym i kompleksie sorpcyjnym, bądź wypieraniem szczególnie magnezu z kompleksu przez jony wapnia [Gonet, Hermann 1995].

Analizując kolejny parametr jakim jest pojemność wymienna kationów można stwierdzić, iż wiosną średnia wartość pojemności zawierała się w przedziale  $11 - 25 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 11). Ponadto w badanym okresie większość profili posiadała wyższe wartości PWK w wierzchnich poziomach. Latem wielkość kationowej pojemności wymiennej we wszystkich profilach kształtowała się w zakresie  $8,03 - 39,20 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 15), natomiast jesienią  $9,74 - 56,05 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 19). Po przebadaniu wszystkich profili glebowych niezależnie od pory roku można stwierdzić, że gleby zlokalizowane blisko tężni (szczególnie profil 1, 5 i 6) posiadały ogólnie większą pojemność sorpcyjną we wszystkich poziomach genetycznych.

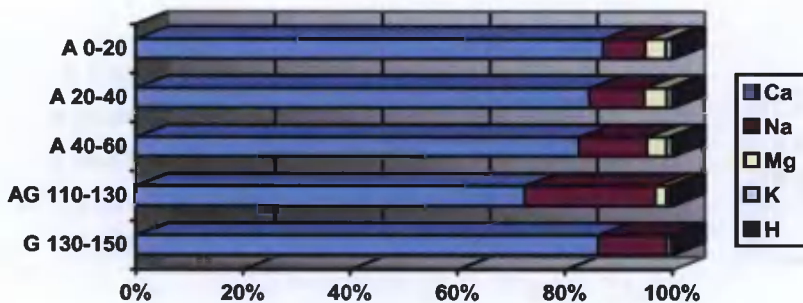
Rozpatrując procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym, próbki gleb pobrane wiosną należy zdecydowanie podzielić na dwie grupy: na te znajdujące się w bliskim sąsiedztwie tężni jak gleba 1, 2, 5 i 6 oraz oddalone od tego specyficznego źródła soli, do których należą profile glebowe 3, 4 i 7. W pierwszej grupie udział kationów wymiennych przedstawiał się następująco: wapń 63,31 – 93,53 %; sód 4,16 – 33,21 %; magnez 1,54 – 7,51 %; potas 0,91 – 3,62 % (rys. 23a, 24a, 27a, 28a) (tab. 12). W drugiej grupie, którą reprezentują trzy pozostałe profile dał się zauważyć w glebach 3 i 7 spadek zawartości kationów wapniowych na korzyść kationów wodorowych oraz mniejsza zawartość Na – wymiennego (rys. 25a, 29a). Profil glebowy 4 (rys. 26a) natomiast charakteryzował się wysokim wysyceniem kompleksu sorpcyjnego wapniem oraz specyficznym wmyciem sodu w poziom przejściowy AC. Latem w profilach 1, 2, 5 i 6 udział kationów wymiennych przedstawiał się w następującej kolejności:  $\text{Ca}^{2+}$  47,79 – 88,13 %;  $\text{Na}^+$  5,80 – 47,33 %;  $\text{Mg}^{2+}$  2,06 – 10,22;  $\text{K}^+$  0,68 – 2,97 % (wyniki te obrazują szczegółowo rys. 23b, 24b, 27b, 28b) (tab. 16). Cechą charakterystyczną próbek glebowych pobranych latem z profili 3, 4 i 7 było wyraźne wzbogacenie w kationy  $\text{Na}^+$  wierzchnich poziomów pomimo ich oddalenia od źródła aerozoli (rys. 25b, 26b, 29b). Wszystkie próbki profilowe pobrane jesienią wykazywały duże nasycenie kompleksu sorpcyjnego sodem we wszystkich praktycznie poziomach genetycznych. Procentowy udział form wymiennych omawianych pierwiastków można zobrazować w następujący sposób: wapń 63,30 – 91,01 %; sód 5,40 – 24,58 %; magnez 0,78 – 10,09 % i potas 0,08 – 2,81 % (rys. 23c, 24c, 25c, 26c, 27c, 28c, 29c) (tab. 20). Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, iż gleby 3, 4 i w mniejszym stopniu profil glebowy 7 reprezentują środowisko glebowe najmniej przekształcone w wyniku antropopresji. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami szczególnie w profilach 3 i 4 najbardziej przypomina typowe parametry kompleksu sorpcyjnego czarnych ziem nie narażonych na intensywne oddziaływanie czynników antropogenicznych mogących zmieniać właściwości tych gleb. W analizowanym środowisku glebowym dominowały kationy wapniowe, korzystniej jednak układał się stosunek jonów sodowych do magnezowych (magnezu było więcej niż w pozostałych profilach), w dwóch z trzech omawianych profili glebowych w obsadzie kompleksu występowały jony wodorowe, natomiast najmniej korzystnie przedstawiała się zawartość K – wymiennego we wszystkich trzech okresach poboru próbek.



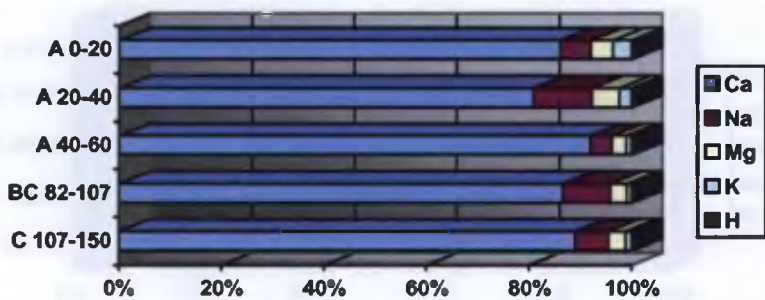
Rys.23a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 1 – wiosna.



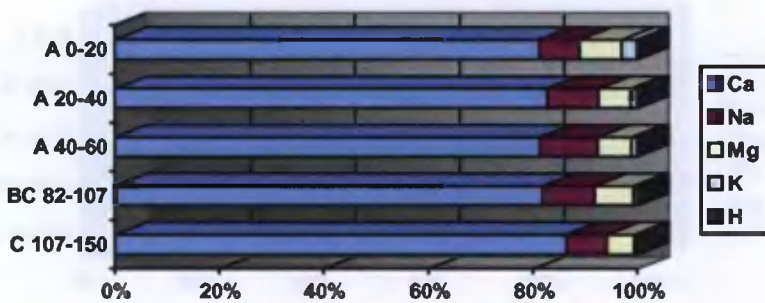
Rys.23b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 1 – lato.



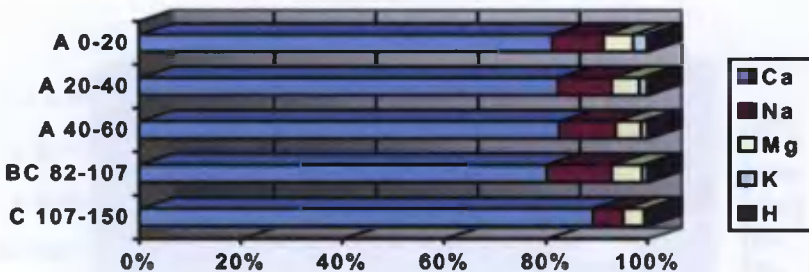
Rys.23c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 1 – jesień.



Rys. 24a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 2 - wiosna

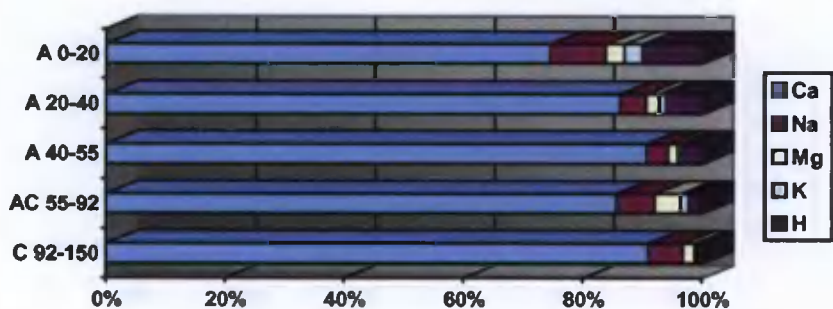


Rys. 24b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 2 - lato

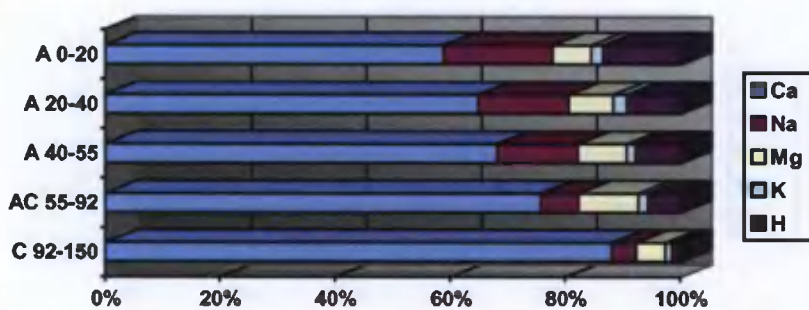


Rys. 24c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 2 - jesień

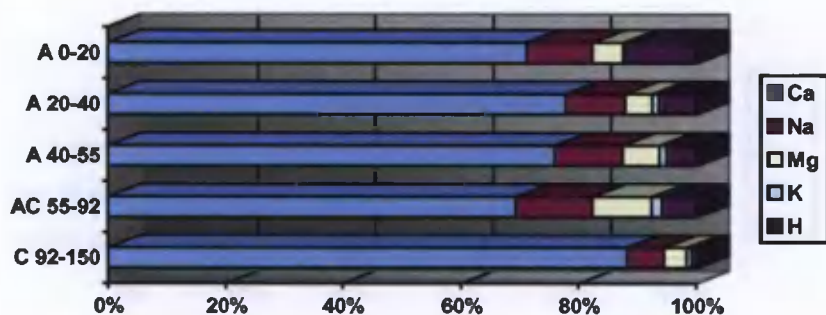




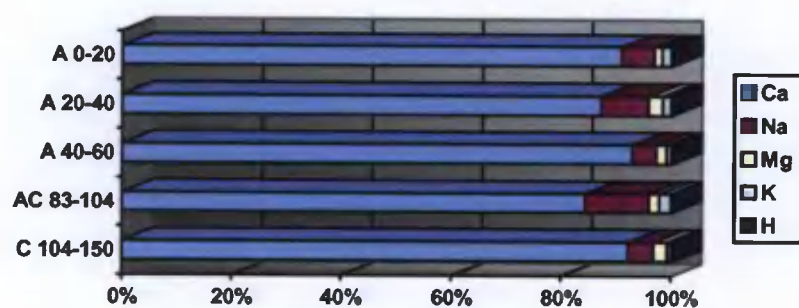
Rys.25a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 3 – wiosna.



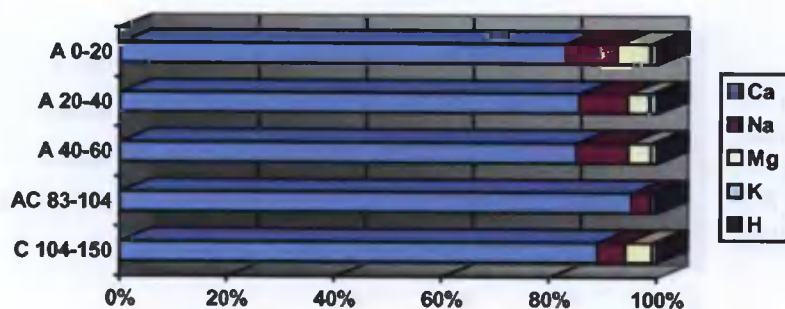
Rys.25b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 3 – lato.



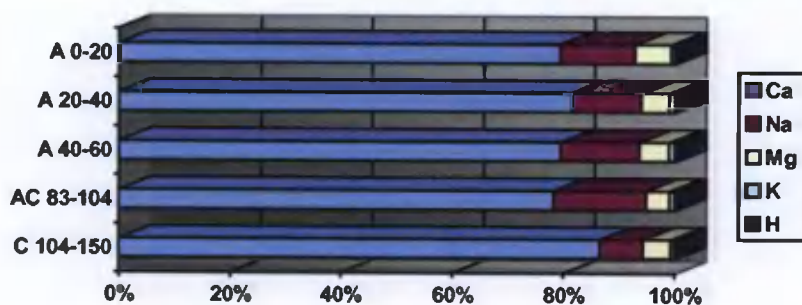
Rys.25c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 3 – jesień.



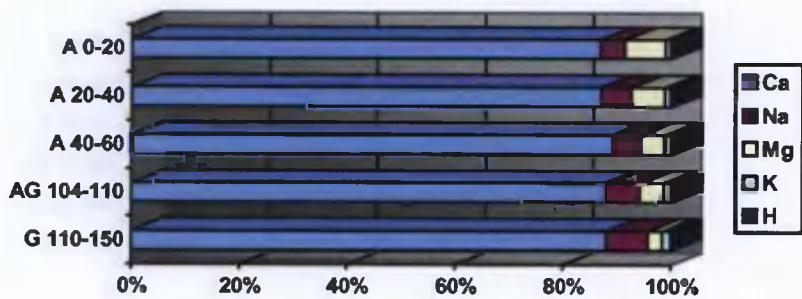
Rys.26a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 4 – wiosna.



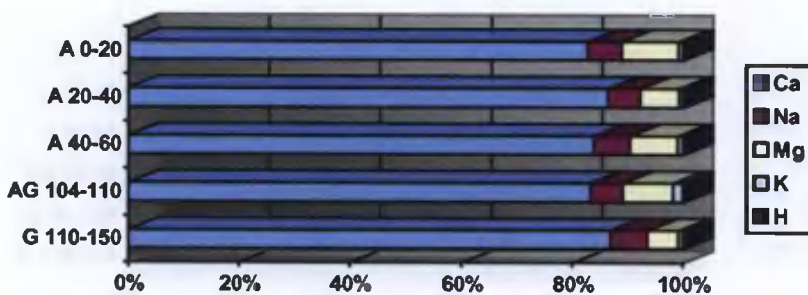
Rys.26b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 4 – lato.



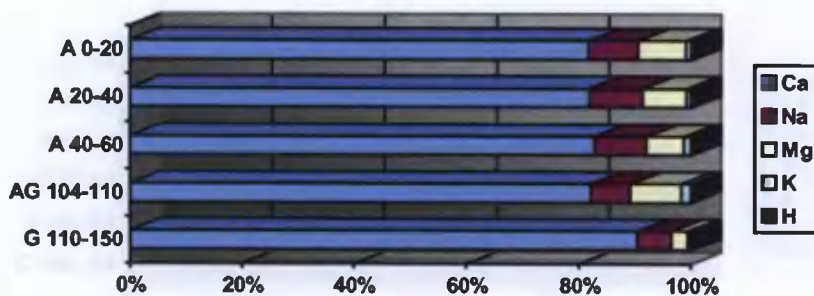
Rys.26c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 4 – jesień.



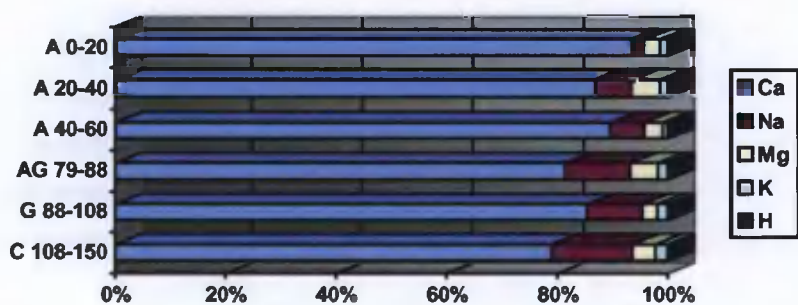
Rys.27a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 5 – wiosna.



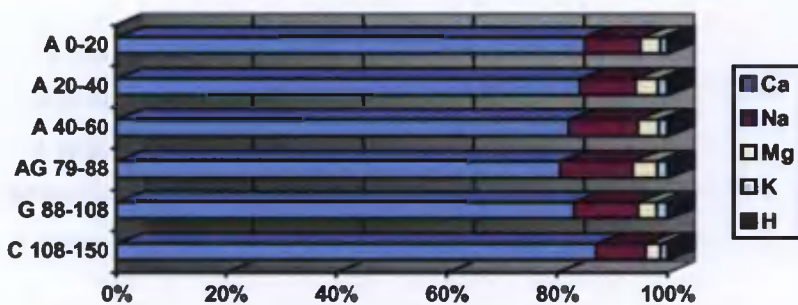
Rys.27b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 5 – lato.



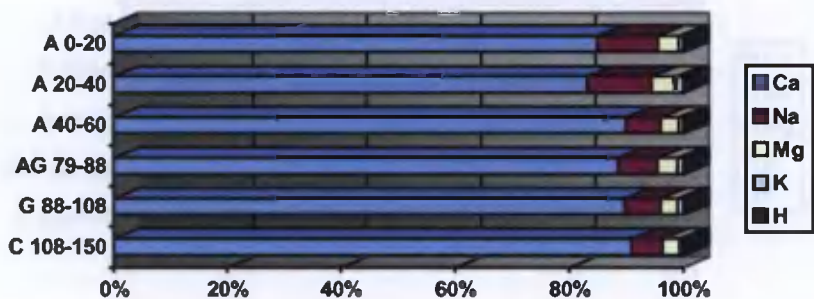
Rys.27c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 5 – jesień.



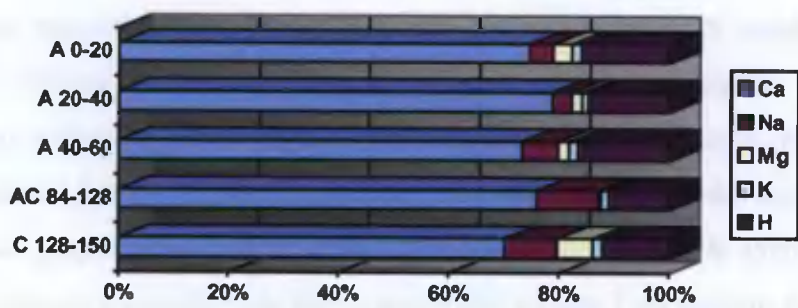
Rys.28a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 6 – wiosna.



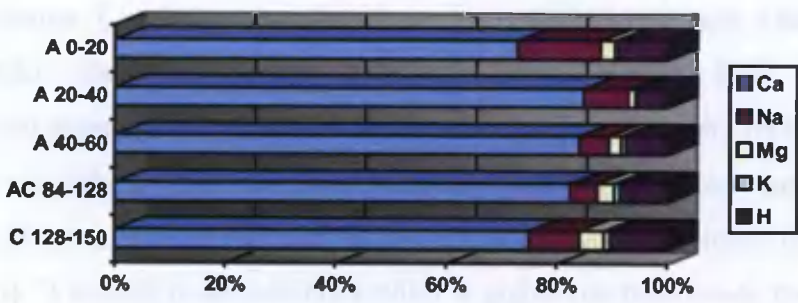
Rys.28b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 6 – lato.



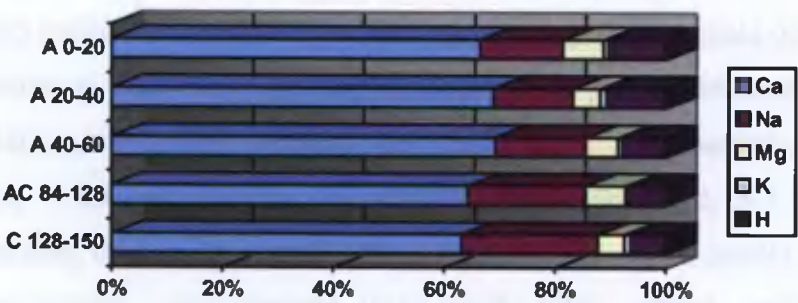
Rys.28c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 6 – jesień.



Rys.29a Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 7 – wiosna.



Rys.29b Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 7 – lato.



Rys.29c Procentowy udział kationów wymiennych w kompleksie sorpcyjnym profilu 7 – jesień.



#### IV.6 Formy wodnorozpuszczalne i przewodność elektrolityczna analizowanych gleb

Najlepszym odzwierciedleniem fizycznych i chemicznych procesów zachodzących w glebie, a przede wszystkim zmian stężenia soli rozpuszczalnych w wodzie jest pomiar przewodnictwa elektrolitycznego [Corwin, Lesch 2005]. Wielkość przewodnictwa elektrolitycznego wykazała wzrost tego parametru wraz z głębokością w większości profili glebowych. Zależność ta dotyczyła szczególnie gleb położonych blisko źródła (tężnie, stan wód gruntowych przy stawie), czyli profili glebowych 1, 5 i 6. W tych trzech glebach wielkość przewodnictwa kształtowała się na poziomie: wiosna 1,48 poziom A – 5,29  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  poziom Cca (tab.10); lato 1,77 w poziomie A do 5,22  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  w poziomie Gca (tab. 14), jesień 1,30 A – 5,25  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  poziom Cca (tab. 18) i związana była przede wszystkim z dużą zawartością sodu wodnorozpuszczalnego, chlorków i wodorowęglanów. W pozostałych profilach glebowych, choć już w mniejszym stopniu widoczne były te same tendencje wzrostowe. Wartość przewodnictwa wahała się w granicach: wiosna 0,30 – 1,73  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 10), lato 0,25 – 1,57  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 14) i jesień 0,32 – 1,32  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 18). Wyjątek stanowił profil numer 7, w którym zaobserwowano tendencję malejącą. Odzwierciedleniem tych zmian było zmniejszanie się wielkości przewodnictwa wraz z głębokością. Porównywalnie do parametrów otrzymywanych przez innych autorów, wyższe wartości EC stwierdzono we wszystkich trzech okresach poboru w próbach zlokalizowanych blisko źródeł soli (gleba 1, 5, 6) oraz wyższe wartości w okresie jesiennym niż wiosennym [Frąckowiak, Kuczyńska 1996]. Wielkość przewodnictwa tylko w głębszych poziomach profilu glebowego 6, umiejscowionego blisko tężni przekraczała wartość progową przyjętą dla gleb zasolonych, wynoszącą 4  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Pozostałe profile glebowe wykazały niewielki, aczkolwiek widoczny wzrost mineralizacji roztworu glebowego.

Najbardziej wrażliwą na zmiany w składzie chemicznym częścią gleby jest roztwór glebowy. W celu zaobserwowania zmian w jego składzie wykonano więc szczegółową analizę zawartości kationów i anionów wodnorozpuszczalnych. Wykazała ona, że najwyższe stężenie z kationów w roztworze glebowym omawianych profili niezależnie od pór roku przyjmowały kationy sodowe. Wiosną zawartość form rozpuszczalnych w wodzie przedstawiała się w dwojaki sposób. W profilach glebowych 1, 2, 5 i 6 stężenie sodu przyjmowało wartości 0,15 – 3,95  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , wapnia 0,01 – 0,96  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , magnezu 0,07 – 0,30  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz śladowe ilości rzędu kilku setnych  $\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$  kationów potasowych (tab. 10). Sód wodnorozpuszczalny wykazywał wzrost koncentracji wraz z głębokością. Ponadto ilość  $\text{Na}^+$  przewyższała stężenia charakterystyczne dla nie zasolonych czarnych ziem kujawskich wynoszące średnio 0,70  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  [Cieśla 1961]. Jednakże  $\text{Na}^+$

wodnorozpuszczalny przyjmował w analizowanych glebach wartości mniejsze niż stężenie sodu rozpuszczalnego w wodzie w glebach narażonych na oddziaływanie przemysłu sodowego dochodzące nawet do  $6,5 - 10,0 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ , a w ekstremalnych warunkach do  $116 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  [Cieśla, Dąbkowska – Naskręt 1984; Rytlewski i in. 1988; Gonet, Herman 1995]. Formy wodnorozpuszczalne pozostałych pierwiastków nie wykazały się w omawianych glebach żadnym charakterystycznym rozmieszczeniem. Natomiast w profilach 3, 4 i 7 wszystkie cztery kationy niezależnie od poziomu genetycznego przyjmowały bardzo niskie wartości rzędu kilku setnych  $\text{cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 10). Z anionów rozpuszczalnych w wodzie na pierwszy plan wysunęły się aniony chlorkowe i wodorowęglanowe. Szczególnie w profilach glebowych 1, 5, 6 zlokalizowanych blisko źródła (tężni), wartość  $\text{HCO}_3^-$  zawierała się w przedziale  $22,88 - 96,84 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , a  $\text{Cl}^-$   $13,47 - 188,26 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Odmienne przedstawiała się zawartość tych dwóch omawianych anionów w pozostałych glebach, gdzie  $\text{Cl}^-$  przyjmował wartości  $9,22 - 35,81 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , a  $\text{HCO}_3^-$   $0,00 - 32,79 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Podobnie badania Rytlewskiego i innych [1986, 1988], Cieśli [1981] czy Pokojkiej [Pokojka, Hulisz 1997] wykazały, że gleby poddane antropogenicznemu zasoleniu wykazują stężenia chloru w zakresie od 11,0 do nawet  $1000 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ . Przy założeniu, że zawartość w glebie łatwo rozpuszczalnego chloru nie powinna przewyższać  $10 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  [Kwasowski 1996], analizowane gleby, a szczególnie profil glebowy numer 5 i 6 wykazały nawet kilkukrotne przekroczenie tego stężenia. Przekroczenie wspomnianej wartości może wpływać negatywnie przede wszystkim na rośliny powodując różnego rodzaju chlorozy czy nekrozy. Ponadto stały dopływ chlorków hamuje procesy humifikacyjne materii organicznej oraz procesy nityfikacji w glebie [Cieśla i in. 1981]. Także duże wartości jonów wodorowęglanowych mogą nadmiernie alkalizować glebę, stwarzając tym samym niekorzystne warunki bytowania roślin [Rytlewski i in. 1988]. Oprócz wyżej wymienionych anionów gleba 5 i 6 charakteryzowała się zwiększoną zawartością  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $5,30 - 26,00 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) we wszystkich poziomach, natomiast gleby 1, 2, 4 wyróżniały się wyraźną akumulacją siarczanów w skale macierzystej (tab. 10).

W okresie letnim uwidoczniła się ewidentna przewaga w ekstrakcie wodnym kationów sodowych oraz anionów chlorkowych i wodorowęglanowych. Podobnie jak wiosną w profilach glebowych 1, 5, 6 i w mniejszym stopniu w profilu 2 dominuje sól, jego stężenie osiągało wartości  $0,12 - 3,37 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ , w pozostałych glebach zawierało się w przedziale  $0,05 - 0,13 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  (tab. 14). Analizując formy wodnorozpuszczalne wapnia w większości gleb przyjmował on bardzo niskie wartości, jedynie w profilu glebowym 5 i 6 osiągał stężenie rzędu  $0,05 - 1,57 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ . Rozpuszczalny w wodzie magnez w lecie

mieścił się w zakresie  $0,07 - 0,31 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  i były to wartości wyższe niż stwierdzone na wiosnę w każdym z poziomów omawianych gleb. Zjawisko to dotyczy nie tylko roztworu glebowego, ale i kompleksu sorpcyjnego. Można to tłumaczyć antagonistycznym stosunkiem jonów wapniowych do magnezowych i ich łatwiejszą absorpcją, przez co więcej kationów magnezowych pozostaje w roztworze glebowym. Również potas wodnorozpuszczalny wykazywał znikome stężenie bez względu na profil glebowy czy poziom genetyczny. Gleby 1, 2, 5, 6 charakteryzowały się ponadto dużą ilością chlorków ( $12,41 - 144,65 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) oraz wodorowęglanów (do  $78,54 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), natomiast w reszcie profili aniony te mieściły się w przedziale od kilku do kilkunastu mg na 100g gleby. Warto wspomnieć o wzbogaceniu w chlorki poziomu A profilu 7, a także głębiej położonych poziomów profilu 4 oraz zwiększonej zawartości siarczanów ( $4,50 - 31,00 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) w glebach 5 i 6 (tab. 14).

W sezonie jesiennym nasycenie ekstraktu wodnego przedstawiało się analogicznie do okresu wiosny czy lata to znaczy w profilach glebowych 1, 2, 5, 6 w roztworze glebowym przeważał sód, którego stężenie mieściło się w zakresie  $0,14 - 5,76 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  i biorąc pod uwagę wszystkie terminy poboru próbek przyjmowało najwyższe wartości. Odmienne stężenie sodu wodnorozpuszczalnego rzędu  $0,05 - 0,15 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  uwidoczniło się w glebach 3, 4 i 7 (z wyjątkiem poziomu C w profilu 4, gdzie przyjmowało wielkość -  $0,75 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ ) (tab. 18). Większość profili wykazywała małą zawartość wodnorozpuszczalnego wapnia, tylko profil glebowy 5 i 6 miał znacznie większe stężenie kationów wapniowych  $0,05 - 1,20 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ . Podobne wyniki dotyczące zawartości wapnia rozpuszczalnego w wodzie w granicach  $0,11 - 2,25 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$  otrzymał Rytelewski [Rytelewski i in. 1988] badając skład chemiczny gleb sąsiadujących z rurociągiem solankowym czy Czerwiński [Czerwiński i in. 1984] analizując strefy wpływu odpadów z Janikowskich Zakładów Sodowych na tereny rolnicze. Wyższa niż w okresie wiosennym była jesienią zawartość magnezu wodnorozpuszczalnego mieszcząca się w przedziale średnio  $0,10 - 0,42 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ . Natomiast podobnie jak w okresie wiosennym i letnim stężenie  $\text{K}^+$  przyjmowało śladowe wręcz ilości i nie wykazywało większego zróżnicowania zawartości w poszczególnych poziomach genetycznych (tab. 18). Istotną sprawą była przewaga w roztworze glebowym form wodnorozpuszczalnych sodu (wiosna) bądź sodu i magnezu (lato, jesień) mniej więcej w tej samej proporcji, a wynika to z dużej energii wejścia jonów wapnia i średnio 70 % nasycenia kompleksu sorpcyjnego kationami  $\text{Ca}^{2+}$ , przez co większość kationów sodowych i magnezowych pozostawało w roztworze. W analizowanych próbach jesiennych szczególnie w glebach położonych blisko tężni przeważały aniony chlorkowe, które zawierały się w przedziale  $7,09 - 134,75 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  oraz aniony  $\text{HCO}_3^-$  o stężeniu od 0,00 do  $101,41$



$\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (tab. 18). Podsumowując można stwierdzić, że ilość chloru w roztworze gleb malała czasami znacznie wraz ze wzrostem odległości od źródła zanieczyszczeń. Podobne wyniki przedstawił Cieśla analizując rozkład kationów sodowych i anionów chlorkowych w glebach w okolicach Inowrocławia [Cieśla i in. 1981]. Ponadto ilość chlorków wzrastała wraz z głębokością. Jest to związane z faktem, że jony  $\text{Cl}^-$  dostające się do gleby nie są przez nią sorbowane, lecz migrują z wodami z wierzchnich warstw w głąb profilu [Filipek, Badora 1992]. Badania wykazały, że aniony chlorkowe poruszają się w glebie szybciej niż cząsteczki wody, a związane jest to z odpychającym działaniem na aniony ujemnie naładowanych cząsteczek gleby [za Cieśłą 1981]. Podobnie jak i w poprzednich okresach poboru próbek tak i jesienią profil glebowy 5 i 6 charakteryzował się podwyższoną zawartością siarczanów, mieszczących się w zakresie  $4,58 - 19,50 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$  (tab. 18).

Reasumując w profilach glebowych 1, 5 i 6 mamy do czynienia z dwoma źródłami soli rozpuszczalnych w wodzie mogących powodować jednoczesne odgórne i oddolne zasolenie gleby. Pierwsze źródło to zasolone wody gruntowe, które przez bezpośredni kontakt hydrauliczny zwiększają zasolenie wód glebowo – gruntowych i w rezultacie powodują wzrost mineralizacji niżej położonych poziomów genetycznych [Kaszubkiewicz i in. 2003b], drugim źródłem są teżnie wytwarzające aerozole, które opadają na glebę powodując zanieczyszczenie jej wierzchnich poziomów. W profilu glebowym 4 po przeanalizowaniu takich parametrów jak stężenie kationów sodowych, zawartość chlorków i siarczanów można stwierdzić, że chociaż jest to profil najbardziej oddalony od teżni, nie posiadający cech oglejenia i widocznego zastoiska wód gruntowych, to jednak wzbogacenie o każdej porze roku poziomu C w kationy i aniony rozpuszczalne w wodzie, wskazuje na bliskie sąsiedztwo zasolonych wód gruntowych i ich oddziaływanie na niżej położone poziomy genetyczne. Najmniej zanieczyszczone solami były gleby 3 i 7, a rozkład stężenia poszczególnych związków sugeruje tylko odgórne oddziaływanie przede wszystkim kationów sodowych pochodzących z teżni.

#### **IV. 7 Wybrane właściwości poziomu powierzchniowego.**

Analizowane gleby wykazały zmienność parametrów chemicznych nie tylko w kierunku pionowym, ale i poziomym (przestrzennym). Podobną tezę sformułował także w swoim opracowaniu Marcinek [Marcinek, Komisarek 1991]. Zmienność ta uwarunkowana jest wieloma czynnikami, z których jednym z ważniejszych jest zróżnicowanie składu granulometrycznego. W poziomie powierzchniowym gleb parku zdrojowego dominowała frakcja piasku ( $2,0 - 0,05 \text{ mm}$ ) mieszcząca się w zakresie  $64 - 88 \%$ , frakcję iłu koloidalnego

charakteryzowała natomiast ilość 5,0 – 16,0 % (tab. 21). Największy udział frakcji ilastej wykazywał poziom powierzchniowy w zachodniej (szczególnie tereny zlokalizowane blisko tężni) oraz południowej części parku. Stosunek wielkości tych dwóch frakcji może być efektem opisywanego wcześniej procesu spiaszczenia wierzchnich poziomów czarnych ziem kujawskich. Ilość węgla organicznego była również zróżnicowana i zawierała się w przedziale 1,24 – 2,82 %. Wielkość tego parametru nie obrazuje jednak widocznej zmienności przestrzennej spowodowanej konkretnymi czynnikami, lecz jest raczej wynikiem jego naturalnego zróżnicowania (tab. 22). Odmienne natomiast kształtowała się wielkość pH w 1M KCl i w wodzie destylowanej w zależności od lokalizacji miejsca poboru próbek. Najwyższe wartości pH wykazujące odczyn obojętny do zasadowego przyjmował poziom położony w bezpośrednim sąsiedztwie tężni (próbki numer 1- 8 i 18 – 19). Odczyn jego mieścił się w zakresie  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  7,13 – 7,56;  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  7,37 – 7,88 i wykazywał wyraźnie alkaliczny charakter (tab. 22). Podobne wartości to znaczy pH w KCl rzędu 7,2 – 7,7 oraz pH w  $\text{H}_2\text{O}$  7,3 – 7,9 otrzymał Cieśla [Cieśla i in. 1981] oraz Czerwiński [Czerwiński i in. 1984] w glebach zlokalizowanych w okolicy osadników Inowrocławskich i Janikowskich Zakładów Sodowych. Pozostały analizowany teren z wyjątkiem niewielkich płatów gleby w centralnej i wschodniej części parku (miejsca poboru numer 11, 14, 17 i 23) charakteryzowały się odczynem od kwaśnego do obojętnego. Pomiar kwasowości wymiennej na badanym areale gleb wykazał wartości 5,28 – 6,90 pH, a kwasowości czynnej 6,00 - 7,25 pH. Z pomiarem odczynu ściśle związana była kwasowość hydrolityczna. Miejsca wyróżniające się alkalicznym odczynem charakteryzowały się niewykrywalnym stężeniem kationów wodorowych, natomiast pozostały obszar czyli południowa i północna część parku oraz tereny sąsiadujące z muszlą koncertową i zakładem borowinowym wykazywały niewielkie wartości kwasowości hydrolitycznej oscylujące w zakresie 0,13 – 3,85  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 22).

Analogicznie jak w próbach profilowych w obsadzie kompleksu sorpcyjnego poziomu powierzchniowego dominował wapń (procentowy udział w kompleksie sorpcyjnym to 30,98 – 95,44 %) (tab. 26, 30, 34). Jego stężenie wahało się w zakresie: wiosna 2,88 – 44,22  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 23), lato 5,79 – 58,33  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 27), jesień 3,90 – 57,85  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 31). Najwyższymi stężeniami niezależnie od pór roku charakteryzowały się tereny położone w południowej części parku, natomiast jesienią uwidocznił się także wzrost koncentracji  $\text{Ca}^{2+}$  po północno - wschodniej stronie tężni (rys. 32). Tak więc w przypadku tego kationu wymiennego większego znaczenia nabiera pierwotna zawartość  $\text{Ca}^{2+}$  w danym typie gleb oraz specyfika i oddziaływanie skały macierzystej niż jego zawartość w aerozolah opadających na glebę. Drugim co do ilości w kompleksie sorpcyjnym był kation

sodu (procentowa zawartość 1,05 – 18,86 %) (tab. 26, 30, 34). Pierwiastek ten razem z jonem chlorkowym w największym stopniu odpowiada za proces zasolenia gleb. Wielkość sodu wymiennego w strefie przypowierzchniowej przedstawiała się następująco: wiosna 0,19 – 3,77  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 23), lato 0,22 – 2,75  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 27), jesień 1,88 – 3,66  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 31). Dzięki wykorzystaniu metody krigingu punktowego uwidoczniła się zależność pomiędzy odległością od głównego źródła aerozoli jakim są tężnie, a stężeniem sodu wymiennego w poziomie powierzchniowym badanych gleb. We wszystkich trzech okresach poboru najwyższe stężenie posiadały tereny zlokalizowane wokół tężni, ponadto dał się zauważyć charakterystyczny spadek zawartości sodu wraz z oddalaniem się od źródła (rys. 31). Przyczyną występowania najwyższych stężeń w obrębie tężni było na pewno jej bezpośrednie sąsiedztwo oraz całkowity brak budynków i zwartej korony drzew, co niewątpliwie sprzyjało rozprzestrzenianiu się aerozoli i ich opadaniu na powierzchnię terenu. Nie mniej ważną cechą był ogólny wzrost koncentracji  $\text{Na}^+$  w sezonie jesiennym. Prawdopodobnie było to spowodowane intensywniejszą pracą tężni, które największą wydajność uzyskują w okresie od czerwca do października. W odróżnieniu od sodu analiza poziomu powierzchniowego potwierdziła niską zawartość zarówno magnezu jak i potasu wymiennego. Mg wymienny niezależnie od terminu poboru zawierał się w przedziale 0,12 – 1,84  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (wyjątek od tej reguły stanowiła próbka nr 18 lato – 3,04  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  oraz próbka nr 16 jesień – 2,21  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Wierzchnia warstwa gleby wykazywała najmniejsze stężenie potasu wymiennego, którego zawartość mieściła się w zakresie 0,05 – 0,69  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , a procentowy udział w obsadzie kompleksu sorpcyjnego wynosił 0,25 – 6,96 % (tab. 26, 30, 34). Ze względu na brak wyraźnego wpływu antropogenicznych źródeł na wielkość tego parametru nie wykorzystano metod graficznych do zobrazowania jego rozmieszczenia na terenie parku.

Niezależnie od pór roku analiza poziomu powierzchniowego potwierdziła wysoki stopień wysycenia czarnych ziem kationami zasadowymi oscylujący w przeważającej mierze w granicach 90 – 100 % (tab. 25, 29, 33). W konsekwencji suma kationów zasadowych charakteryzowała się wielkością rzędu 4,52 – 67,91  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , a pojemność wymienna kationów w większości przypadków przyjmowała te same wartości co suma kationów o charakterze zasadowym (tab. 25, 29, 33).

Kolejny parametr jakim było przewodnictwo elektrolityczne także potwierdziło zależność między oddziaływanymi czynnikami, a zmianami stężenia związków wchodzących w skład soli rozpuszczalnych w wodzie. Przyjmowane wartości EC podzieliły analizowany teren na dwie części; pierwsza część to teren zlokalizowany blisko tężni, gdzie

przewodnictwo elektrolityczne w poziomie powierzchniowym charakteryzowało się wielkością: na wiosnę  $0,70 - 1,98 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , latem  $0,79 - 3,77 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  i jesienią  $0,75 - 3,17 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (wyjątek stanowił wschodni pas parku zdrojowego przyjmujący wysokie wartości EC mimo odległości 750 metrów od tężni); druga część to reszta parku, gdzie wielkość przewodnictwa zależnie od terminu poboru mieściła się w zakresie: wiosna  $0,29 - 0,91 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , lato  $0,25 - 1,00 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , jesień  $0,46 - 1,69 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Warto zwrócić uwagę na fakt, iż wielkość przewodnictwa elektrolitycznego poziomu powierzchniowego w żadnym miejscu nie przekraczała wartości  $4 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , czyli granicy powyżej której gleba jest uważana już za glebę słoną. Powszechnie przyjmuje się wartość  $2 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  jako wielkość dopuszczalną, natomiast wartości wyższe określa się jako te, które szkodliwie oddziałują na roślinność oraz niekorzystnie wpływają na właściwości chemiczne i fizyczne gleb [Gonet, Hermann 1995]. Poziom powierzchniowy gleb w obrębie 250 metrów w kierunku północno – wschodnim i wschodnim od tężni nie wykazywał więc objawów zasolenia, lecz podwyższoną mineralizację roztworu glebowego.

Częścią gleby najszybciej reagującą na zmiany chemiczne jest roztwór glebowy. Identycznie jak w próbkach profilowych analiza kationów wodnorozpuszczalnych w poziomie powierzchniowym gleby dowiodła, że najwyższe stężenia przyjmowały jony sodu, które ponadto wykazały zróżnicowanie przestrzenne oraz zmiany stężenia zależne od terminu poboru (rys. 33). Obszary położone około 250 metrów w kierunku północno – wschodnim i wschodnim od tężni (próbki numer 1 – 6 i 18 – 19) wykazały we wszystkich trzech terminach największą koncentrację sodu wynoszącą: wiosna  $0,29 - 1,70 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 24), lato  $0,33 - 3,88 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 28), jesień  $0,44 - 2,36 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 32). Pozostałe partie terenu bez względu na porę roku charakteryzowały się stężeniem w zakresie  $0,03 - 0,31 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  ( z wyjątkiem wiosną próbki numer 8 –  $0,62 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , 14 –  $0,52 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , 17 –  $1,31 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ; latem próbki 17 –  $0,41 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  i jesienią próbki numer 8 –  $0,56 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , 17 –  $2,66 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Drugim pod względem ilości kationem rozpuszczalnym w wodzie był wapń. Jego stężenie zawierało się w przedziale wiosna  $0,01 - 0,80 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , lato  $0,01 - 1,02 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , jesień  $0,03 - 0,96 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  ze średnią rzędu kilkunastu setnych  $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$  i nie wykazywało istotnego związku z funkcjonowaniem tężni, ponieważ najwyższe stężenia uwidaczniały się w poziomie powierzchniowym gleb sąsiadujących z największym stawem (rys. 34). Ze względu na niską zawartość magnezu wodnorozpuszczalnego (mieszczącego się w zakresie: wiosna  $0,01 - 0,80 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , lato  $0,03 - 0,17 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , jesień  $0,08 - 0,42 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ) i potasu rozpuszczalnego w wodzie (wiosna  $0,04 - 0,33 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ , lato  $0,06 - 0,58 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ,

jesień  $0,02 - 0,41 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ ) (tab. 24, 28, 32) oraz brak zależności między koncentracją tych dwóch kationów, a lokalizacją poboru próbek nie opracowano map metodami geostatystycznymi. Wpływ tężni widoczny był także w analizie anionów rozpuszczalnych w wodzie. Sezon wiosenny pod kątem zawartości anionów w roztworze glebowym wykazywał najmniejsze zróżnicowanie (rys. 35). Aniony chlorkowe we wszystkich badanych próbach charakteryzowały się stężeniem rzędu  $11,70 - 24,50 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  (tab. 24). Ta niewielka tendencja zwyżkowa w obrębie tężni i małe różnice w ilości chlorków między obszarem z nimi sąsiadującym, a dalej położonymi terenami była spowodowana znacznym wymyciem chloru z wierzchnich warstw w głąb profilu glebowego w trakcie sezonu zimowego oraz brakiem absorpcji tychże jonów przez kompleks sorpcyjny gleb. Latem, a także jesienią zawartość anionów  $\text{Cl}^-$  wykazywała zdecydowanie większe zróżnicowanie. Mapy zmienności stężenia jonów chlorkowych obrazują jego akumulację w poziomach powierzchniowych gleb umiejscowionych blisko tężni (lato – zawartość  $17,73 - 146,07 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$ , jesień  $11,08 - 66,04 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$ ), a także jego zmniejszanie się wraz ze wzrostem odległości od źródła aerozoli (rys. 35). Tereny położone dalej od tężni (z wyjątkiem próbki numer 17) wykazywały stężenia w lecie rzędu  $7,09 - 13,12 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  (tab. 28), a na jesień  $5,32 - 13,92 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  (tab. 32). Zgoła odmienna sytuacja miała miejsce z wodorowęglanami. Na wiosnę ilość  $\text{HCO}_3^-$  mieściła się w zakresie  $5,34 - 76,25 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$ , latem  $0,00 - 51,09 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  oraz jesienią  $5,34 - 58,71 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$ . Zastosowane metody geostatystyczne wskazały kilka obszarów zwiększonej koncentracji anionów wodorowęglanowych w zależności od analizowanej pory roku. Wiosną tereny o podwyższonej zawartości  $\text{HCO}_3^-$  to teren wokół tężni, obszar położony na południe od największego zbiornika wodnego oraz wschodnia część parku zaraz przy jego wejściu. Natomiast latem i jesienią teren o wysokim stężeniu tego anionu w warstwie przypowierzchniowej to także teren tężni oraz obszar sąsiadujący z południową i wschodnią częścią największego stawu (rys. 36). W sezonie wiosennym natomiast związki siarczanowe mieściły się w przedziale  $0,35 - 11,05 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$ . Najwyższa koncentracja  $\text{SO}_4^{2-}$  uwidoczniła się na obszarze sąsiadującym z wschodnim nabrzeżem dużego stawu oraz w południowo - wschodniej części parku zdrojowego. Latem oraz jesienią największą ilość jonów siarczanowych można było zaobserwować na terenie pomiędzy wschodnią ścianą tężni, a zachodnią linią brzegową stawu. Obszar o dużej zawartości omawianych jonów obejmował także parcele na wschód od stawu (rys. 37). W rejonie tym zawartość  $\text{SO}_4^{2-}$  oscylowała w przedziale latem  $0,50 - 11,80 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  (tab. 28), natomiast jesienią  $1,14 - 9,80 \text{ mg}\cdot\text{100g}^{-1}$  (tab. 32). Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że zmienność przestrzenna rozpuszczalnego w wodzie sodu, chlorków oraz w

mniejszym stopniu siarczanów oraz wodorowęglanów była zależna od wielu czynników. Najważniejsze z nich to odległość od tężni jako źródła zasolenia, kierunek wiatru co powoduje, że przeważające w tym regionie wiatry zachodnie nawiewają aerozole na wschód od tężni oraz zagospodarowanie parku, a w szczególności rozmieszczenie budynków i występowanie zwartej korony drzew tworzących park. Część zachodnia to teren otwarty, a jedyną dużą budowlą jest konstrukcja tężni, natomiast część wschodnia charakteryzuje się rozbudowaną infrastrukturą uzdrowską oraz zagęszczonym drzewostanem, stąd tendencje do zwiększonej koncentracji poszczególnych kationów i anionów w sąsiedztwie tężni i największego stawu, a także niskie ich stężenia w dalej położonej wschodniej, centralnej czy północnej części parku.

## V Wnioski

1. Podwyższona zawartość kationów i anionów w kompleksie sorpcyjnym i roztworze glebowym poziomu powierzchniowego gleb w sąsiedztwie tężni była spowodowana uwalniającymi się z nich aerozolami.
2. Największe zmiany nastąpiły w ilości kationów sodowych (zarówno formy wymiennej jak i wodnorozpuszczalnej) oraz anionów chlorkowych i wodorowęglanowych w poziomie powierzchniowym gleb parku zdrojowego. Było to uwarunkowane obecnością znacznych ilości wyżej wymienionych jonów w składzie aerozoli.
3. Przeprowadzone badania wykazały kierunkowość występowania zwiększonej mineralizacji roztworu glebowego poziomu powierzchniowego. Największą mineralizację stwierdzono w glebach pokrywających obszar położony na północny wschód i wschód od tężni. Spowodowane to było przewagą wiatrów południowo-zachodnich i zachodnich.
4. Badania wykazały również występowanie sezonowych wahań stężenia kationów sodowych i anionów chlorkowych w roztworze glebowym poziomu powierzchniowego analizowanego obszaru. Przyczyną tego może być nierównomierność pracy tężni oraz warunki klimatyczne, a szczególnie wielkość opadów atmosferycznych.
5. Analiza profilowa wykazała występowanie podwyższonej zawartości kationów  $\text{Na}^+$  i anionów  $\text{Cl}^-$  i  $\text{HCO}_3^-$  także w roztworze glebowym głębiej położonych endopedonów i utworu macierzystego, co było uwarunkowane występowaniem zasolonych wód gruntowych. Wody te spowodowały również wyższy udział kationu  $\text{Na}^+$  w kompleksie sorpcyjnym omawianych poziomów.
6. Obszar parku zdrojowego w Inowrocławiu pokrywają gleby zróżnicowane zarówno pod względem typologicznym, jak i pod względem właściwości fizykochemicznych (np. uziarnienia, zawartości C-organicznego).



## VI Bibliografia

*Abrol I.P., Yadav J.S.P., Massoud F.I.*, 1988: Salt – Affected Soils and their Management, FAO Soils Bulletin, 39, Rome

*Aleksandrowicz S.*, 1999: Budowa geologiczna. Platforma waryscyjska, 231-236 [W:] Starkel L., Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze, PWN, Warszawa

*Analizy chemiczne laboratorium Inowrocławskich Kopalni Soli za lata 2000-2005*

*Bartoszewicz A.*, 1979: Zasolenie wód glebowo – gruntowych Wielkopolski oraz jego związek z warunkami glebowymi i intensyfikacją nawożenia, Roczniki AR, Rozprawy naukowe 91, Poznań

*Bartoszewicz A.*, 1994: Skład chemiczny wód powierzchniowych zlewni intensywnie użytkowanych rolniczo w warunkach glebowo – klimatycznych Równiny Kościańskiej, Roczniki AR, Rozprawy naukowe 250, Poznań

*Bednarek R., Prusinkiewicz Z.*, 1997: Geografia gleb, Wydawnictwo PWN, Warszawa, s. 287

*Biernat H., Bujakowska K., Bentkowski A.*, 1997: Projekt prac geologicznych dla rozpoznania i udokumentowania zasobów wód termalnych o właściwościach leczniczych z utworów dolnojurańskich dla potrzeb uzdrowiska Inowrocław, Przed. Geologiczne POLGEOL, Warszawa,

*Bocheńska T., Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Krajewski S., Maciaszczyk A., Maciaszczyk T., Małecka D., Rogoż M., Rózkowski A., Szczepański A., Witczak S.*, 2002: Słownik hydrogeologiczny, PIG, Warszawa

*Borkowski J.*, 1964: Czarne i szare ziemie wytworzone z utworów pyłowych i pylastych na obszarze Śląska, Roczn. Gleb., 14, 1, 67-78

*Cieśla W.*, 1961: Właściwości chemiczne czarnych ziem kujawskich na tle środowiska geograficznego, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Pr. Kom. Nauk Roln. i Leśnych, 8, 4, Poznań

*Cieśla W.*, 1962: Uwagi o czarnych ziemiach kujawskich, Nowe Rolnictwo, 2

*Cieśla W.*, 1965: Problematyka czarnych ziem Niziny Wielkopolskiej ze szczególnym uwzględnieniem Kujaw, Roczn. Nauk. WSR Poznań, 30, 43-54

*Cieśla W.*, 1968; Geneza i właściwości gleb uprawnych wytworzonych z gliny zwałowej na wysoczyźnie kujawskiej, Rozprawy naukowe 18, WSR Poznań

*Cieśla W.*, 1975: Zagadnienie gęstości gleb, Post. Nauk Roln., 1, 11-24

*Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H.*, 1984: Właściwości zasolonych gleb w sąsiedztwie Janikowskich Zakładów Sodowych na Kujawach, Roczn. Gleb., 35 (2), 139-150



*Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Malczyk P., Długosz J., Jaworska H.*, 1994: Pierwiastki śladowe w glebach wybranych obszarów Pomorza i Kujaw, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 414, 63-70

*Cieśla W., Dąbkowska-Naskręt H., Siuda W.*, 1981: Stan zasolenia gleb w okolicy Inowrocławskich Zakładów Sodowych w Mątwach, *Rocz. Gleb.*, 32, 2, 103-112

*Cieśla W., Nowinka Z., Grzona R.*, 1977: Trwałość struktury gruzelkowej wybranych gleb uprawnych Równiny Inowrocławskiej, *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rolnictwo* 49 (4), 59-68

*Corwin D.L., Lesch S.M.*, 2005: Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture, *Computers and Electronics in Agriculture*, 46, 1-3

*Cybulski Cz.*, 1972: Solanka gorzka z inowrocławskiego wysadu solnego, AGH, Kraków, 37

*Czerwiński Z.*, 1996: Zasolenie wód i gleb na terenie Kujaw, *Rocz. Gleb.*, 47, 3/4, 131-143

*Czerwiński Z., Praczk J., Piątek A.*, 1984: Wpływ odpadów z Janikowskich Zakładów Sodowych na tereny rolnicze, *Rocz. Gleb.*, 35, 3/4, 87-105

*Danielson R.E., Russell M.B.*, 1957: Ion absorption by corn roots as influenced by moisture and aeration, *Soil Sc. Soc. Am. Proc.*, 21, 3-6

*Dąbkowska-Naskręt H.*, 1998: Zagrożenie degradacją i zanieczyszczeniem czarnych ziem kujawskich, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 460, 661-671

*Dąbkowska-Naskręt H., Długosz J., Kobierski M.*, 1997: Aggregation of soil particles in relation to iron oxides and organic matter contents in black earths (Gleyic Phaeozems) of Kujawy Upland, *Frag. Agron.* 2A, 167-170

*Dobrzański B., Czerwiński Z., Borek S.*, 1971: Wpływ związków chemicznych stosowanych do odśnieżania na zasolenie gleb zieleńców Warszawy, *Rocz. Gleb.*, 22, 1, 59-73

*Drupka S., Gruszka J.*, 1993: Znaczenie nawodnień deszczownianych w warunkach roku na przykładzie Kujaw, *Mat. Semin. Inst. Melior.*, 33, 7-30

*Drzymala St., Mocek A.*, 1993: Zasoby próchnicy w glebach Lednickiego Parku Krajobrazowego, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 411, 123-129

*Fenton T.E.*, 1983: Mollisols, 125-163, [W:] *Pedogenesis and Soil Taxonomy. Development in Soil Sci.*, 11 B, Elsevier, Amsterdam

*Filipek T., Badora A.*, 1992: Jony rozpuszczalne w wodzie w glebach zanieczyszczonych środkami do zwalczania śliskości pośniegowej, *Rocz. Gleb.*, 43, 3/4, 37-43

*Fraćkowiak H., Kuczyńska I.*, 1996: Wpływ nawodnień zasolonymi wodami górnej Noteci na niektóre właściwości fizykochemiczne organicznych gleb łąkowych, *Rocz.*

Gleb., 47, 3/4, 75-82

*Gilewska S.*, 1999: Charakterystyka stref morfogenetycznych. Obszar młodoglacjalny, 281-288 [W:] Starkel L., Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze, PWN, Warszawa

*Gonet S., Herman J.*, 1995: Zagrożenie zasoleniem czarnych ziem na Kujawach, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 418, 1, 209-218

*Gruszka J.*, 1996: Znaczenie i warunki stosowania nawodnień deszczownianych w rolnictwie regionu Kujaw, Bydgoszcz, Falenty, Wyd. IMUZ, rozprawy habilitacyjne

*Hasik J., Gawlak E.*, 1996: Dzieje uzdrowiska Inowrocław, Inowrocław, 8-28

*Hulisz P.*, 2003: Soil salinity in the vicinity of Inowrocław (Poland) due to the effect of soda industry, Abstracts, SUITMA, Nancy, 159-160

*Hulisz P.*, 2007a: Wybrane aspekty badań gleb zasolonych w Polsce, SOP, Toruń, s. 40

*Hulisz P.*, 2007b: Propozycje systematyki gleb zasolonych w Polsce, Roczn. Gleb., 58, 1/2, 121-129

*Hulisz P., Pokojka U., Posadzy W.*, 2001: Skutki awarii rurociągu solankowego Góra – Mątwy i metody przeciwdziałania degradacji gleb, Inż. Ekol. 5, Kształtowanie środowiska, PTIE, Olsztyn, 63-69

*Janowiak J.*, 1993: Właściwości substancji humusowych czarnych ziem i gleb płowych, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 411, 182-188

*Jeziorski J.*, 1991: Litostratygrafia osadów neoplejstoceniowych we wschodniej części Równiny Inowrocławskiej i doliny Wisły między Włocławkiem a Ciechocinkiem, s. 449-456, [W:] Geneza, litologia i stratygrafia utworów czwartorzędowych, Wyd. Nauk. UAM, Geografia 50, Poznań

*Kasprzak L., Kozarski S.*, 1984: Analiza facjalna osadów strefy marginalnej fazy poznańskiej ostatniego zlodowacenia w środkowej Wielkopolsce, UAM, ser. Geografia 29

*Kaszubkiewicz J., Chodak T.*, 1999: Przebieg zmian właściwości chemicznych gleb zalanych wodami technologicznymi z kopalni rud miedzi, Zesz. Nauk. AR Wrocław, 74, 367, 93-108

*Kaszubkiewicz J., Musiał A., Waścińska A.*, 2003a: Zmiany właściwości fizycznych i fizykochemicznych wybranych gleb podczas procesów zasalania i odsalania, Roczn. Gleb., 54, 3, 5-25

*Kaszubkiewicz J., Ochman D., Kasina M., Kisiel J., Nowacka S., Szewczyk A.*, 2003b: Zasolenie gleb w otoczeniu zbiornika osadów poflotacyjnych „Żelazny Most”, Roczn. Gleb., 54, 4, 91-102

*Kobierski M., Dąbkowska-Naskręt*, 2003: Skład mineralogiczny i wybrane właściwości fizykochemiczne zróżnicowanych typologicznie gleb Równiny Inowrocławskiej. cz.I

- Morfologia oraz właściwości fizyczne i chemiczne wybranych gleb, *Rocz. Gleb.*, 54, 4, 17-27
- Kociatkowski W., Cieśla W.*, 1968: Mikroskładniki przyswajalne w glebach uprawnych wytworzonych z glin zwałowych na Wysoczyźnie Kujawskiej, *Rocz. Gleb.*, 19, 2, 281-292
- Kociatkowski W., Pokojska U., Sapek B.*, 1984: Przewodnik do oznaczania pojemności sorpcyjnej gleby, Pr. Kom. Naukowej PTG, Warszawa
- Komisarek J.*, 1994: Zmienność przestrzenna czarnych ziem i gleb płowych falistej moreny dennej Równiny Kościańskiej, *Rocz. AR Poznań*, 268, 205-216
- Kondracki J.*, 1998: Geografia regionalna Polski, PWN, Warszawa, 145-146
- Kwasowski W.*, 1996: Zasolenie gleb i skład jonowy soli łatwo rozpuszczalnych w wodzie w rejonie wpływu elektrocieplowni Siekierki, *Rocz. Gleb.*, 47, 145-152
- Latour T., Czajka K., Drobnik M., Sziwa D.*, 2004: Badania mikroklimatu w strefie przytężniowej w Inowrocławiu, PZH, Zakład Tworzyw Uzdrowiskowych, Poznań
- Lawton K.*, 1947: The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrient by corn plants, *Soil Sc. Soc. Am. Proc.*, 10, 263-268
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E.*, 1976: Analiza chemiczno – rolnicza, PWN, Warszawa
- Łabaz B., Licznar S., Licznar M.*, 2001: Zawartość niektórych metali i siarki w czarnych ziemiach wrocławskich,
- Marcinek J.*, 1960: Studia nad fizyko-chemicznymi właściwościami gleb bielcowych i brunatnych Niziny Wielkopolsko – Kujawskiej, *Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, 7, 7, 1-72
- Marcinek J.*, 1976: Wpływ odwodnienia w związku z intensyfikacją gospodarki rolnej i leśnej na przeobrażenie pokrywy glebowej, *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 177, 73-157
- Marcinek J. i wsp.*, 1972: Zmiany zdolności filtracyjnych gleb pod wpływem oddziaływania słonych wód dołowych, XIX Ogólnopolski Zjazd Naukowy, PTG, Puławy, 545-553
- Marcinek J.*, 1984: Problemy zasalania i odsalania gleb regionu Shatt Al.-Arab, *Rocz. Nauk Roln.*, 81, 1, 75-105
- Marcinek J., Kaźmierowski C., Komisarek J.*, 1998: Rozmieszczenie gleb i zróżnicowanie ich właściwości w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego, *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 460, 53-73
- Marcinek J., Komisarek J.*, 1991: Rozmieszczenie materii organicznej w układach katenalnych gleb Wielkopolski, *Roczniki AR Poznań*, 224, 85-98

- Marcinek J., Komisarek J.*, 1993: Przestrzenna ocena zawartości zasobów materii organicznej w glebach w nawiązaniu do krajobrazów glebowych Wielkopolski, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. ,411, 113-122
- Marcinek J., Komisarek J., Kaźmierowski C.*, 1994: Dynamika składników rozpuszczalnych w wodach gruntowych uprawnych gleb płowych i czarnych ziem, Roczn. AR Poznań, t. 268, 69-82
- Marcinek J., Komisarek J., Kaźmierowski C.*, 1995a: Czasowa i przestrzenna zmienność chemizmu wód gruntowych w układzie katenalnym gleb Wielkopolski, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. ,z. 418, 149-156
- Marcinek J., Komisarek J., Kaźmierowski C.*, 1995b: Degradacja fizyczna gleb płowych i czarnych ziem intensywnie użytkowanych rolniczo w Wielkopolsce, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. , 418, cz. 1, 141-147
- Marcinek J., Wiślańska A.*, 1984: Asocjacje czarnych ziem i gleb płowych falistej moreny dennej Równiny Kościańskiej, Roczn. AR Poznań, t. 149, 65-80
- Miller M.*, 1995: Dokumentacja hydrogeologiczna uproszczona ujęcia wody podziemnej z utworów czwartorzędowych na terenie Uzdrowiska Inowrocław, PPU Inowrocław
- Misztal M., Smal H., Wójcikowska-Kapusta A.*, 2000: Litosfera i jej ochrona, Wyd. AR Lublin, 116-119
- Mocek A.*, 1989: Możliwość racjonalnego zagospodarowania gleb chemicznie skażonych w przemysłowych strefach ochrony sanitarnej, Roczn. AR Poznań, 185, Rozprawy naukowe
- Mocek A., Drzymała S.*, 2000: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb, Wyd. AR Poznań, 326-329, 350-352
- Mocek A., Owczarzak W.*, 1994: Degradacja fizyczna gleb przyczyną spadku plonowania roślin uprawnych, Roczn. AR Poznań, Rolnictwo, 44 (260), 65-75
- Musierowicz A., Kuźnicki F., Konecka-Betley K.*, 1952: Gleby brunatne i czarne ziemie zdegradowane, Roczn. Gleb., 2, 8-19
- Nienartowicz A., Piernik A., Karasińska W.*, 1997: Występowanie roślinności halofilnej i stopień zasolenia gleb na Kujawach, Mat. Konferencyjne nt. Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw, Przysiek k. Torunia, 58-60
- Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza*, 1996: Zawartość metali ciężkich i pierwiastków śladowych w glebach woj. bydgoskiego, maszynopis, Bydgoszcz
- Okruszko H., Piaścik H.*, 1990: Charakterystyka gleb hydrogenicznych, ART Olsztyn, 41-46
- Papierkowski J.*, 1963: Inowrocław – Zdrój. Kujawskie zdrojowisko solankowo – borowinowe w świetle badań naukowych, PZWL, Warszawa, 22-34

- Piekarska E.*, 1982: Tektoniczne założenia rynny jeziora Gopło, *Przeg. Geol.*, 8
- Piernik A., Kaźmierczak E., Rutkowski L.*, 1996: Differentiation of vegetation in a saline grassland in the vicinity of Inowrocław soda plants at Maławy, *Acta Soc. Bot. Pol.*, 65 (3-4), 349-356
- Plan zagospodarowania przestrzennego terenów zieleni Parku Solankowego dzielnicy lecznictwa uzdrowiskowego w Inowrocławiu, Miastoprojekt - Bydgoszcz, Bydgoszcz, 1989
- PN-R-04033*: Polska norma – Gleby i utwory mineralne. Podział na frakcje i grupy granulometryczne, Polski Komitet Normalizacyjny
- Poborski J.*, 1960: Cechsztyńskie zagłębienie solne Europy Środkowej na ziemiach Polski, *Pr. Pol. Inst. Geol.*, 30, 2
- Pokojska U., Bednarek R., Hulisz P.*, 1998: Problemy systematyki gleb zasolonych w odniesieniu do obszaru objętego wpływem Inowrocławskich Zakładów Chemicznych „Soda – Maławy S.A.”, *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 460, 513-521
- Pokojska U., Hulisz P.*, 1997: Zasolenie gleb wokół Inowrocławskich Zakładów Chemicznych Soda – Maławy S.A., *Mat. Konferencyjne nt. Monitorowanie i ochrona gleb Pomorza i Kujaw, Przysiek k. Torunia*, 50-51
- Poradziński M., Przedwojski R., Rytelowski J.*, 1986: Problemy ochrony gruntów, odszkodowań i kosztów rekultywacji, *Mat. Konf. nt. Gleby słone i sodowe w rejonie oddziaływania Zakładów chemicznych w Inowrocławiu i Zakładów Sodowych w Janikowie na Kujawach, ART. Olsztyn, Minikowo k. Nakła*
- Pracz J.*, 1989: Właściwości gleb tworzących się przy udziale słonej wody gruntowej w polskiej strefie przybałtyckiej, *Rocz. Naukowe SGGW, Warszawa*
- Pracz J.*, 2001: Właściwości naturalnych gleb słonych występujących w pobliżu jeziora Resko Przymorskie, *Rocz. Gleb.*, 52, 3/4, 5-16
- Pracz J., Kwasowski W.*, 2001: Charakterystyka zasolenia gleb siarczkowych i kwaśnych siarczanowych w rejonie Mrzeżyna, *Rocz. Gleb.*, 52, 3/4, 17-31
- Pracz J., Kwasowski W.*, 2005; Organiczne gleby słone występujące w rejonie Zatoki Puckiej, *Rocz. Gleb.*, 56, 3/4, 89-99
- Prusinkiewicz Z., Bednarek R.*, 1999: Charakterystyka głównych typów struktur pokrywy glebowej Polski, [w:] *Starkel L., Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze*, PWN, Warszawa, 392-396
- Reimann B., Cieśla W.*, 1965: Czarne ziemie wrzesińskie, *Pr. Kom. Nauk Roln. i Leś.*, PTPN 19,1, 151-172
- Rytelowski J.*, 1977: Wpływ przemysłu sodowego na degradację środowiska glebowego na przykładzie Zakładów Sodowych w Inowrocławiu – Maławach, *Zesz. Nauk. ART.*

Olsztyn, Rolnictwo 24, 5-12

*Rytelewski J., Cieśliński E., Przedwojski R.*, 1986a: Stosunki geomorfologiczne i hydrograficzne jako czynnik sprzyjający degradacji środowiska [w:] Problematyka gleb zasolonych na Kujawach w aspekcie ich rekultywacji, Mat. Konferencyjne, cz. 1, Inowrocław, 7-13

*Rytelewski J., Kasińska D. i wsp.*, 1988: Chemizm gleb rozmieszczonych wzdłuż rurociągów solankowych w rejonie Inowrocławia, Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo 45, 35-41

*Rytelewski J., Niklewska A., Przedwojski R.*, 1993: Przyczyny powstawania gleb zasolonych na Kujawach, Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, 56, 111-120

*Rytelewski J., Przedwojski R. i wsp.*, 1985: Intensyfikacja produkcji przemysłowej przyczyną degradacji (zasolenia) gleb na Kujawach, Konf. Nauk. pt. Ochrona wód w warunkach intensywnej gospodarki rolniczej, Olsztyn, 21-22, 11, 71-80

*Rytelewski J., Przedwojski R., Poradziński M.*, 1986b: Właściwości chemiczne gleb słonych i sodowych [w:] Problematyka gleb zasolonych na Kujawach w aspekcie ich rekultywacji, Mat. Konferencyjne, cz.1, Inowrocław, 68-80

*Rytelewski J., Przedwojski R., Poradziński M.*, 1986c: Wpływ zakładów chemicznych na zasolenie gleb [w:] Problematyka gleb zasolonych na Kujawach w aspekcie ich rekultywacji, Mat. Konferencyjne, cz. 1, Inowrocław, 14-33

*Samsonowicz G.*, 1954: Wyniki hydrogeologiczne dwu głębokich wierceń w Ciechocinku, Biuletyn PIG, 91, Warszawa

*Smith S.J.*, 1972: Relative rate of chloride movement in leaching of surface soils, Soil Sci, 114, 4, 159-263

*Soil Survey Staff*, 1998, Keys to Soil Taxonomy, 8<sup>th</sup> edition, USDA and Natural Resources Conservation Service

*Spychalski M.*, 1998: Gospodarka wodna wybranych gleb uprawnych pojezierza poznańskiego i leszczyńskiego, Rocz. AR Poznań, 284

*Sypniewski J.*, 1995: Kujawy jako region rolniczy, Mat. Konf. Nauk. Pt. Fizykochemiczne właściwości gleb w aspekcie produktywności i ochrony agroekosystemów, Bydgoszcz, Wiktorowo

*Systematyka gleb Polski*, 1989, Rocz. Gleb., 40, 3/4, 150

*Szabolcs I.*, 1986: Regularities of salt accumulation and movement in soils, Transactions XIII, Congress of the International Society of Soil Science, 5, 404-409

*Szafrański Cz.*, 1994: Gospodarka wodna gleb płowych i czarnych ziem na Pojezierzu Gnieźnieńskim w roku suchym na tle danych z wielolecia, Rocz. Nauk Roln., Ser. F, 83, 3/4

*Tatka E.*, 1983: Dokumentacja geologiczna złoża soli kamiennej „Inowrocław” w kat. A+B+C1+C2, Arch. Kopalni Inowrocław

*Terlikowski F.*, 1954: Gleby Polski, Rocz. Gleb., 3, 25-56

*Thorne D.W., Peterson V.*, 1954: Irrigated soils, New York

*Tomaszewski J.*, 1952: Stadia rozwojowe niektórych rodzajów gleb, Rocz. Gleb., 2, 28-46

*Tyczka S.*, 1959: Klimat i bioklimat Inowrocławia [w:] Przegląd geofizyczny d. Przegląd meteorologiczny i hydrologiczny, Warszawa, PTMiH, PWN, rocz.4 (12), 1. 39-49

*Van Reeuwijk L.P.*, 1993: Procedures for soil analysis, ISRIC 4<sup>th</sup> edition, Wageningen, Netherlands

*Weryfikacja archiwalnych materiałów geologicznych i hydrogeologicznych w rejonie wysadu solnego w Inowrocławiu*, Arch. Kopalni Inowrocław

*Wilkoń-Michalska J.*, 1963: Halofity Kujaw, Studia Soc. Scient. Torunensis, ser. D (Botanica), 7,121

*Wojtasik M.*, 1995: Właściwości powietrzne i wodne czarnych ziem kujawskich, Mat. Konf. Nauk. Pt. Fizykochemiczne właściwości gleb w aspekcie produktywności i ochrony agroekosystemów, Bydgoszcz, Wiktorowo

*World reference base for soil resources*, 1998, FAO, ISRIC, ISSS, Rome

*Żarski J., Dudek S.*, 1997: Charakterystyka warunków opadowo – termicznych woj. bydgoskiego, Prace Katedry Melioracji i Agrometeorologii, Wydział Rolniczy ATR Bydgoszcz (maszynopis)

## **VII Tabele i mapy**



Tab. 6

Wybrane cechy morfologiczne badanych profili glebowych.

| Poziom genetyczny | Miąższość (cm) | Głębokość poboru próbek | Wartość barwy w stanie |             | CaCO <sub>3</sub> % |      | Tekstura |            | Struktura |
|-------------------|----------------|-------------------------|------------------------|-------------|---------------------|------|----------|------------|-----------|
|                   |                |                         | wilgotnym              | pow. suchym | min.-max.           | śr   | PTG      | PN-R-04033 |           |
| <b>Profil 1</b>   |                |                         |                        |             |                     |      |          |            |           |
| Aca               | 0-110          | 0-20                    | 10YR 4/3               | 10YR 5/3    | 2,13-11,23          | 7,0  | gśp      | g          | (d/c)os   |
|                   |                | 20-40                   | 10YR 4/3               | 10YR 5/3    | 1,34-2,70           | 1,9  | glp      | gl         | (d/c)os   |
|                   |                | 40-60                   | 10YR 4/3               | 10YR 5/3    | 1,62-2,53           | 2,0  | glp      | gl         | (s)os     |
| AG                | 110-130        | 110-130                 | 10YR 3/2               | 10YR 5/2    | 1,01-1,36           | 1,2  | glp      | gl         | (s)os     |
| Gca               | 130-150        | 130-150                 | 10YR 3/2               | 10YR 5/3    | 1,85-11,44          | 6,8  | glp      | gp         | (s)os     |
| <b>Profil 2</b>   |                |                         |                        |             |                     |      |          |            |           |
| A                 | 0-82           | 0-20                    | 10YR 2/1               | 10YR 3/2    | 1,52-2,18           | 1,8  | glp      | gl         | (d/c)os   |
|                   |                | 20-40                   | 10YR 2/1               | 10YR 3/2    | 1,43-2,01           | 1,7  | glp      | gp         | (d/c)os   |
|                   |                | 40-60                   | 10YR 2/1               | 10YR 3/2    | 1,35-1,84           | 1,6  | glp      | gl         | (s)os     |
| AB                | 82-107         | 82-107                  | 10YR 3/4               | 10YR 5/4    | 1,34-1,43           | 1,4  | gśp      | g          | (s)os     |
| Cca               | 107-150        | 107-150                 | 10YR 4/4               | 10YR 6/4    | 8,65-12,50          | 11,0 | glp      | gl         | (s)os     |
| <b>Profil 3</b>   |                |                         |                        |             |                     |      |          |            |           |
| A                 | 0-55           | 0-20                    | 10YR 2/2               | 10YR 4/2    | 0,00-1,18           | 0,4  | glp      | gp         | (d/c)os   |
|                   |                | 20-40                   | 10YR 2/2               | 10YR 4/2    | 0,00-1,18           | 0,4  | glp      | gp         | (d/c)os   |
|                   |                | 40-55                   | 10YR 2/2               | 10YR 4/2    | 0,00-1,43           | 0,5  | glp      | gl         | (s)os     |
| AC                | 55-92          | 55-92                   | 10YR 3/4               | 10YR 5/4    | 0,00-1,94           | 0,6  | gśp      | g          | (s)os     |
| Cca               | 92-150         | 92-150                  | 10YR 4/4               | 10YR 6/4    | 12,01-16,43         | 14,5 | gśp      | g          | (s)os     |
| <b>Profil 4</b>   |                |                         |                        |             |                     |      |          |            |           |
| Ad                | 0-20           | 0-20                    | 10YR 2/2               | 10YR 4/2    | 0,00-1,50           | 0,9  | pglp     | pg         | (d/c)os   |
| A                 | 20-83          | 20-40                   | 10YR 2/1               | 10YR 3/2    | 1,01-1,58           | 1,3  | pglp     | ps         | (d/c)os   |
|                   |                | 40-60                   | 10YR 2/1               | 10YR 3/2    | 1,18-1,66           | 1,4  | pgl      | ps         | (d/c)os   |
| AC                | 83-104         | 83-104                  | 10YR 3/4               | 10YR 5/4    | 0,00-1,01           | 0,6  | pgmp     | gp         | (s)os     |
| Cca               | 104-150        | 104-150                 | 10YR 5/3               | 10YR 7/3    | 4,72-13,76          | 7,7  | gcp      | gp         | (s)os     |

| Poziom genetyczny | Miażzość (cm) | Głębokość poboru próbek | Wartość barwy w stanie |            | CaCO <sub>3</sub> % |      | Tekstura |            | Struktura |
|-------------------|---------------|-------------------------|------------------------|------------|---------------------|------|----------|------------|-----------|
|                   |               |                         | wilgotnym              | pow.suchym | min.-max.           | śr.  | PTG      | PN-R-04033 |           |
| <b>Profil 5</b>   |               |                         |                        |            |                     |      |          |            |           |
| A                 | 0-104         | 0-20                    | 10YR 1,7/1             | 10YR 3/1   | 1,25-1,60           | 1,4  | pz       | gl         | (s)os     |
|                   |               | 20-40                   | 10YR 1,7/1             | 10YR 3/1   | 2,01-2,41           | 2,2  | glp      | gl         | (s)os     |
|                   |               | 40-60                   | 10YR 2/1               | 10YR 4/1   | 1,66-4,07           | 3,1  | glp      | gp         | (s)os     |
| AGca              | 104-110       | 104-110                 | 10YR 2/1               | 10YR 4/1   | 4,49-22,28          | 14,7 | pgmp     | gp         | (s)os     |
| Gca               | 110-150       | 110-150                 | 10YR 5/1               | 10YR 7/1   | 9,05-16,01          | 11,4 | gl       | gp         | (s)os     |
| <b>Profil 6</b>   |               |                         |                        |            |                     |      |          |            |           |
| A                 | 0-79          | 0-20                    | 10YR 3/1               | 10YR 5/2   | 2,50-2,67           | 2,6  | pgl      | pg         | (s)os     |
| Aca               |               | 20-40                   | 10YR 2/1               | 10YR 4/2   | 2,70-3,76           | 3,2  | pglp     | pg         | (s)os     |
| Aca               |               | 40-60                   | 10YR 2/1               | 10YR 4/1   | 4,18-5,62           | 4,8  | pgm      | gp         | (s)os     |
| AGca              | 79-88         | 79-88                   | 10YR 3/1               | 10YR 4/2   | 2,41-4,07           | 3,5  | pgmp     | gp         | (s)os     |
| Gca               | 88-108        | 88-108                  | 10YR 3/2               | 10YR 5/2   | 3,00-5,34           | 4,5  | pgmp     | gp         | (s)os     |
| Cca               | 108-150       | 108-150                 | 10YR 3/2               | 10YR 5/2   | 1,75-3,59           | 2,9  | pglp     | pg         | (s)os     |
| <b>Profil 7</b>   |               |                         |                        |            |                     |      |          |            |           |
| A                 | 0-84          | 0-20                    | 10YR 2/1               | 10YR 4/1   | 0,00-0,00           | 0,0  | pglp     | pg         | (s)os     |
|                   |               | 20-40                   | 10YR 2/1               | 10YR 4/2   | 0,00-0,00           | 0,0  | pglp     | pg         | (s)os     |
|                   |               | 40-60                   | 10YR 2/1               | 10YR 4/2   | 0,00-0,93           | 0,3  | pglp     | pg         | (s)os     |
| AC                | 84-128        | 84-128                  | 10YR 2/2               | 10YR 5/2   | 0,00-1,00           | 0,3  | pz       | pg         | (s)os     |
| C                 | 128-150       | 128-150                 | 10YR 5/3               | 10YR 6/3   | 0,00-1,00           | 0,3  | pz       | plp        | (s)os     |

(d/c)os – foremnowielościenna zaokrąglona, (drobna/ cienka)

(s)os – foremnowielościenna zaokrąglona, (średnia)

Tab. 7  
Skład granulometryczny profili glebowych.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek (cm) | % zawartość frakcji granulometrycznych |       |          |          |          |           |            |             |        |
|-------------------|------------------------------|--|-------|----------|----------|----------|-----------|------------|-------------|--------|
|                   |                              | 2-1                                    | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,02 | 0,02-0,006 | 0,006-0,002 | <0,002 |
| mm                |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| <b>Profil 1</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| Aca               | 0-20                         | 0,7                                    | 2,0   | 8,5      | 23,0     | 18,8     | 10,0      | 10,0       | 8,0         | 19,0   |
|                   | 20-40                        | 0,7                                    | 2,3   | 9,4      | 31,3     | 21,3     | 9,0       | 7,0        | 7,0         | 12,0   |
|                   | 40-60                        | 0,5                                    | 2,2   | 9,2      | 31,9     | 20,2     | 9,0       | 8,0        | 6,0         | 13,0   |
| AG                | 110-130                      | 0,4                                    | 1,7   | 9,4      | 28,8     | 23,7     | 10,0      | 8,0        | 6,0         | 12,0   |
| Gca               | 130-150                      | 0,6                                    | 1,9   | 9,2      | 29,3     | 25,0     | 10,0      | 6,0        | 6,0         | 12,0   |
| <b>Profil 2</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| A                 | 0-20                         | 0,7                                    | 2,2   | 8,9      | 30,4     | 22,8     | 9,0       | 7,0        | 6,0         | 13,0   |
|                   | 20-40                        | 0,5                                    | 1,9   | 9,4      | 27,5     | 26,7     | 9,0       | 7,0        | 5,0         | 13,0   |
|                   | 40-60                        | 0,6                                    | 1,8   | 9,3      | 28,3     | 24,0     | 11,0      | 7,0        | 6,0         | 12,0   |
| AB                | 82-107                       | 0,6                                    | 1,3   | 5,6      | 21,7     | 21,8     | 12,0      | 8,0        | 8,0         | 21,0   |
| Cca               | 107-150                      | 0,5                                    | 1,6   | 6,7      | 25,6     | 21,6     | 10,0      | 10,0       | 8,0         | 16,0   |
| <b>Profil 3</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| A                 | 0-20                         | 0,5                                    | 1,8   | 9,3      | 31,0     | 26,4     | 8,0       | 8,0        | 7,0         | 8,0    |
|                   | 20-40                        | 0,5                                    | 1,7   | 9,4      | 33,8     | 20,6     | 9,0       | 9,0        | 7,0         | 9,0    |
|                   | 40-55                        | 0,7                                    | 2,1   | 9,0      | 27,1     | 23,1     | 9,0       | 9,0        | 8,0         | 12,0   |
| AC                | 55-92                        | 0,8                                    | 1,9   | 8,1      | 23,5     | 16,7     | 8,0       | 10,0       | 8,0         | 23,0   |
| Cca               | 92-150                       | 0,8                                    | 2,3   | 8,4      | 24,7     | 15,8     | 10,0      | 13,0       | 8,0         | 17,0   |
| <b>Profil 4</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| Ad                | 0-20                         | 1,0                                    | 2,8   | 15,0     | 39,6     | 22,6     | 7,0       | 3,0        | 3,0         | 6,0    |
| A                 | 20-40                        | 0,7                                    | 3,2   | 18,7     | 41,9     | 21,5     | 4,0       | 2,0        | 6,0         | 2,0    |
|                   | 40-60                        | 0,7                                    | 2,9   | 17,0     | 45,5     | 20,9     | 3,0       | 3,0        | 3,0         | 4,0    |
| AC                | 83-104                       | 0,3                                    | 1,9   | 12,3     | 30,8     | 25,7     | 11,0      | 4,0        | 3,0         | 11,0   |
| Cca               | 104-150                      | 0,1                                    | 0,4   | 1,7      | 7,0      | 13,8     | 19,0      | 14,0       | 16,0        | 28,0   |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek (cm) | % zawartość frakcji granulometrycznych |       |          |          |          |           |            |             |        |
|-------------------|------------------------------|--|-------|----------|----------|----------|-----------|------------|-------------|--------|
|                   |                              | 2-1                                    | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,02 | 0,02-0,006 | 0,006-0,002 | <0,002 |
| mm                |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| <b>Profil 5</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| A                 | 0-20                         | 0,2                                    | 1,1   | 5,9      | 19,1     | 30,7     | 12,0      | 6,0        | 7,0         | 18,0   |
|                   | 20-40                        | 0,6                                    | 2,0   | 8,4      | 22,6     | 27,4     | 10,0      | 6,0        | 7,0         | 16,0   |
|                   | 40-60                        | 0,5                                    | 1,7   | 11,7     | 32,6     | 26,5     | 7,0       | 5,0        | 3,0         | 12,0   |
| AGca              | 104-110                      | 0,2                                    | 1,9   | 11,1     | 39,7     | 20,1     | 8,0       | 3,0        | 2,0         | 14,0   |
| Gca               | 110-150                      | 0,4                                    | 1,4   | 13,0     | 41,7     | 18,5     | 4,0       | 2,0        | 2,0         | 17,0   |
| <b>Profil 6</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| A                 | 0-20                         | 1,2                                    | 3,5   | 14,4     | 45,3     | 17,6     | 7,0       | 2,0        | 2,0         | 7,0    |
| Aca               | 20-40                        | 1,8                                    | 3,0   | 12,0     | 37,2     | 24,0     | 8,0       | 3,0        | 3,0         | 8,0    |
| Aca               | 40-60                        | 3,3                                    | 6,6   | 15,9     | 31,3     | 17,9     | 7,0       | 5,0        | 3,0         | 10,0   |
| AGca              | 79-88                        | 1,8                                    | 3,5   | 12,8     | 34,4     | 19,5     | 11,0      | 5,0        | 2,0         | 10,0   |
| Gca               | 88-108                       | 1,7                                    | 3,0   | 10,6     | 34,1     | 26,6     | 9,0       | 5,0        | 2,0         | 8,0    |
| Cca               | 108-150                      | 1,0                                    | 3,2   | 15,7     | 40,7     | 19,4     | 8,0       | 3,0        | 2,0         | 7,0    |
| <b>Profil 7</b>   |                              |  |       |          |          |          |           |            |             |        |
| A                 | 0-20                         | 0,4                                    | 2,1   | 15,5     | 40,0     | 25,0     | 3,0       | 6,0        | 3,0         | 5,0    |
|                   | 20-40                        | 0,6                                    | 2,1   | 14,4     | 33,9     | 30,0     | 6,0       | 3,0        | 4,0         | 6,0    |
|                   | 40-60                        | 0,5                                    | 2,6   | 14,5     | 31,9     | 29,5     | 7,0       | 5,0        | 4,0         | 5,0    |
| AC                | 84-128                       | 0,4                                    | 2,6   | 15,6     | 28,3     | 35,1     | 9,0       | 3,0        | 3,0         | 3,0    |
| C                 | 128-150                      | 0,1                                    | 0,4   | 1,6      | 13,8     | 27,1     | 28,0      | 11,0       | 7,0         | 11,0   |

Tab. 8

Właściwości fizykochemiczne profili glebowych.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | pH w H <sub>2</sub> O |      | pH w 1M KCl |      | Hh cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |      | C org. %  |      | Próchnica % |      |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|------|-------------|------|-------------------------------|------|-----------|------|-------------|------|
|                   |                         | min.-max              | śr.  | min.-max    | śr.  | min.-max                      | śr.  | min.-max  | śr.  | min.-max    | śr.  |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                       |      |             |      |                               |      |           |      |             |      |
| Aca               | 0-20                    | 7,38-8,32             | 7,82 | 7,02-7,63   | 7,36 | 0,00                          | 0,00 | 0,73-1,86 | 1,11 | 1,25-3,21   | 1,92 |
|                   | 20-40                   | 7,95-8,07             | 7,99 | 7,15-7,64   | 7,34 | 0,00                          | 0,00 | 0,98-2,35 | 1,56 | 1,68-4,05   | 2,69 |
|                   | 40-60                   | 8,22-8,63             | 8,42 | 7,15-7,66   | 7,43 | 0,00                          | 0,00 | 0,64-1,65 | 1,11 | 1,09-2,84   | 1,9  |
| AG                | 110-130                 | 8,29-9,07             | 8,66 | 7,22-7,67   | 7,45 | 0,00                          | 0,00 | 0,34-0,91 | 0,6  | 0,58-1,57   | 1,03 |
| Gca               | 130-150                 | 8,52-9,65             | 9,08 | 7,53-8,01   | 7,73 | 0,00                          | 0,00 | 0,20-0,26 | 0,23 | 0,34-0,45   | 0,4  |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                       |      |             |      |                               |      |           |      |             |      |
| A                 | 0-20                    | 7,22-7,57             | 7,44 | 6,92-7,40   | 7,19 | 0,00                          | 0,00 | 1,80-2,01 | 1,93 | 3,10-3,47   | 3,32 |
|                   | 20-40                   | 7,45-7,66             | 7,59 | 7,06-7,47   | 7,27 | 0,00                          | 0,00 | 1,35-1,69 | 1,5  | 2,33-2,91   | 2,59 |
|                   | 40-60                   | 7,64-7,96             | 7,80 | 7,18-7,50   | 7,36 | 0,00                          | 0,00 | 0,93-1,12 | 1,02 | 1,59-1,92   | 1,76 |
| AB                | 82-107                  | 7,91-8,24             | 8,06 | 7,18-7,62   | 7,41 | 0,00                          | 0,00 | 0,35-0,69 | 0,51 | 0,60-1,19   | 0,88 |
| Cca               | 107-150                 | 8,23-8,55             | 8,36 | 7,59-7,81   | 7,70 | 0,00                          | 0,00 | 0,17-0,4  | 0,25 | 0,28-0,68   | 0,42 |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                       |      |             |      |                               |      |           |      |             |      |
| A                 | 0-20                    | 6,26-6,59             | 6,46 | 5,60-6,20   | 5,99 | 1,84-2,63                     | 2,19 | 1,27-1,65 | 1,48 | 2,19-2,84   | 2,55 |
|                   | 20-40                   | 6,75-6,80             | 6,78 | 6,15-6,40   | 6,25 | 1,23-1,40                     | 1,34 | 0,84-1,07 | 0,94 | 1,44-1,84   | 1,61 |
|                   | 40-55                   | 6,79-7,03             | 6,91 | 6,20-6,41   | 6,28 | 1,14-1,27                     | 1,18 | 0,7-1,01  | 0,84 | 1,20-1,73   | 1,44 |
| AC                | 55-92                   | 7,05-7,61             | 7,31 | 6,18-7,42   | 6,62 | 0,53-1,05                     | 0,85 | 0,18-0,63 | 0,40 | 0,31-1,09   | 0,68 |
| Cca               | 92-150                  | 7,79-8,25             | 8,10 | 7,27-7,73   | 7,54 | 0,22-0,35                     | 0,28 | 0,07-0,82 | 0,41 | 0,11-1,41   | 0,71 |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                       |      |             |      |                               |      |           |      |             |      |
| Ad                | 0-20                    | 6,95-7,50             | 7,26 | 6,51-7,33   | 6,93 | 0,00                          | 0,00 | 1,29-1,43 | 1,34 | 2,22-2,47   | 2,32 |
| A                 | 20-40                   | 7,45-7,84             | 7,62 | 7,24-7,63   | 7,43 | 0,00                          | 0,00 | 0,54-0,84 | 0,68 | 0,92-1,45   | 1,17 |
|                   | 40-60                   | 7,57-7,85             | 7,68 | 7,41-7,65   | 7,53 | 0,00                          | 0,00 | 0,47-0,70 | 0,59 | 0,81-1,20   | 1,01 |
| AC                | 83-104                  | 7,30-7,86             | 7,54 | 6,92-7,24   | 7,10 | 0,00                          | 0,00 | 0,19-0,26 | 0,21 | 0,32-0,44   | 0,36 |
| Cca               | 104-150                 | 8,02-8,39             | 8,18 | 7,26-7,60   | 7,46 | 0,00                          | 0,00 | 0,08-0,40 | 0,20 | 0,14-0,69   | 0,35 |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | pH w H <sub>2</sub> O |      | pH w 1M KCl |      | Hh emol(+)*kg <sup>-1</sup> |      | C org. %  |      | Próchnica % |      |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|------|-------------|------|-----------------------------|------|-----------|------|-------------|------|
|                   |                         | min.-max              | śr.  | min.-max    | śr.  | min.-max                    | śr.  | min.-max  | śr.  | min.-max    | śr.  |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                       |      |             |      |                             |      |           |      |             |      |
| A                 | 0-20                    | 7,46-7,62             | 7,55 | 7,14-7,45   | 7,34 | 0,00                        | 0,00 | 2,42-2,60 | 2,51 | 4,16-4,48   | 4,33 |
|                   | 20-40                   | 7,54-7,77             | 7,65 | 7,28-7,60   | 7,47 | 0,00                        | 0,00 | 1,90-2,21 | 2,04 | 3,28-3,81   | 3,52 |
|                   | 40-60                   | 7,59-7,87             | 7,73 | 7,41-7,66   | 7,57 | 0,00                        | 0,00 | 1,60-1,98 | 1,80 | 2,75-3,40   | 3,10 |
| AGca              | 104-110                 | 7,95-8,46             | 8,15 | 7,68-7,79   | 7,75 | 0,00                        | 0,00 | 0,42-0,80 | 0,56 | 0,72-1,38   | 0,97 |
| Gca               | 110-150                 | 8,01-8,97             | 8,43 | 8,04-8,41   | 8,19 | 0,00                        | 0,00 | 0,14-0,20 | 0,18 | 0,24-0,34   | 0,30 |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                       |      |             |      |                             |      |           |      |             |      |
| A                 | 0-20                    | 7,61-8,19             | 7,83 | 7,23-7,79   | 7,53 | 0,00                        | 0,00 | 1,20-1,45 | 1,30 | 2,06-2,49   | 2,24 |
| Aca               | 20-40                   | 7,78-8,13             | 7,91 | 7,36-7,75   | 7,58 | 0,00                        | 0,00 | 1,05-1,75 | 1,36 | 1,81-3,02   | 2,35 |
| Aca               | 40-60                   | 7,98-8,17             | 8,06 | 7,42-7,82   | 7,66 | 0,00                        | 0,00 | 1,05-2,03 | 1,45 | 1,81-3,50   | 2,50 |
| Agca              | 79-88                   | 7,67-8,00             | 7,84 | 7,48-7,81   | 7,66 | 0,00                        | 0,00 | 1,54-1,97 | 1,73 | 2,65-3,40   | 2,99 |
| Gca               | 88-108                  | 7,77-7,95             | 7,87 | 7,57-7,84   | 7,71 | 0,00                        | 0,00 | 0,76-1,34 | 1,14 | 1,30-2,30   | 1,95 |
| Cca               | 108-150                 | 7,73-7,87             | 7,81 | 7,56-7,84   | 7,73 | 0,00                        | 0,00 | 0,74-0,89 | 0,81 | 1,28-1,53   | 1,40 |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                       |      |             |      |                             |      |           |      |             |      |
| A                 | 0-20                    | 6,22-6,40             | 6,31 | 5,54-5,82   | 5,68 | 1,93-2,93                   | 2,44 | 0,84-1,24 | 1,10 | 1,44-2,14   | 1,89 |
|                   | 20-40                   | 6,32-6,54             | 6,45 | 5,62-6,01   | 5,83 | 1,66-2,32                   | 2,01 | 0,69-1,20 | 0,89 | 1,18-2,07   | 1,53 |
|                   | 40-60                   | 6,34-6,64             | 6,53 | 5,81-6,03   | 5,93 | 1,40-1,97                   | 1,72 | 0,53-1,19 | 0,77 | 0,91-2,05   | 1,33 |
| AC                | 84-128                  | 6,36-6,85             | 6,64 | 5,71-6,27   | 6,02 | 0,96-1,53                   | 1,27 | 0,23-0,82 | 0,50 | 0,39-1,41   | 0,86 |
| C                 | 128-150                 | 6,52-6,97             | 6,7  | 5,63-6,11   | 5,80 | 0,61-1,84                   | 1,30 | 0,01-0,56 | 0,24 | 0,02-0,96   | 0,42 |

Tab. 9  
Zawartość kationów wymiennych w badanych glebach – wiosna.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>         | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | cmol(+)·kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                          |                  |                 |                |                |
| Aca               | 0-20                    | 20,05                    | 0,57             | 1,39            | 0,40           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 18,56                    | 0,48             | 1,83            | 0,24           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 11,12                    | 0,33             | 2,38            | 0,22           | 0,00           |
| AG                | 110-130                 | 7,34                     | 0,17             | 3,59            | 0,20           | 0,00           |
| Gca               | 130-150                 | 7,24                     | 0,19             | 3,80            | 0,21           | 0,00           |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                          |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 14,75                    | 0,73             | 1,03            | 0,62           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 9,66                     | 0,64             | 1,36            | 0,28           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 19,64                    | 0,60             | 0,89            | 0,22           | 0,00           |
| AB                | 82-107                  | 21,87                    | 0,80             | 2,34            | 0,23           | 0,00           |
| Cca               | 107-150                 | 19,10                    | 0,72             | 1,39            | 0,25           | 0,00           |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                          |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 13,89                    | 0,59             | 1,73            | 0,57           | 1,84           |
|                   | 20-40                   | 20,53                    | 0,51             | 1,02            | 0,29           | 1,40           |
|                   | 40-55                   | 34,93                    | 0,62             | 1,37            | 0,25           | 1,27           |
| AC                | 55-92                   | 21,22                    | 1,05             | 1,59            | 0,35           | 0,53           |
| Cca               | 92-150                  | 32,02                    | 0,69             | 2,05            | 0,18           | 0,22           |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                          |                  |                 |                |                |
| Ad                | 0-20                    | 14,21                    | 0,22             | 0,93            | 0,25           | 0,00           |
| A                 | 20-40                   | 11,10                    | 0,33             | 1,09            | 0,19           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 19,93                    | 0,41             | 0,92            | 0,16           | 0,00           |
| AC                | 83-104                  | 8,29                     | 0,18             | 1,15            | 0,20           | 0,00           |
| Cca               | 104-150                 | 42,50                    | 1,13             | 2,09            | 0,32           | 0,00           |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>           | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 25,99                      | 2,24             | 1,35            | 0,30           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 23,91                      | 1,70             | 1,56            | 0,29           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 26,36                      | 1,32             | 1,52            | 0,36           | 0,00           |
| AGca              | 104-110                 | 23,46                      | 1,14             | 1,72            | 0,40           | 0,00           |
| Gca               | 110-150                 | 19,18                      | 0,55             | 1,71            | 0,35           | 0,00           |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 22,47                      | 0,69             | 0,52            | 0,34           | 0,00           |
| Aca               | 20-40                   | 19,26                      | 1,14             | 1,43            | 0,32           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 30,62                      | 1,12             | 2,12            | 0,31           | 0,00           |
| AGca              | 79-88                   | 17,78                      | 1,09             | 2,56            | 0,39           | 0,00           |
| Gca               | 88-108                  | 20,14                      | 0,64             | 2,38            | 0,43           | 0,00           |
| Cca               | 108-150                 | 14,66                      | 0,81             | 2,69            | 0,41           | 0,00           |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 13,84                      | 0,62             | 0,79            | 0,34           | 2,93           |
|                   | 20-40                   | 12,57                      | 0,31             | 0,54            | 0,19           | 2,32           |
|                   | 40-60                   | 8,77                       | 0,25             | 0,78            | 0,19           | 1,97           |
| AC                | 84-128                  | 9,19                       | 0,06             | 1,36            | 0,17           | 1,31           |
| C                 | 128-150                 | 10,72                      | 0,99             | 1,44            | 0,26           | 1,84           |



Tab. 10

Formy wodnorozpuszczalne kationów i anionów w analizowanych profilach glebowych – wiosna.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek (cm) | cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                | Przewodność elektrolityczna mS * cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                              | Ca <sup>2+</sup>           | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> |   |                 |                               |                              |
| <b>Profil 1</b>   |                              |                            |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| Aca               | 0-20                         | 0,23                       | 0,08             | 1,22            | 0,07           | 1,48  | 13,47           | 93,79                         | 0,35                         |
|                   | 20-40                        | 0,06                       | 0,10             | 2,34            | 0,08           | 1,70  | 23,40           | 68,63                         | 1,75                         |
|                   | 40-60                        | 0,02                       | 0,10             | 3,11            | 0,09           | 2,12  | 40,06           | 76,25                         | 1,75                         |
| AG                | 110-130                      | 0,01                       | 0,12             | 2,44            | 0,10           | 1,72  | 43,61           | 66,34                         | 2,25                         |
| Gca               | 130-150                      | 0,01                       | 0,12             | 2,85            | 0,11           | 2,54  | 32,26           | 96,84                         | 1,00                         |
| <b>Profil 2</b>   |                              |                            |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                         | 0,08                       | 0,12             | 0,22            | 0,05           | 0,89  | 17,73           | 17,54                         | 0,50                         |
|                   | 20-40                        | 0,06                       | 0,10             | 0,15            | 0,04           | 0,75  | 13,47           | 22,88                         | 1,50                         |
|                   | 40-60                        | 0,04                       | 0,10             | 0,27            | 0,05           | 0,73  | 17,02           | 43,46                         | 1,00                         |
| AB                | 82-107                       | 0,07                       | 0,07             | 0,78            | 0,05           | 1,19  | 17,02           | 17,54                         | 5,13                         |
| Cca               | 107-150                      | 0,36                       | 0,07             | 1,22            | 0,03           | 1,69  | 17,73           | 0,00                          | 15,40                        |
| <b>Profil 3</b>   |                              |                            |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                         | 0,06                       | 0,08             | 0,11            | 0,04           | 0,38  | 17,02           | 30,50                         | 1,50                         |
|                   | 20-40                        | 0,01                       | 0,08             | 0,10            | 0,05           | 0,31  | 13,12           | 2,29                          | 0,63                         |
|                   | 40-55                        | 0,00                       | 0,08             | 0,10            | 0,05           | 0,30  | 15,24           | 15,25                         | 0,75                         |
| AC                | 55-92                        | 0,10                       | 0,09             | 0,11            | 0,02           | 0,77  | 9,22            | 20,59                         | 0,25                         |
| Cca               | 92-150                       | 0,60                       | 0,09             | 0,13            | 0,01           | 0,82  | 14,18           | 0,00                          | 0,13                         |
| <b>Profil 4</b>   |                              |                            |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| Ad                | 0-20                         | 0,12                       | 0,08             | 0,13            | 0,02           | 0,35  | 12,76           | 12,96                         | 0,13                         |
| A                 | 20-40                        | 0,10                       | 0,08             | 0,11            | 0,02           | 0,50  | 15,60           | 17,54                         | 0,13                         |
|                   | 40-60                        | 0,21                       | 0,10             | 0,12            | 0,02           | 0,73  | 18,79           | 20,59                         | 0,23                         |
| AC                | 83-104                       | 0,05                       | 0,10             | 0,28            | 0,05           | 0,63  | 14,18           | 32,79                         | 2,50                         |
| Cca               | 104-150                      | 0,04                       | 0,13             | 1,59            | 0,09           | 1,73  | 20,21           | 20,59                         | 14,25                        |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek (cm) | Ca <sup>2+</sup>         | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup>        | Przewodność elektrolityczna mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                              | cmol(+)*kg <sup>-1</sup> |                  |                 | mg*100g <sup>-1</sup> |   |                 |                               |                              |
| <b>Profil 5</b>   |                              |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                         | 0,08                     | 0,16             | 0,61            | 0,03                  | 1,07  | 21,27           | 17,54                         | 5,30                         |
|                   | 20-40                        | 0,96                     | 0,30             | 1,39            | 0,01                  | 2,54  | 39,35           | 28,21                         | 26,00                        |
|                   | 40-60                        | 0,69                     | 0,28             | 1,50            | 0,01                  | 2,55  | 48,57           | 30,50                         | 26,00                        |
| AGca              | 104-110                      | 0,49                     | 0,17             | 1,20            | 0,02                  | 2,02  | 40,77           | 28,21                         | 15,50                        |
| Gca               | 110-150                      | 0,74                     | 0,16             | 1,49            | 0,01                  | 2,80  | 70,20           | 22,88                         | 14,83                        |
| <b>Profil 6</b>   |                              |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                         | 0,11                     | 0,09             | 2,66            | 0,03                  | 2,23  | 61,69           | 40,41                         | 6,20                         |
| Aca               | 20-40                        | 0,12                     | 0,09             | 2,79            | 0,02                  | 2,89  | 85,80           | 45,75                         | 11,80                        |
| Aca               | 40-60                        | 0,18                     | 0,10             | 2,68            | 0,03                  | 3,15  | 98,56           | 51,09                         | 13,60                        |
| AGca              | 79-88                        | 0,11                     | 0,10             | 3,39            | 0,04                  | 3,86  | 129,40          | 51,09                         | 11,75                        |
| Gca               | 88-108                       | 0,16                     | 0,11             | 3,62            | 0,05                  | 4,17  | 135,08          | 51,09                         | 18,90                        |
| Cca               | 108-150                      | 0,19                     | 0,10             | 3,95            | 0,03                  | 5,29  | 188,26          | 30,50                         | 11,75                        |
| <b>Profil 7</b>   |                              |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                         | 0,05                     | 0,07             | 0,17            | 0,01                  | 0,31  | 12,76           | 9,91                          | 1,05                         |
|                   | 20-40                        | 0,01                     | 0,05             | 0,09            | 0,01                  | 0,20  | 17,73           | 7,63                          | 0,75                         |
|                   | 40-60                        | 0,01                     | 0,05             | 0,07            | 0,02                  | 0,17  | 12,76           | 2,29                          | 0,60                         |
| AC                | 84-128                       | 0,01                     | 0,05             | 0,05            | 0,02                  | 0,17  | 21,98           | 30,50                         | 0,50                         |
| C                 | 128-150                      | 0,00                     | 0,10             | 0,10            | 0,10                  | 0,22  | 35,81           | 20,59                         | 0,60                         |

Tab. 11  
Właściwości sorpcyjne profili glebowych – wiosna.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stożek wysycenia zasadami V |         |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------|
|                   |                         |                                  |                                       | cmol(+)*kg <sup>-1</sup>    | %       |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                                  |                                       |                             |         |
| Aca               | 0-20                    | 22,42                            | 22,42                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 20-40                   | 21,11                            | 21,11                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 40-60                   | 14,05                            | 14,05                                 |                             | ≈100,00 |
| AG                | 110-130                 | 11,31                            | 11,31                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 130-150                 | 11,44                            | 11,44                                 |                             | ≈100,00 |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                                  |                                       |                             |         |
| A                 | 0-20                    | 17,13                            | 17,13                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 20-40                   | 11,93                            | 11,93                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 40-60                   | 21,34                            | 21,34                                 |                             | ≈100,00 |
| AB                | 82-107                  | 25,24                            | 25,24                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 107-150                 | 21,47                            | 21,47                                 |                             | ≈100,00 |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                                  |                                       |                             |         |
| A                 | 0-20                    | 16,78                            | 18,62                                 |                             | 90,12   |
|                   | 20-40                   | 22,35                            | 23,75                                 |                             | 94,11   |
|                   | 40-55                   | 37,17                            | 38,44                                 |                             | 96,70   |
| AC                | 55-92                   | 24,21                            | 24,74                                 |                             | 97,86   |
|                   | 92-150                  | 34,94                            | 35,16                                 |                             | 99,37   |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                                  |                                       |                             |         |
| Ad                | 0-20                    | 15,61                            | 15,61                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 20-40                   | 12,71                            | 12,71                                 |                             | ≈100,00 |
| AC                | 40-60                   | 21,42                            | 21,42                                 |                             | ≈100,00 |
|                   | 83-104                  | 9,83                             | 9,83                                  |                             | ≈100,00 |
|                   | 104-150                 | 46,04                            | 46,04                                 |                             | ≈100,00 |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stopień wysycenia zasadami V |   |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---|
|                   |                         |                                  |                                       | cmol(+) * kg <sup>-1</sup>   | % |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 29,89                            | 29,89                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 20-40                   | 27,47                            | 27,47                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 40-60                   | 29,56                            | 29,56                                 | ≈100,00                      |   |
| AGca              | 104-110                 | 26,72                            | 26,72                                 | ≈100,00                      |   |
| Gca               | 110-150                 | 21,79                            | 21,79                                 | ≈100,00                      |   |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 24,03                            | 24,03                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 20-40                   | 22,14                            | 22,14                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 40-60                   | 34,17                            | 34,17                                 | ≈100,00                      |   |
| AGca              | 79-88                   | 21,82                            | 21,82                                 | ≈100,00                      |   |
| Gca               | 88-108                  | 23,60                            | 23,60                                 | ≈100,00                      |   |
| Cca               | 108-150                 | 18,57                            | 18,57                                 | ≈100,00                      |   |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 15,58                            | 18,51                                 | 84,17                        |   |
|                   | 20-40                   | 13,61                            | 15,93                                 | 85,43                        |   |
|                   | 40-60                   | 9,98                             | 11,95                                 | 83,52                        |   |
| AC                | 84-128                  | 10,78                            | 12,09                                 | 89,17                        |   |
| C                 | 128-150                 | 13,41                            | 15,25                                 | 87,94                        |   |

Tab. 12

Procentowy udział kationów wymiennych w PWK – profile glebowe, wiosna.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> % |      |      | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|------|------|----------------|----------------|
|                   |                         |                  |                  |                   |      |      |                |                |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                  |                  |                   |      |      |                |                |
| Aca               | 0-20                    | 89,46            | 2,54             | 6,22              | 1,78 | 0,00 | 0,00           |                |
|                   | 20-40                   | 87,91            | 2,30             | 8,66              | 1,14 | 0,00 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 79,15            | 2,35             | 16,93             | 1,57 | 0,00 | 0,00           |                |
| AG                | 110-130                 | 64,95            | 1,54             | 31,75             | 1,77 | 0,00 | 0,00           |                |
| Gca               | 130-150                 | 63,31            | 1,64             | 33,21             | 1,84 | 0,00 | 0,00           |                |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                  |                  |                   |      |      |                |                |
| A                 | 0-20                    | 86,12            | 4,27             | 5,99              | 3,62 | 0,00 | 0,00           |                |
|                   | 20-40                   | 80,93            | 5,33             | 11,39             | 2,35 | 0,00 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 92,01            | 2,81             | 4,16              | 1,03 | 0,00 | 0,00           |                |
| AB                | 82-107                  | 86,66            | 3,17             | 9,26              | 0,91 | 0,00 | 0,00           |                |
| Cca               | 107-150                 | 88,97            | 3,37             | 6,50              | 1,16 | 0,00 | 0,00           |                |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                  |                  |                   |      |      |                |                |
| A                 | 0-20                    | 74,60            | 3,17             | 9,29              | 3,06 | 9,88 | 9,88           |                |
|                   | 20-40                   | 86,45            | 2,16             | 4,28              | 1,22 | 5,89 | 5,89           |                |
|                   | 40-55                   | 90,87            | 1,61             | 3,57              | 0,65 | 3,30 | 3,30           |                |
| AC                | 55-92                   | 85,76            | 4,24             | 6,44              | 1,41 | 2,14 | 2,14           |                |
| Cca               | 92-150                  | 91,07            | 1,95             | 5,84              | 0,51 | 0,63 | 0,63           |                |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                  |                  |                   |      |      |                |                |
| Ad                | 0-20                    | 91,01            | 1,42             | 5,97              | 1,60 | 0,00 | 0,00           |                |
| A                 | 20-40                   | 87,34            | 2,58             | 8,59              | 1,50 | 0,00 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 93,06            | 1,90             | 4,29              | 0,75 | 0,00 | 0,00           |                |
| AC                | 83-104                  | 84,39            | 1,86             | 11,72             | 2,03 | 0,00 | 0,00           |                |
| Cca               | 104-150                 | 92,31            | 2,45             | 4,55              | 0,70 | 0,00 | 0,00           |                |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | %                |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 86,96            | 7,51             | 4,53            | 1,00           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 87,06            | 6,19             | 5,69            | 1,06           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 89,17            | 4,46             | 5,15            | 1,22           | 0,00           |
| AGca              | 104-110                 | 87,80            | 4,28             | 6,42            | 1,50           | 0,00           |
| Gca               | 110-150                 | 88,02            | 2,53             | 7,85            | 1,61           | 0,00           |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 93,53            | 2,89             | 2,16            | 1,42           | 0,00           |
| Aca               | 20-40                   | 86,99            | 5,13             | 6,44            | 1,45           | 0,00           |
| Aca               | 40-60                   | 89,61            | 3,27             | 6,21            | 0,91           | 0,00           |
| Agca              | 79-88                   | 81,48            | 5,00             | 11,74           | 1,79           | 0,00           |
| Gca               | 88-108                  | 85,37            | 2,71             | 10,10           | 1,82           | 0,00           |
| Cca               | 108-150                 | 78,95            | 4,34             | 14,51           | 2,21           | 0,00           |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 74,75            | 3,34             | 4,25            | 1,84           | 15,83          |
|                   | 20-40                   | 78,90            | 1,93             | 3,42            | 1,19           | 14,57          |
|                   | 40-60                   | 73,38            | 2,05             | 6,50            | 1,59           | 16,48          |
| AC                | 84-128                  | 76,03            | 0,49             | 11,24           | 1,41           | 10,83          |
| C                 | 128-150                 | 70,28            | 6,49             | 9,46            | 1,70           | 12,06          |

Tab. 13

Zawartość kationów wymiennych w badanych glebach – lato.

| Poziom genetyczny          | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|----------------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |                         |                  |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 1</b>            |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Aca                        | 0-20                    | 13,08            | 0,91             | 3,79            | 0,24           | 0,00           |
|                            | 20-40                   | 9,22             | 0,91             | 2,58            | 0,20           | 0,00           |
|                            | 40-60                   | 6,71             | 0,53             | 3,44            | 0,16           | 0,00           |
| AG                         | 110-130                 | 3,84             | 0,29             | 3,80            | 0,10           | 0,00           |
| Gca                        | 130-150                 | 10,23            | 0,30             | 3,84            | 0,11           | 0,00           |
| <b>Profil 2</b>            |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                          | 0-20                    | 12,86            | 1,27             | 1,23            | 0,47           | 0,00           |
|                            | 20-40                   | 14,34            | 1,06             | 1,72            | 0,23           | 0,00           |
|                            | 40-60                   | 12,93            | 1,03             | 1,76            | 0,18           | 0,00           |
| AB                         | 82-107                  | 13,61            | 1,23             | 1,66            | 0,14           | 0,00           |
| Cca                        | 107-150                 | 21,66            | 1,31             | 1,94            | 0,17           | 0,00           |
| <b>Profil 3</b>            |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                          | 0-20                    | 9,20             | 1,04             | 2,96            | 0,31           | 2,10           |
|                            | 20-40                   | 8,56             | 1,02             | 2,06            | 0,31           | 1,23           |
|                            | 40-55                   | 10,08            | 1,25             | 2,06            | 0,24           | 1,14           |
| AC                         | 55-92                   | 13,07            | 1,78             | 1,13            | 0,30           | 0,96           |
| Cca                        | 92-150                  | 21,65            | 1,23             | 1,04            | 0,29           | 0,35           |
| <b>Profil 4</b>            |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Ad                         | 0-20                    | 10,66            | 0,80             | 1,20            | 0,15           | 0,00           |
| A                          | 20-40                   | 11,11            | 0,53             | 1,17            | 0,16           | 0,00           |
|                            | 40-60                   | 10,04            | 0,49             | 1,13            | 0,13           | 0,00           |
| AC                         | 83-104                  | 32,48            | 0,24             | 1,25            | 0,10           | 0,00           |
| Cca                        | 104-150                 | 23,90            | 1,30             | 1,38            | 0,23           | 0,00           |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup>          |      |      | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------------|------|------|----------------|
|                   |                         |                  |                  | emol(+)*kg <sup>-1</sup> |      |      |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                  |                  |                          |      |      |                |
| A                 | 0-20                    | 25,20            | 3,11             | 1,87                     | 0,25 | 0,00 |                |
|                   | 20-40                   | 28,57            | 2,33             | 1,92                     | 0,23 | 0,00 |                |
|                   | 40-60                   | 25,38            | 2,60             | 1,96                     | 0,28 | 0,00 |                |
| AGca              | 104-110                 | 26,83            | 2,93             | 1,87                     | 0,57 | 0,00 |                |
| Gca               | 110-150                 | 25,64            | 1,65             | 1,97                     | 0,24 | 0,00 |                |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                  |                  |                          |      |      |                |
| A                 | 0-20                    | 17,56            | 0,74             | 2,10                     | 0,26 | 0,00 |                |
| Aca               | 20-40                   | 18,34            | 0,88             | 2,18                     | 0,38 | 0,00 |                |
| Aca               | 40-60                   | 21,38            | 0,99             | 3,26                     | 0,41 | 0,00 |                |
| AGca              | 79-88                   | 14,93            | 0,84             | 2,42                     | 0,34 | 0,00 |                |
| Gca               | 88-108                  | 16,43            | 0,68             | 2,28                     | 0,38 | 0,00 |                |
| Cca               | 108-150                 | 24,71            | 0,74             | 2,55                     | 0,36 | 0,00 |                |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                  |                  |                          |      |      |                |
| A                 | 0-20                    | 16,16            | 0,58             | 3,32                     | 0,15 | 1,93 |                |
|                   | 20-40                   | 33,33            | 0,50             | 3,13                     | 0,18 | 2,06 |                |
|                   | 40-60                   | 20,40            | 0,54             | 1,30                     | 0,20 | 1,79 |                |
| AC                | 84-128                  | 14,90            | 0,54             | 0,89                     | 0,19 | 1,53 |                |
| C                 | 128-150                 | 10,53            | 0,62             | 1,27                     | 0,16 | 1,44 |                |



Tab. 14

Formy wodnorozpuszczalne kationów i anionów w analizowanych profilach glebowych – lato.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Przewodność elektrolityczna mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                         |                  |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                  |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| Aca               | 0-20                    | 0,03             | 0,11             | 1,66            | 0,05           | 1,77  | 41,48           | 45,75                         | 0,75                         |
|                   | 20-40                   | 0,01             | 0,13             | 1,64            | 0,07           | 1,79  | 35,10           | 38,13                         | 0,75                         |
|                   | 40-60                   | 0,01             | 0,17             | 2,37            | 0,13           | 1,96  | 45,38           | 45,75                         | 1,20                         |
| AG                | 110-130                 | 0,01             | 0,20             | 2,68            | 0,14           | 1,86  | 44,32           | 55,66                         | 1,50                         |
| Gca               | 130-150                 | 0,02             | 0,20             | 2,69            | 0,14           | 2,42  | 38,64           | 78,54                         | 1,13                         |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                  |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,05             | 0,13             | 0,12            | 0,30           | 0,60  | 12,41           | 9,91                          | 0,63                         |
|                   | 20-40                   | 0,05             | 0,12             | 0,16            | 0,02           | 0,60  | 9,57            | 15,25                         | 1,05                         |
|                   | 40-60                   | 0,03             | 0,12             | 0,28            | 0,03           | 0,70  | 13,12           | 25,16                         | 0,70                         |
| AB                | 82-107                  | 0,02             | 0,10             | 0,62            | 0,09           | 0,95  | 18,44           | 30,50                         | 1,10                         |
| Cca               | 107-150                 | 0,50             | 0,06             | 0,99            | 0,06           | 1,57  | 21,98           | 0,00                          | 7,60                         |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                  |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,02             | 0,09             | 0,06            | 0,17           | 0,31  | 10,28           | 12,96                         | 0,50                         |
|                   | 20-40                   | 0,01             | 0,09             | 0,13            | 0,04           | 0,25  | 8,51            | 2,29                          | 0,10                         |
|                   | 40-55                   | 0,01             | 0,11             | 0,13            | 0,06           | 0,26  | 9,57            | 7,63                          | 0,20                         |
| AC                | 55-92                   | 0,01             | 0,14             | 0,09            | 0,09           | 0,32  | 9,22            | 15,25                         | 0,15                         |
| Cca               | 92-150                  | 0,51             | 0,10             | 0,10            | 0,06           | 0,80  | 9,93            | 0,00                          | 0,10                         |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                  |                  |                 |                |   |                 |                               |                              |
| Ad                | 0-20                    | 0,05             | 0,12             | 0,07            | 0,18           | 0,50  | 9,57            | 9,91                          | 0,20                         |
| A                 | 20-40                   | 0,06             | 0,12             | 0,08            | 0,02           | 0,63  | 9,22            | 15,25                         | 0,35                         |
|                   | 40-60                   | 0,06             | 0,11             | 0,06            | 0,01           | 0,67  | 8,86            | 28,21                         | 0,25                         |
| AC                | 83-104                  | 0,02             | 0,07             | 0,06            | 0,01           | 0,30  | 10,99           | 9,91                          | 0,35                         |
| Cca               | 104-150                 | 0,05             | 0,07             | 0,67            | 0,02           | 1,15  | 15,95           | 0,00                          | 9,13                         |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>          | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup>        | Przewodność elektrolityczna mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                         | cmol(+) *kg <sup>-1</sup> |                  |                 | mg*100g <sup>-1</sup> |   |                 |                               |                              |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                           |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,45                      | 0,24             | 1,43            | 0,11                  | 1,95  | 30,14           | 22,88                         | 18,25                        |
|                   | 20-40                   | 0,75                      | 0,31             | 1,48            | 0,07                  | 2,65  | 53,89           | 20,59                         | 24,40                        |
|                   | 40-60                   | 0,49                      | 0,31             | 1,71            | 0,20                  | 2,92  | 70,20           | 32,79                         | 23,00                        |
| AGca              | 104-110                 | 0,72                      | 0,18             | 1,64            | 0,12                  | 2,85  | 75,51           | 0,00                          | 20,80                        |
| Gca               | 110-150                 | 0,47                      | 0,12             | 1,65            | 0,08                  | 2,90  | 82,25           | 0,00                          | 7,35                         |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                           |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,05                      | 0,10             | 1,68            | 0,30                  | 2,12  | 60,62           | 40,41                         | 4,50                         |
| Aca               | 20-40                   | 0,06                      | 0,12             | 2,74            | 0,05                  | 3,03  | 91,11           | 45,75                         | 10,00                        |
| Aca               | 40-60                   | 0,04                      | 0,13             | 3,01            | 0,07                  | 3,16  | 91,11           | 55,66                         | 11,00                        |
| AGca              | 79-88                   | 1,34                      | 0,16             | 3,01            | 0,11                  | 4,25  | 116,99          | 7,63                          | 24,50                        |
| Gca               | 88-108                  | 1,57                      | 0,17             | 3,37            | 0,13                  | 5,22  | 144,65          | 9,91                          | 31,00                        |
| Cca               | 108-150                 | 1,44                      | 0,15             | 3,05            | 0,11                  | 4,45  | 110,26          | 17,54                         | 27,75                        |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                           |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,09                      | 0,09             | 0,11            | 0,02                  | 0,33  | 12,76           | 17,54                         | 1,90                         |
|                   | 20-40                   | 0,02                      | 0,07             | 0,05            | 0,01                  | 0,25  | 10,28           | 2,29                          | 0,85                         |
|                   | 40-60                   | 0,02                      | 0,08             | 0,09            | 0,01                  | 0,22  | 8,86            | 15,25                         | 0,75                         |
| AC                | 84-128                  | 0,01                      | 0,09             | 0,07            | 0,03                  | 0,18  | 8,15            | 9,91                          | 0,55                         |
| C                 | 128-150                 | 0,01                      | 0,11             | 0,08            | 0,07                  | 0,18  | 9,22            | 15,25                         | 0,75                         |

Tab. 15  
Właściwości sorpcyjne profili glebowych – lato.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stopień wysycenia zasadami V |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|                   |                         |                                  |                                       |                              |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| Aca               | 0-20                    | 18,03                            | 18,03                                 | ≈100,00                      |
|                   | 20-40                   | 12,91                            | 12,91                                 | ≈100,00                      |
|                   | 40-60                   | 10,84                            | 10,84                                 | ≈100,00                      |
| AG                | 110-130                 | 8,03                             | 8,03                                  | ≈100,00                      |
|                   | 130-150                 | 14,48                            | 14,48                                 | ≈100,00                      |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| A                 | 0-20                    | 15,83                            | 15,83                                 | ≈100,00                      |
|                   | 20-40                   | 17,35                            | 17,35                                 | ≈100,00                      |
|                   | 40-60                   | 15,89                            | 15,89                                 | ≈100,00                      |
| AB                | 82-107                  | 16,64                            | 16,64                                 | ≈100,00                      |
|                   | 107-150                 | 25,08                            | 25,08                                 | ≈100,00                      |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| A                 | 0-20                    | 13,50                            | 15,60                                 | 86,54                        |
|                   | 20-40                   | 11,95                            | 13,18                                 | 90,67                        |
|                   | 40-55                   | 13,64                            | 14,78                                 | 92,29                        |
| AC                | 55-92                   | 16,28                            | 17,24                                 | 94,43                        |
|                   | 92-150                  | 24,21                            | 24,56                                 | 98,58                        |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| Ad                | 0-20                    | 12,81                            | 12,81                                 | ≈100,00                      |
|                   | 20-40                   | 12,98                            | 12,98                                 | ≈100,00                      |
| AC                | 40-60                   | 11,80                            | 11,80                                 | ≈100,00                      |
|                   | 83-104                  | 34,07                            | 34,07                                 | ≈100,00                      |
|                   | 104-150                 | 26,81                            | 26,81                                 | ≈100,00                      |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stopień wysycenia zasadami V |   |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---|
|                   |                         |                                  |                                       | cmol(+)*kg <sup>-1</sup>     | % |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 30,43                            | 30,43                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 20-40                   | 33,05                            | 33,05                                 | ≈100,00                      |   |
|                   | 40-60                   | 30,23                            | 30,23                                 | ≈100,00                      |   |
| AGca              | 104-110                 | 32,20                            | 32,20                                 | ≈100,00                      |   |
| Gca               | 110-150                 | 29,50                            | 29,50                                 | ≈100,00                      |   |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 20,66                            | 20,66                                 | ≈100,00                      |   |
| Aca               | 20-40                   | 21,79                            | 21,79                                 | ≈100,00                      |   |
| Aca               | 40-60                   | 26,03                            | 26,03                                 | ≈100,00                      |   |
| AGca              | 79-88                   | 18,53                            | 18,53                                 | ≈100,00                      |   |
| Gca               | 88-108                  | 19,76                            | 19,76                                 | ≈100,00                      |   |
| Cca               | 108-150                 | 28,36                            | 28,36                                 | ≈100,00                      |   |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                                  |                                       |                              |   |
| A                 | 0-20                    | 20,22                            | 22,15                                 | 91,29                        |   |
|                   | 20-40                   | 37,14                            | 39,20                                 | 94,74                        |   |
|                   | 40-60                   | 22,44                            | 24,23                                 | 92,61                        |   |
| AC                | 84-128                  | 16,52                            | 18,05                                 | 91,52                        |   |
| C                 | 128-150                 | 12,59                            | 14,03                                 | 89,73                        |   |

Tab. 16

Procentowy udział kationów wymiennych w PWK – profile glebowe, lato.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | %                |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Aca               | 0-20                    | 72,59            | 5,05             | 21,03           | 1,33           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 71,41            | 7,07             | 19,97           | 1,55           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 61,92            | 4,87             | 31,74           | 1,48           | 0,00           |
| AG                | 110-130                 | 47,79            | 3,63             | 47,33           | 1,25           | 0,00           |
| Gca               | 130-150                 | 70,67            | 2,06             | 26,51           | 0,76           | 0,00           |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 81,25            | 8,04             | 7,74            | 2,97           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 82,65            | 6,09             | 9,93            | 1,33           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 81,34            | 6,46             | 11,07           | 1,13           | 0,00           |
| AB                | 82-107                  | 81,79            | 7,39             | 9,98            | 0,84           | 0,00           |
| Cca               | 107-150                 | 86,36            | 5,21             | 7,75            | 0,68           | 0,00           |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 58,94            | 6,67             | 18,95           | 1,99           | 13,46          |
|                   | 20-40                   | 64,96            | 7,70             | 15,65           | 2,35           | 9,33           |
|                   | 40-55                   | 68,24            | 8,46             | 13,97           | 1,62           | 7,71           |
| AC                | 55-92                   | 75,81            | 10,32            | 6,56            | 1,74           | 5,57           |
| Cca               | 92-150                  | 88,13            | 5,01             | 4,25            | 1,18           | 1,42           |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Ad                | 0-20                    | 83,18            | 6,27             | 9,39            | 1,17           | 0,00           |
| A                 | 20-40                   | 85,61            | 4,11             | 9,05            | 1,23           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 85,14            | 4,15             | 9,61            | 1,10           | 0,00           |
| AC                | 83-104                  | 95,35            | 0,70             | 3,66            | 0,29           | 0,00           |
| Cca               | 104-150                 | 89,16            | 4,85             | 5,13            | 0,86           | 0,00           |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | %               |                |                | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                   |                         |                  |                  | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |                |
| A                 | 0-20                    | 82,80            | 10,22            | 6,16            | 0,82           | 0,00           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 86,45            | 7,05             | 5,80            | 0,70           | 0,00           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 83,96            | 8,61             | 6,50            | 0,93           | 0,00           | 0,00           |
| AGca              | 104-110                 | 83,32            | 9,09             | 5,81            | 1,77           | 0,00           | 0,00           |
| Gca               | 110-150                 | 86,90            | 5,60             | 6,68            | 0,81           | 0,00           | 0,00           |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |                |
| A                 | 0-20                    | 85,02            | 3,57             | 10,16           | 1,26           | 0,00           | 0,00           |
| Aca               | 20-40                   | 84,19            | 4,04             | 10,02           | 1,74           | 0,00           | 0,00           |
| Aca               | 40-60                   | 82,12            | 3,80             | 12,51           | 1,57           | 0,00           | 0,00           |
| AGca              | 79-88                   | 80,60            | 4,52             | 13,05           | 1,83           | 0,00           | 0,00           |
| Gca               | 88-108                  | 83,12            | 3,42             | 11,54           | 1,92           | 0,00           | 0,00           |
| Cca               | 108-150                 | 87,13            | 2,59             | 9,00            | 1,27           | 0,00           | 0,00           |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |                |
| A                 | 0-20                    | 72,97            | 2,63             | 15,01           | 0,68           | 8,71           | 8,71           |
|                   | 20-40                   | 85,03            | 1,27             | 7,99            | 0,46           | 5,26           | 5,26           |
|                   | 40-60                   | 84,17            | 2,24             | 5,38            | 0,83           | 7,39           | 7,39           |
| AC                | 84-128                  | 82,57            | 2,99             | 4,91            | 1,05           | 8,48           | 8,48           |
| C                 | 128-150                 | 75,10            | 4,44             | 9,06            | 1,14           | 10,27          | 10,27          |

Tab. 17  
Zawartość kationów wymiennych w badanych glebach – jesień.

| Poziom genetyczny        | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|--------------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| cmol(+)·kg <sup>-1</sup> |                         |                  |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 1</b>          |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Aca                      | 0-20                    | 32,64            | 1,42             | 2,95            | 0,44           | 0,00           |
|                          | 20-40                   | 29,19            | 1,44             | 3,52            | 0,34           | 0,00           |
|                          | 40-60                   | 21,17            | 0,96             | 3,21            | 0,26           | 0,00           |
| AG                       | 110-130                 | 16,26            | 0,49             | 5,45            | 0,20           | 0,00           |
| Gca                      | 130-150                 | 33,00            | 0,30             | 4,90            | 0,06           | 0,00           |
| <b>Profil 2</b>          |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                        | 0-20                    | 20,79            | 1,48             | 2,57            | 0,72           | 0,00           |
|                          | 20-40                   | 19,32            | 1,30             | 2,43            | 0,35           | 0,00           |
|                          | 40-60                   | 17,75            | 1,07             | 2,40            | 0,27           | 0,00           |
| AB                       | 82-107                  | 18,72            | 1,39             | 2,97            | 0,26           | 0,00           |
| Cca                      | 107-150                 | 50,04            | 2,31             | 3,35            | 0,35           | 0,00           |
| <b>Profil 3</b>          |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                        | 0-20                    | 15,92            | 1,17             | 2,50            | 0,12           | 2,63           |
|                          | 20-40                   | 17,28            | 1,00             | 2,24            | 0,25           | 1,40           |
|                          | 40-55                   | 17,22            | 1,41             | 2,61            | 0,27           | 1,14           |
| AC                       | 55-92                   | 12,61            | 1,83             | 2,37            | 0,31           | 1,05           |
| Cca                      | 92-150                  | 32,51            | 1,44             | 2,29            | 0,32           | 0,26           |
| <b>Profil 4</b>          |                         |                  |                  |                 |                |                |
| Ad                       | 0-20                    | 14,72            | 1,20             | 2,49            | 0,13           | 0,00           |
| A                        | 20-40                   | 15,63            | 0,95             | 2,38            | 0,19           | 0,00           |
|                          | 40-60                   | 15,06            | 1,02             | 2,66            | 0,19           | 0,00           |
| AC                       | 83-104                  | 11,48            | 0,61             | 2,44            | 0,14           | 0,00           |
| Cca                      | 104-150                 | 31,68            | 1,80             | 2,84            | 0,27           | 0,00           |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>           | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 27,77                      | 2,89             | 3,01            | 0,29           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 28,43                      | 2,69             | 3,31            | 0,28           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 26,67                      | 2,15             | 3,00            | 0,39           | 0,00           |
| AGca              | 104-110                 | 37,80                      | 4,13             | 3,21            | 0,80           | 0,00           |
| Gca               | 110-150                 | 50,10                      | 1,61             | 3,31            | 0,30           | 0,00           |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 32,39                      | 1,38             | 4,03            | 0,28           | 0,00           |
| Aca               | 20-40                   | 26,10                      | 1,36             | 3,54            | 0,38           | 0,00           |
| Aca               | 40-60                   | 47,73                      | 1,66             | 3,25            | 0,42           | 0,00           |
| AGca              | 79-88                   | 35,70                      | 1,42             | 2,81            | 0,38           | 0,00           |
| Gca               | 88-108                  | 38,98                      | 1,31             | 2,72            | 0,41           | 0,00           |
| Cca               | 108-150                 | 40,22                      | 1,30             | 2,38            | 0,29           | 0,00           |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                            |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 15,75                      | 1,72             | 3,53            | 0,21           | 2,45           |
|                   | 20-40                   | 10,72                      | 0,75             | 2,23            | 0,17           | 1,66           |
|                   | 40-60                   | 12,59                      | 1,06             | 2,97            | 0,15           | 1,40           |
| AC                | 84-128                  | 8,76                       | 0,99             | 2,88            | 0,01           | 0,96           |
| C                 | 128-150                 | 6,16                       | 0,46             | 2,39            | 0,11           | 0,61           |



Tab. 18

Formy wodnorozpuszczalne kationów i anionów w analizowanych profilach glebowych – jesień.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>         | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup>        | Przewodność elektrolityczna mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|---|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                         | cmol(+)*kg <sup>-1</sup> |                  |                 | mg*100g <sup>-1</sup> |   |                 |                               |                              |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| Aca               | 0-20                    | 0,06                     | 0,16             | 1,48            | 0,09                  | 1,43  | 18,62           | 48,04                         | 0,57                         |
|                   | 20-40                   | 0,01                     | 0,11             | 1,27            | 0,07                  | 1,18  | 23,49           | 28,21                         | 1,13                         |
|                   | 40-60                   | 0,01                     | 0,16             | 2,39            | 0,12                  | 1,64  | 23,49           | 45,75                         | 1,27                         |
| AG                | 110-130                 | 0,01                     | 0,17             | 3,88            | 0,12                  | 3,20  | 34,57           | 55,66                         | 2,95                         |
| Gca               | 130-150                 | 0,03                     | 0,29             | 3,95            | 0,28                  | 2,39  | 30,58           | 101,41                        | 2,06                         |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,15                     | 0,15             | 0,12            | 0,28                  | 0,89  | 7,09            | 30,50                         | 1,22                         |
|                   | 20-40                   | 0,08                     | 0,13             | 0,16            | 0,02                  | 0,65  | 6,83            | 25,16                         | 1,99                         |
|                   | 40-60                   | 0,04                     | 0,13             | 0,42            | 0,04                  | 0,73  | 7,53            | 22,88                         | 1,57                         |
| AB                | 82-107                  | 0,03                     | 0,13             | 0,72            | 0,05                  | 0,88  | 11,08           | 25,16                         | 1,77                         |
| Cca               | 107-150                 | 0,44                     | 0,08             | 1,00            | 0,02                  | 1,32  | 16,40           | 0,00                          | 3,27                         |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,03                     | 0,10             | 0,08            | 0,22                  | 0,57  | 9,04            | 9,91                          | 1,67                         |
|                   | 20-40                   | 0,01                     | 0,11             | 0,14            | 0,05                  | 0,32  | 8,42            | 9,91                          | 1,04                         |
|                   | 40-55                   | 0,00                     | 0,11             | 0,08            | 0,05                  | 0,35  | 4,43            | 12,96                         | 1,04                         |
| AC                | 55-92                   | 0,00                     | 0,15             | 0,11            | 0,10                  | 0,38  | 8,42            | 15,25                         | 0,50                         |
| Cca               | 92-150                  | 0,48                     | 0,10             | 0,13            | 0,02                  | 0,70  | 4,43            | 22,88                         | 0,71                         |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                          |                  |                 |                       |   |                 |                               |                              |
| Ad                | 0-20                    | 0,08                     | 0,13             | 0,08            | 0,11                  | 0,54  | 6,20            | 20,59                         | 1,13                         |
| A                 | 20-40                   | 0,08                     | 0,13             | 0,06            | 0,02                  | 0,64  | 5,05            | 25,16                         | 1,07                         |
|                   | 40-60                   | 0,07                     | 0,13             | 0,05            | 0,02                  | 0,60  | 4,43            | 15,25                         | 0,84                         |
| AC                | 83-104                  | 0,01                     | 0,07             | 0,09            | 0,02                  | 0,34  | 4,43            | 7,63                          | 0,92                         |
| Cca               | 104-150                 | 0,10                     | 0,08             | 0,75            | 0,05                  | 1,00  | 5,76            | 30,50                         | 4,27                         |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>2+</sup>         | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Przewodność elektrolityczna<br>mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|--|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
|                   |                         | cmol(+)*kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                |  |                 |                               |                              |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                          |                  |                 |                |  |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 1,01                     | 0,36             | 0,97            | 0,01           | 2,20   | 17,02           | 2,29                          | 16,53                        |
|                   | 20-40                   | 0,97                     | 0,42             | 1,65            | 0,02           | 2,68   | 49,82           | 20,59                         | 16,89                        |
|                   | 40-60                   | 0,52                     | 0,37             | 1,49            | 0,15           | 2,45   | 35,64           | 12,96                         | 15,16                        |
| AGca              | 104-110                 | 0,34                     | 0,14             | 1,51            | 0,13           | 2,09   | 35,19           | 0,00                          | 14,71                        |
| Gca               | 110-150                 | 0,38                     | 0,09             | 1,66            | 0,07           | 2,20   | 50,97           | 0,00                          | 5,13                         |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                          |                  |                 |                |  |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,03                     | 0,11             | 1,57            | 0,05           | 1,73   | 27,66           | 30,50                         | 4,58                         |
| Aca               | 20-40                   | 0,07                     | 0,11             | 2,98            | 0,02           | 3,16   | 83,77           | 30,50                         | 8,95                         |
| Aca               | 40-60                   | 0,05                     | 0,13             | 3,72            | 0,05           | 3,41   | 82,44           | 35,84                         | 7,59                         |
| AGca              | 79-88                   | 1,13                     | 0,21             | 4,64            | 0,07           | 4,77   | 112,14          | 15,25                         | 19,30                        |
| Gca               | 88-108                  | 0,92                     | 0,17             | 4,95            | 0,06           | 5,24   | 134,75          | 20,59                         | 16,75                        |
| Cca               | 108-150                 | 1,20                     | 0,20             | 5,76            | 0,22           | 5,25   | 120,56          | 0,00                          | 19,50                        |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                          |                  |                 |                |  |                 |                               |                              |
| A                 | 0-20                    | 0,06                     | 0,10             | 0,11            | 0,03           | 0,56   | 9,93            | 2,29                          | 1,57                         |
|                   | 20-40                   | 0,02                     | 0,07             | 0,15            | 0,08           | 0,38   | 9,31            | 7,63                          | 1,21                         |
|                   | 40-60                   | 0,01                     | 0,06             | 0,08            | 0,10           | 0,31   | 8,42            | 5,34                          | 0,82                         |
| AC                | 84-128                  | 0,01                     | 0,08             | 0,08            | 0,24           | 0,25   | 6,65            | 2,29                          | 0,71                         |
| C                 | 128-150                 | 0,01                     | 0,05             | 0,10            | 0,12           | 0,28   | 7,09            | 9,91                          | 0,52                         |

Tab. 19  
Właściwości sorpcyjne profili glebowych – jesień.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stożek wysycenia zasadami V |   |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|
|                   |                         |                                  |                                       | cmol(+)*kg <sup>-1</sup>    | % |
| <b>Profil</b>     |                         |                                  |                                       |                             |   |
| Aca               | 0-20                    | 37,45                            | 37,45                                 | ≈100,00                     |   |
|                   | 20-40                   | 34,49                            | 34,49                                 | ≈100,00                     |   |
|                   | 40-60                   | 25,60                            | 25,60                                 | ≈100,00                     |   |
| AG                | 110-130                 | 22,41                            | 22,41                                 | ≈100,00                     |   |
| Gca               | 130-150                 | 38,27                            | 38,27                                 | ≈100,00                     |   |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                                  |                                       |                             |   |
| A                 | 0-20                    | 25,56                            | 25,56                                 | ≈100,00                     |   |
|                   | 20-40                   | 23,40                            | 23,40                                 | ≈100,00                     |   |
|                   | 40-60                   | 21,49                            | 21,49                                 | ≈100,00                     |   |
| AB                | 82-107                  | 23,34                            | 23,34                                 | ≈100,00                     |   |
| Cca               | 107-150                 | 56,05                            | 56,05                                 | ≈100,00                     |   |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                                  |                                       |                             |   |
| A                 | 0-20                    | 19,72                            | 22,35                                 | 88,23                       |   |
|                   | 20-40                   | 20,76                            | 22,16                                 | 93,68                       |   |
|                   | 40-55                   | 21,52                            | 22,66                                 | 94,97                       |   |
| AC                | 55-92                   | 17,12                            | 18,17                                 | 94,22                       |   |
| Cca               | 92-150                  | 36,56                            | 36,82                                 | 99,29                       |   |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                                  |                                       |                             |   |
| Ad                | 0-20                    | 18,54                            | 18,54                                 | ≈100,00                     |   |
| A                 | 20-40                   | 19,15                            | 19,15                                 | ≈100,00                     |   |
|                   | 40-60                   | 18,93                            | 18,93                                 | ≈100,00                     |   |
| AC                | 83-104                  | 14,68                            | 14,68                                 | ≈100,00                     |   |
| Cca               | 104-150                 | 36,59                            | 36,59                                 | ≈100,00                     |   |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Suma kationów zasadowych S (TEB) | Pojemność wymienna kationów PWK (CEC) | Stopień wysycenia zasadami V |
|-------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
|                   |                         |                                  |                                       |                              |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| A                 | 0-20                    | 33,97                            | 33,97                                 | ≈100,00                      |
|                   | 20-40                   | 34,72                            | 34,72                                 | ≈100,00                      |
|                   | 40-60                   | 32,21                            | 32,21                                 | ≈100,00                      |
| AGca              | 104-110                 | 45,95                            | 45,95                                 | ≈100,00                      |
| Gca               | 110-150                 | 55,33                            | 55,33                                 | ≈100,00                      |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| A                 | 0-20                    | 38,08                            | 38,08                                 | ≈100,00                      |
| Aca               | 20-40                   | 31,39                            | 31,39                                 | ≈100,00                      |
| Aca               | 40-60                   | 53,06                            | 53,06                                 | ≈100,00                      |
| AGca              | 79-88                   | 40,30                            | 40,30                                 | ≈100,00                      |
| Gca               | 88-108                  | 43,42                            | 43,42                                 | ≈100,00                      |
| Cca               | 108-150                 | 44,19                            | 44,19                                 | ≈100,00                      |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                                  |                                       |                              |
| A                 | 0-20                    | 21,21                            | 23,66                                 | 89,64                        |
|                   | 20-40                   | 13,87                            | 15,53                                 | 89,31                        |
|                   | 40-60                   | 16,76                            | 18,16                                 | 92,29                        |
| AC                | 84-128                  | 12,64                            | 13,60                                 | 92,94                        |
| C                 | 128-150                 | 9,13                             | 9,74                                  | 93,73                        |

Tab. 20

Procentowy udział kationów wymiennych w PWK – profile glebowe, jesień.

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> % |  |      | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-------------------|--|------|----------------|----------------|
|                   |                         |                  |                  | Na <sup>+</sup>   |  |      |                |                |
| <b>Profil 1</b>   |                         |                  |                  |                   |  |      |                |                |
| Aca               | 0-20                    | 87,15            | 3,80             | 7,88              |  | 1,17 | 0,00           |                |
|                   | 20-40                   | 84,64            | 4,17             | 10,20             |  | 0,99 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 82,69            | 3,76             | 12,54             |  | 1,00 | 0,00           |                |
| AG                | 110-130                 | 72,56            | 2,21             | 24,32             |  | 0,91 | 0,00           |                |
| Gca               | 130-150                 | 86,24            | 0,78             | 12,82             |  | 0,17 | 0,00           |                |
| <b>Profil 2</b>   |                         |                  |                  |                   |  |      |                |                |
| A                 | 0-20                    | 81,32            | 5,80             | 10,07             |  | 2,81 | 0,00           |                |
|                   | 20-40                   | 82,57            | 5,54             | 10,37             |  | 1,52 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 82,60            | 4,98             | 11,15             |  | 1,26 | 0,00           |                |
| AB                | 82-107                  | 80,20            | 5,96             | 12,73             |  | 1,12 | 0,00           |                |
| Cca               | 107-150                 | 89,28            | 4,12             | 5,98              |  | 0,62 | 0,00           |                |
| <b>Profil 3</b>   |                         |                  |                  |                   |  |      |                |                |
| A                 | 0-20                    | 71,25            | 5,24             | 11,20             |  | 0,54 | 11,77          |                |
|                   | 20-40                   | 77,96            | 4,52             | 10,08             |  | 1,12 | 6,32           |                |
|                   | 40-55                   | 76,02            | 6,23             | 11,53             |  | 1,18 | 5,03           |                |
| AC                | 55-92                   | 69,42            | 10,09            | 13,02             |  | 1,69 | 5,78           |                |
| Cca               | 92-150                  | 88,30            | 3,91             | 6,22              |  | 0,86 | 0,71           |                |
| <b>Profil 4</b>   |                         |                  |                  |                   |  |      |                |                |
| Ad                | 0-20                    | 79,35            | 6,50             | 13,43             |  | 0,72 | 0,00           |                |
| A                 | 20-40                   | 81,59            | 4,98             | 12,42             |  | 1,01 | 0,00           |                |
|                   | 40-60                   | 79,53            | 5,38             | 14,07             |  | 1,02 | 0,00           |                |
| AC                | 83-104                  | 78,25            | 4,19             | 16,59             |  | 0,97 | 0,00           |                |
| Cca               | 104-150                 | 86,58            | 4,93             | 7,77              |  | 0,73 | 0,00           |                |

| Poziom genetyczny | Głębokość poboru próbek | Ca <sup>+2</sup> | Mg <sup>+2</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-------------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
|                   |                         | %                |                  |                 |                |                |
| <b>Profil 5</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 81,76            | 8,52             | 8,87            | 0,85           | 0,00           |
|                   | 20-40                   | 81,90            | 7,74             | 9,54            | 0,81           | 0,00           |
|                   | 40-60                   | 82,80            | 6,69             | 9,31            | 1,21           | 0,00           |
| AGca              | 104-110                 | 82,26            | 9,00             | 7,00            | 1,74           | 0,00           |
| Gca               | 110-150                 | 90,55            | 2,91             | 5,99            | 0,55           | 0,00           |
| <b>Profil 6</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 85,05            | 3,63             | 10,59           | 0,73           | 0,00           |
| Aca               | 20-40                   | 83,15            | 4,33             | 11,29           | 1,22           | 0,00           |
| Aca               | 40-60                   | 89,96            | 3,13             | 6,12            | 0,79           | 0,00           |
| AGca              | 79-88                   | 88,57            | 3,52             | 6,97            | 0,94           | 0,00           |
| Gca               | 88-108                  | 89,78            | 3,02             | 6,27            | 0,94           | 0,00           |
| Cca               | 108-150                 | 91,01            | 2,93             | 5,40            | 0,66           | 0,00           |
| <b>Profil 7</b>   |                         |                  |                  |                 |                |                |
| A                 | 0-20                    | 66,56            | 7,29             | 14,91           | 0,89           | 10,36          |
|                   | 20-40                   | 69,00            | 4,85             | 14,35           | 1,12           | 10,69          |
|                   | 40-60                   | 69,31            | 5,82             | 16,35           | 0,81           | 7,71           |
| AC                | 84-128                  | 64,38            | 7,30             | 21,19           | 0,08           | 7,06           |
| C                 | 128-150                 | 63,30            | 4,76             | 24,58           | 1,10           | 6,27           |

Tab. 21  
Skład granulometryczny prób powierzchniowych.

| Numer próby | Głębokość poboru próbek | % zawartość frakcji granulometrycznych |       |          |          |          |           |            |             |        |  |
|-------------|-------------------------|--|-------|----------|----------|----------|-----------|------------|-------------|--------|--|
|             |                         | 2-1                                    | 1-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,1 | 0,1-0,05 | 0,05-0,02 | 0,02-0,006 | 0,006-0,002 | <0,002 |  |
| mm          |                         |  |       |          |          |          |           |            |             |        |  |
| 1           | 0-20                    | 1,0                                    | 3,4   | 11,3     | 11,2     | 34,1     | 11,0      | 7,0        | 5,0         | 16,0   |  |
| 2           | 0-20                    | 0,8                                    | 2,7   | 8,7      | 13,2     | 36,6     | 9,0       | 8,0        | 5,0         | 16,0   |  |
| 3           | 0-20                    | 0,4                                    | 2,1   | 5,4      | 9,6      | 46,5     | 10,0      | 7,0        | 5,0         | 14,0   |  |
| 4           | 0-20                    | 1,0                                    | 2,5   | 7,4      | 15,4     | 38,7     | 12,0      | 6,0        | 4,0         | 13,0   |  |
| 5           | 0-20                    | 1,9                                    | 4,9   | 8,8      | 13,6     | 38,8     | 8,0       | 6,0        | 4,0         | 14,0   |  |
| 6           | 0-20                    | 1,9                                    | 3,9   | 11,3     | 20,4     | 32,5     | 6,0       | 6,0        | 5,0         | 13,0   |  |
| 7           | 0-20                    | 1,0                                    | 2,7   | 7,6      | 14,9     | 35,8     | 10,0      | 8,0        | 4,0         | 16,0   |  |
| 8           | 0-20                    | 0,7                                    | 2,4   | 6,9      | 16,9     | 33,1     | 8,0       | 10,0       | 6,0         | 16,0   |  |
| 9           | 0-20                    | 0,8                                    | 2,6   | 9,0      | 15,5     | 33,1     | 9,0       | 0,0        | 15,0        | 15,0   |  |
| 10          | 0-20                    | 0,8                                    | 2,3   | 8,1      | 15,2     | 33,6     | 9,0       | 9,0        | 6,0         | 16,0   |  |
| 11          | 0-20                    | 6,1                                    | 6,2   | 12,4     | 22,2     | 32,1     | 8,0       | 4,0        | 2,0         | 7,0    |  |
| 12          | 0-20                    | 0,6                                    | 2,4   | 11,0     | 14,1     | 34,9     | 12,0      | 8,0        | 3,0         | 14,0   |  |
| 13          | 0-20                    | 0,6                                    | 2,2   | 8,6      | 20,1     | 25,5     | 11,0      | 10,0       | 6,0         | 16,0   |  |
| 14          | 0-20                    | 1,0                                    | 2,4   | 8,1      | 26,7     | 25,8     | 12,0      | 6,0        | 5,0         | 13,0   |  |
| 15          | 0-20                    | 1,1                                    | 3,0   | 9,7      | 28,0     | 33,2     | 10,0      | 5,0        | 3,0         | 7,0    |  |
| 16          | 0-20                    | 0,9                                    | 3,9   | 15,1     | 32,6     | 27,5     | 7,0       | 4,0        | 1,0         | 8,0    |  |
| 17          | 0-20                    | 0,9                                    | 2,5   | 11,1     | 29,0     | 23,5     | 8,0       | 7,0        | 5,0         | 13,0   |  |
| 18          | 0-20                    | 1,2                                    | 2,2   | 7,5      | 23,2     | 27,9     | 11,0      | 6,0        | 6,0         | 15,0   |  |
| 19          | 0-20                    | 1,5                                    | 3,8   | 17,6     | 22,6     | 30,5     | 9,0       | 5,0        | 2,0         | 8,0    |  |
| 20          | 0-20                    | 0,6                                    | 2,1   | 12,2     | 37,0     | 24,1     | 7,0       | 5,0        | 3,0         | 9,0    |  |
| 21          | 0-20                    | 0,8                                    | 2,6   | 13,7     | 32,9     | 30,0     | 5,0       | 5,0        | 3,0         | 7,0    |  |
| 22          | 0-20                    | 0,4                                    | 2,9   | 10,2     | 35,2     | 31,3     | 9,0       | 3,0        | 1,0         | 7,0    |  |
| 23          | 0-20                    | 0,6                                    | 1,7   | 8,5      | 23,9     | 27,3     | 11,0      | 8,0        | 5,0         | 14,0   |  |
| 24          | 0-20                    | 0,5                                    | 2,1   | 10,5     | 31,1     | 27,8     | 13,0      | 5,0        | 2,0         | 8,0    |  |
| 25          | 0-20                    | 1,5                                    | 3,0   | 10,0     | 23,1     | 30,4     | 17,0      | 5,0        | 2,0         | 8,0    |  |
| 26          | 0-20                    | 0,4                                    | 2,7   | 14,1     | 35,7     | 32,1     | 5,0       | 2,0        | 2,0         | 6,0    |  |
| 27          | 0-20                    | 0,5                                    | 2,1   | 15,6     | 46,3     | 23,5     | 3,0       | 2,0        | 2,0         | 5,0    |  |

Tab. 22

Właściwości fizykochemiczne prób powierzchniowych .

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość poboru<br>próbek | pH<br>w H <sub>2</sub> O |      | pH<br>w 1M KCl |      | Hh<br>cmol(+)·kg <sup>-1</sup> |      | C org.<br>% |      | Próchnica<br>% |      |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|------|----------------|------|--------------------------------|------|-------------|------|----------------|------|
|                             |                            | min.-max.                | śr.  | min.-max.      | śr.  | min.-max.                      | śr.  | min.-max.   | śr.  | min.-max.      | śr.  |
| 1                           | 0-20                       | 7,68-7,99                | 7,88 | 7,05-7,35      | 7,25 | 0,00                           | 0,00 | 1,44-1,79   | 1,61 | 2,48-3,09      | 2,78 |
| 2                           | 0-20                       | 7,27-7,47                | 7,37 | 6,63-7,21      | 6,91 | 0,00                           | 0,00 | 1,39-2,22   | 1,90 | 2,39-3,83      | 3,27 |
| 3                           | 0-20                       | 7,36-7,55                | 7,43 | 7,08-7,19      | 7,13 | 0,00                           | 0,00 | 2,02-2,11   | 2,07 | 3,48-3,64      | 3,56 |
| 4                           | 0-20                       | 7,53-7,67                | 7,62 | 7,28-7,44      | 7,35 | 0,00                           | 0,00 | 1,86-2,17   | 1,99 | 3,21-3,74      | 3,42 |
| 5                           | 0-20                       | 7,76-7,99                | 7,87 | 7,34-7,69      | 7,50 | 0,00                           | 0,00 | 1,21-2,79   | 1,83 | 4,81-2,59      | 3,16 |
| 6                           | 0-20                       | 7,58-8,01                | 7,85 | 7,47-7,64      | 7,56 | 0,00                           | 0,00 | 1,14-3,85   | 2,35 | 1,97-6,63      | 4,04 |
| 7                           | 0-20                       | 7,49-7,60                | 7,54 | 7,09-7,26      | 7,18 | 0,00                           | 0,00 | 1,67-2,12   | 1,95 | 2,88-3,65      | 3,36 |
| 8                           | 0-20                       | 7,65-8,07                | 7,84 | 6,85-7,51      | 7,24 | 0,00-0,39                      | 0,13 | 0,86-1,86   | 1,24 | 1,48-3,20      | 2,14 |
| 9                           | 0-20                       | 6,66-6,83                | 6,76 | 5,85-6,40      | 6,09 | 1,31-2,19                      | 1,79 | 1,39-1,67   | 1,54 | 2,40-2,87      | 2,65 |
| 10                          | 0-20                       | 7,09-7,42                | 7,26 | 6,66-7,06      | 6,90 | 0,00-1,49                      | 0,7  | 1,55-1,69   | 1,64 | 2,67-2,91      | 2,83 |
| 11                          | 0-20                       | 7,35-7,61                | 7,48 | 7,18-7,40      | 7,28 | 0,00                           | 0,00 | 2,45-3,18   | 2,82 | 4,22-5,48      | 4,87 |
| 12                          | 0-20                       | 6,04-6,30                | 6,19 | 5,56-5,86      | 5,66 | 2,89-4,73                      | 3,85 | 1,78-1,81   | 1,80 | 3,06-3,12      | 3,09 |
| 13                          | 0-20                       | 6,62-6,97                | 6,81 | 6,15-6,45      | 6,28 | 1,31-2,10                      | 1,75 | 1,43-1,72   | 1,53 | 2,46-2,97      | 2,64 |
| 14                          | 0-20                       | 7,44-7,61                | 7,53 | 6,73-7,37      | 7,10 | 0,00-0,53                      | 0,18 | 2,07-3,21   | 2,57 | 3,56-5,53      | 4,42 |
| 15                          | 0-20                       | 6,95-7,20                | 7,08 | 6,33-7,03      | 6,68 | 0,00-1,84                      | 0,88 | 1,34-1,73   | 1,54 | 2,30-2,98      | 2,64 |
| 16                          | 0-20                       | 6,49-6,82                | 6,62 | 5,98-6,42      | 6,19 | 1,31-2,10                      | 1,73 | 1,32-1,85   | 1,52 | 2,28-3,19      | 2,63 |
| 17                          | 0-20                       | 7,40-7,75                | 7,54 | 7,24-7,41      | 7,33 | 0,00                           | 0,00 | 1,56-2,39   | 2,09 | 2,68-4,12      | 3,60 |
| 18                          | 0-20                       | 7,54-7,80                | 7,64 | 7,26-7,47      | 7,37 | 0,00                           | 0,00 | 2,30-2,61   | 2,5  | 3,97-4,50      | 4,31 |
| 19                          | 0-20                       | 7,54-8,03                | 7,77 | 7,42-7,56      | 7,47 | 0,00                           | 0,00 | 1,70-1,84   | 1,79 | 2,93-3,17      | 3,08 |
| 20                          | 0-20                       | 6,87-7,22                | 7,02 | 6,52-6,96      | 6,72 | 0,00-1,58                      | 0,53 | 1,65-1,88   | 1,79 | 2,84-3,24      | 3,09 |
| 21                          | 0-20                       | 6,01-6,20                | 6,09 | 5,20-5,40      | 5,28 | 2,71-3,85                      | 3,12 | 1,27-1,64   | 1,49 | 2,19-2,83      | 2,56 |
| 22                          | 0-20                       | 5,91-6,33                | 6,12 | 5,03-5,78      | 5,34 | 2,45-4,38                      | 3,22 | 1,35-1,55   | 1,44 | 2,33-2,66      | 2,47 |
| 23                          | 0-20                       | 7,46-7,73                | 7,61 | 7,36-7,43      | 7,4  | 0,00                           | 0,00 | 2,13-2,84   | 2,56 | 3,66-4,90      | 4,41 |
| 24                          | 0-20                       | 5,70-7,33                | 6,77 | 5,10-7,14      | 6,44 | 0,00-2,98                      | 0,99 | 1,13-1,90   | 1,54 | 1,95-3,28      | 2,65 |
| 25                          | 0-20                       | 7,15-7,37                | 7,25 | 6,50-7,13      | 6,89 | 0,00-0,61                      | 0,20 | 1,31-2,13   | 1,73 | 2,26-3,66      | 2,97 |
| 26                          | 0-20                       | 5,27-6,60                | 6,00 | 4,69-6,07      | 5,44 | 1,49-4,55                      | 3,06 | 1,03-1,70   | 1,27 | 1,78-2,93      | 2,19 |
| 27                          | 0-20                       | 6,00-7,50                | 6,63 | 5,24-7,28      | 6,05 | 0,00-3,15                      | 1,76 | 0,97-3,63   | 1,93 | 1,67-6,25      | 3,33 |



Tab. 23

Skład kompleksu sorpcyjnego prób powierzchniowych – wiosna.

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość poboru<br>próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | cmol(+) * kg <sup>-1</sup> |                |                | H <sup>+</sup> |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                             |                            |                  |                  | Na <sup>+</sup>            | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |                |
| 1                           | 0-20                       | 22,92            | 1,08             | 3,77                       | 0,33           | 0,00           |                |
| 2                           | 0-20                       | 19,71            | 0,87             | 1,41                       | 0,23           | 0,00           |                |
| 3                           | 0-20                       | 13,55            | 1,05             | 0,97                       | 0,12           | 0,00           |                |
| 4                           | 0-20                       | 14,85            | 0,99             | 1,83                       | 0,25           | 0,00           |                |
| 5                           | 0-20                       | 13,05            | 0,88             | 1,27                       | 0,15           | 0,00           |                |
| 6                           | 0-20                       | 15,08            | 1,12             | 1,72                       | 0,19           | 0,00           |                |
| 7                           | 0-20                       | 25,60            | 1,52             | 1,78                       | 0,57           | 0,00           |                |
| 8                           | 0-20                       | 16,60            | 1,07             | 1,37                       | 0,32           | 0,00           |                |
| 9                           | 0-20                       | 27,56            | 1,01             | 1,22                       | 0,11           | 2,19           |                |
| 10                          | 0-20                       | 44,22            | 1,15             | 1,41                       | 0,15           | 1,49           |                |
| 11                          | 0-20                       | 15,75            | 0,55             | 0,96                       | 0,18           | 0,00           |                |
| 12                          | 0-20                       | 7,97             | 0,98             | 1,24                       | 0,39           | 3,94           |                |
| 13                          | 0-20                       | 11,43            | 0,86             | 1,09                       | 0,30           | 2,10           |                |
| 14                          | 0-20                       | 20,59            | 1,84             | 1,21                       | 0,46           | 0,00           |                |
| 15                          | 0-20                       | 8,64             | 0,96             | 1,25                       | 0,36           | 1,84           |                |
| 16                          | 0-20                       | 14,51            | 0,70             | 1,22                       | 0,44           | 2,10           |                |
| 17                          | 0-20                       | 16,92            | 1,45             | 1,20                       | 0,35           | 0,00           |                |
| 18                          | 0-20                       | 25,76            | 0,12             | 1,37                       | 0,33           | 0,00           |                |
| 19                          | 0-20                       | 28,88            | 0,96             | 1,65                       | 0,29           | 0,00           |                |
| 20                          | 0-20                       | 13,56            | 1,15             | 1,19                       | 0,29           | 1,58           |                |
| 21                          | 0-20                       | 10,81            | 0,74             | 1,39                       | 0,39           | 3,85           |                |
| 22                          | 0-20                       | 2,88             | 0,56             | 0,88                       | 0,59           | 4,38           |                |
| 23                          | 0-20                       | 32,51            | 1,23             | 0,46                       | 0,43           | 0,00           |                |
| 24                          | 0-20                       | 20,40            | 0,48             | 0,32                       | 0,54           | 0,00           |                |
| 25                          | 0-20                       | 17,48            | 0,89             | 0,43                       | 0,43           | 0,00           |                |
| 26                          | 0-20                       | 3,51             | 0,38             | 0,45                       | 0,56           | 3,15           |                |
| 27                          | 0-20                       | 3,38             | 0,44             | 0,19                       | 0,52           | 3,15           |                |

Tab. 24

Formy wodnorozpuszczalne kationów i anionów w próbkach powierzchniowych – wiosna.

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość<br>poboru<br>próbek | emol(+)*kg <sup>-1</sup> |                  |                 |                |   | K <sup>+</sup> | Przewodność<br>elektrolityczna<br>mS*cm <sup>-1</sup> | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>mg*100g <sup>-1</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> |
|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|----------------|---|----------------|---|-----------------|--|------------------------------|
|                             |                               | Ca <sup>2+</sup>         | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup> | K <sup>+</sup> | Przewodność<br>elektrolityczna<br>mS*cm <sup>-1</sup> |                |   |                 |  |                              |
| 1                           | 0-20                          | 0,02                     | 0,02             | 0,69            | 0,04           | 1,98  | 22,00          | 61,00   | 0,98            |  |                              |
| 2                           | 0-20                          | 0,35                     | 0,35             | 0,31            | 0,04           | 0,87  | 17,50          | 22,88   | 0,70            |  |                              |
| 3                           | 0-20                          | 0,16                     | 0,16             | 0,29            | 0,07           | 0,70  | 22,00          | 22,88   | 0,60            |  |                              |
| 4                           | 0-20                          | 0,08                     | 0,08             | 1,15            | 0,16           | 1,25  | 25,50          | 28,21   | 2,10            |  |                              |
| 5                           | 0-20                          | 0,06                     | 0,06             | 1,35            | 0,25           | 1,30  | 24,00          | 51,09   | 3,20            |  |                              |
| 6                           | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 1,70            | 0,19           | 1,47  | 24,50          | 45,75   | 6,15            |  |                              |
| 7                           | 0-20                          | 0,09                     | 0,09             | 0,34            | 0,33           | 0,91  | 22,50          | 55,66   | 0,20            |  |                              |
| 8                           | 0-20                          | 0,13                     | 0,13             | 0,62            | 0,19           | 0,87  | 23,75          | 30,50   | 3,75            |  |                              |
| 9                           | 0-20                          | 0,01                     | 0,01             | 0,16            | 0,16           | 0,29  | 19,00          | 51,09   | 0,70            |  |                              |
| 10                          | 0-20                          | 0,03                     | 0,03             | 0,12            | 0,20           | 0,40  | 21,00          | 45,75   | 0,63            |  |                              |
| 11                          | 0-20                          | 0,80                     | 0,80             | 0,27            | 0,05           | 0,83  | 20,25          | 40,41   | 0,85            |  |                              |
| 12                          | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 0,18            | 0,16           | 0,40  | 22,25          | 35,84   | 1,25            |  |                              |
| 13                          | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 0,20            | 0,20           | 4,27  | 24,25          | 35,84   | 0,40            |  |                              |
| 14                          | 0-20                          | 0,19                     | 0,19             | 0,52            | 0,11           | 0,87  | 22,25          | 32,79   | 1,60            |  |                              |
| 15                          | 0-20                          | 0,10                     | 0,10             | 0,21            | 0,07           | 0,55  | 20,92          | 28,21   | 8,95            |  |                              |
| 16                          | 0-20                          | 0,08                     | 0,08             | 0,14            | 0,08           | 0,36  | 17,02          | 35,84   | 0,63            |  |                              |
| 17                          | 0-20                          | 0,09                     | 0,09             | 1,31            | 0,31           | 1,26  | 12,76          | 76,25   | 3,30            |  |                              |
| 18                          | 0-20                          | 0,19                     | 0,19             | 1,07            | 0,11           | 1,28  | 17,73          | 43,46   | 11,05           |  |                              |
| 19                          | 0-20                          | 0,08                     | 0,08             | 1,61            | 0,23           | 1,33  | 16,31          | 43,46   | 4,00            |  |                              |
| 20                          | 0-20                          | 0,09                     | 0,09             | 0,19            | 0,09           | 0,46  | 11,70          | 22,88   | 0,35            |  |                              |
| 21                          | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 0,16            | 0,08           | 0,30  | 13,12          | 28,21   | 0,50            |  |                              |
| 22                          | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 0,08            | 0,12           | 0,36  | 15,24          | 12,96   | 0,40            |  |                              |
| 23                          | 0-20                          | 0,73                     | 0,73             | 0,17            | 0,07           | 0,91  | 14,89          | 40,41   | 7,55            |  |                              |
| 24                          | 0-20                          | 0,44                     | 0,44             | 0,29            | 0,20           | 0,64  | 15,60          | 30,50   | 1,60            |  |                              |
| 25                          | 0-20                          | 0,09                     | 0,09             | 0,16            | 0,12           | 0,56  | 15,95          | 20,59   | 0,40            |  |                              |
| 26                          | 0-20                          | 0,04                     | 0,04             | 0,17            | 0,09           | 0,30  | 13,47          | 17,54   | 0,90            |  |                              |
| 27                          | 0-20                          | 0,05                     | 0,05             | 0,45            | 0,07           | 0,30  | 17,73          | 5,34  | 0,90            |  |                              |

Tab. 25  
Właściwości sorpcyjne prób powierzchniowych – wiosna.

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość poboru<br>próbek | Suma kationów zasadowych<br>S (TEB) | Pojemność wymienna kationów<br>PWK (CEC) | Stopień wysycenia<br>zasadami V |   |
|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------|---|
|                             |                            |                                     |  | cmol(+)*kg <sup>-1</sup>        | % |
| 1                           | 0-20                       | 28,10                               | 28,10                                    | ≈100,00                         |   |
| 2                           | 0-20                       | 22,22                               | 22,22                                    | ≈100,00                         |   |
| 3                           | 0-20                       | 15,69                               | 15,69                                    | ≈100,00                         |   |
| 4                           | 0-20                       | 17,92                               | 17,92                                    | ≈100,00                         |   |
| 5                           | 0-20                       | 15,36                               | 15,36                                    | ≈100,00                         |   |
| 6                           | 0-20                       | 18,11                               | 18,11                                    | ≈100,00                         |   |
| 7                           | 0-20                       | 29,46                               | 29,46                                    | ≈100,00                         |   |
| 8                           | 0-20                       | 19,37                               | 19,37                                    | ≈100,00                         |   |
| 9                           | 0-20                       | 29,90                               | 32,09                                    | 93,18                           |   |
| 10                          | 0-20                       | 46,94                               | 48,43                                    | 96,92                           |   |
| 11                          | 0-20                       | 17,43                               | 17,43                                    | ≈100,00                         |   |
| 12                          | 0-20                       | 10,58                               | 14,52                                    | 72,87                           |   |
| 13                          | 0-20                       | 13,68                               | 15,78                                    | 86,69                           |   |
| 14                          | 0-20                       | 24,11                               | 24,11                                    | ≈100,00                         |   |
| 15                          | 0-20                       | 11,21                               | 13,05                                    | 85,90                           |   |
| 16                          | 0-20                       | 16,88                               | 18,98                                    | 88,94                           |   |
| 17                          | 0-20                       | 19,93                               | 19,93                                    | ≈100,00                         |   |
| 18                          | 0-20                       | 27,58                               | 27,58                                    | ≈100,00                         |   |
| 19                          | 0-20                       | 31,78                               | 31,78                                    | ≈100,00                         |   |
| 20                          | 0-20                       | 16,18                               | 17,76                                    | 91,11                           |   |
| 21                          | 0-20                       | 13,33                               | 17,18                                    | 77,59                           |   |
| 22                          | 0-20                       | 4,91                                | 9,29                                     | 52,83                           |   |
| 23                          | 0-20                       | 34,63                               | 34,63                                    | ≈100,00                         |   |
| 24                          | 0-20                       | 21,74                               | 21,74                                    | ≈100,00                         |   |
| 25                          | 0-20                       | 19,22                               | 19,22                                    | ≈100,00                         |   |
| 26                          | 0-20                       | 4,90                                | 8,05                                     | 60,88                           |   |
| 27                          | 0-20                       | 4,52                                | 7,67                                     | 58,93                           |   |

Tab. 26

Procentowy udział kationów wymiennych w PWK w analizowanych próbach powierzchniowych - wiosna.

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość poboru<br>próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Na <sup>+</sup><br>% | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------|----------------|
|                             |                            |                  |                  |                      |                |                |
| 1                           | 0-20                       | 81,56            | 3,83             | 13,42                | 1,19           | 0,00           |
| 2                           | 0-20                       | 88,71            | 3,93             | 6,35                 | 1,01           | 0,00           |
| 3                           | 0-20                       | 86,34            | 6,69             | 6,20                 | 0,76           | 0,00           |
| 4                           | 0-20                       | 82,89            | 5,53             | 10,19                | 1,39           | 0,00           |
| 5                           | 0-20                       | 84,99            | 5,76             | 8,27                 | 0,99           | 0,00           |
| 6                           | 0-20                       | 83,26            | 6,17             | 9,52                 | 1,05           | 0,00           |
| 7                           | 0-20                       | 86,89            | 5,15             | 6,03                 | 1,92           | 0,00           |
| 8                           | 0-20                       | 85,71            | 5,54             | 7,09                 | 1,66           | 0,00           |
| 9                           | 0-20                       | 85,87            | 3,14             | 3,81                 | 0,36           | 6,82           |
| 10                          | 0-20                       | 91,31            | 2,38             | 2,91                 | 0,32           | 3,08           |
| 11                          | 0-20                       | 90,33            | 3,13             | 5,53                 | 1,01           | 0,00           |
| 12                          | 0-20                       | 54,92            | 6,78             | 8,52                 | 2,66           | 27,13          |
| 13                          | 0-20                       | 72,44            | 5,44             | 6,91                 | 1,90           | 13,31          |
| 14                          | 0-20                       | 85,41            | 7,65             | 5,02                 | 1,92           | 0,00           |
| 15                          | 0-20                       | 66,23            | 7,37             | 9,57                 | 2,73           | 14,10          |
| 16                          | 0-20                       | 76,47            | 3,71             | 6,44                 | 2,31           | 11,06          |
| 17                          | 0-20                       | 84,92            | 7,30             | 6,01                 | 1,77           | 0,00           |
| 18                          | 0-20                       | 93,39            | 0,43             | 4,96                 | 1,21           | 0,00           |
| 19                          | 0-20                       | 90,89            | 3,03             | 5,18                 | 0,90           | 0,00           |
| 20                          | 0-20                       | 76,32            | 6,45             | 6,69                 | 1,65           | 8,89           |
| 21                          | 0-20                       | 62,94            | 4,32             | 8,07                 | 2,26           | 22,41          |
| 22                          | 0-20                       | 30,98            | 6,00             | 9,46                 | 6,39           | 47,17          |
| 23                          | 0-20                       | 93,89            | 3,56             | 1,32                 | 1,24           | 0,00           |
| 24                          | 0-20                       | 93,85            | 2,20             | 1,46                 | 2,49           | 0,00           |
| 25                          | 0-20                       | 90,95            | 4,61             | 2,22                 | 2,22           | 0,00           |
| 26                          | 0-20                       | 43,62            | 4,75             | 5,54                 | 6,96           | 39,12          |
| 27                          | 0-20                       | 44,01            | 5,68             | 2,45                 | 6,79           | 41,07          |

Tab. 27

Skład kompleksu sorpcyjnego prób powierzchniowych – lato.

| Nr próby<br>powierzchniowej | Głębokość poboru<br>próbek | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | cmol(+)·kg <sup>-1</sup> |                |                | H <sup>+</sup> |
|-----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                             |                            |                  |                  | Na <sup>+</sup>          | K <sup>+</sup> | H <sup>+</sup> |                |
| 1                           | 0-20                       | 38,72            | 0,68             | 2,75                     | 0,44           | 0,00           |                |
| 2                           | 0-20                       | 29,21            | 1,25             | 2,21                     | 0,68           | 0,00           |                |
| 3                           | 0-20                       | 33,71            | 1,05             | 2,05                     | 0,66           | 0,00           |                |
| 4                           | 0-20                       | 20,94            | 1,02             | 1,60                     | 0,47           | 0,00           |                |
| 5                           | 0-20                       | 22,71            | 0,96             | 1,38                     | 0,52           | 0,00           |                |
| 6                           | 0-20                       | 24,08            | 0,65             | 2,13                     | 0,49           | 0,00           |                |
| 7                           | 0-20                       | 23,44            | 1,22             | 1,29                     | 0,44           | 0,00           |                |
| 8                           | 0-20                       | 26,85            | 1,02             | 0,22                     | 0,58           | 0,39           |                |
| 9                           | 0-20                       | 12,51            | 0,83             | 0,25                     | 0,48           | 1,88           |                |
| 10                          | 0-20                       | 19,66            | 0,98             | 0,22                     | 0,32           | 0,00           |                |
| 11                          | 0-20                       | 35,69            | 1,46             | 1,78                     | 0,62           | 0,00           |                |
| 12                          | 0-20                       | 58,33            | 0,83             | 1,50                     | 0,69           | 4,73           |                |
| 13                          | 0-20                       | 37,66            | 0,83             | 1,26                     | 0,49           | 1,31           |                |
| 14                          | 0-20                       | 23,05            | 1,79             | 1,36                     | 0,68           | 0,53           |                |
| 15                          | 0-20                       | 16,02            | 0,60             | 1,45                     | 0,42           | 0,79           |                |
| 16                          | 0-20                       | 15,70            | 0,68             | 1,07                     | 0,38           | 1,79           |                |
| 17                          | 0-20                       | 14,77            | 0,75             | 1,15                     | 0,34           | 0,00           |                |
| 18                          | 0-20                       | 24,01            | 3,04             | 1,39                     | 0,37           | 0,00           |                |
| 19                          | 0-20                       | 33,43            | 1,13             | 2,12                     | 0,43           | 0,00           |                |
| 20                          | 0-20                       | 16,92            | 1,05             | 1,01                     | 0,32           | 0,00           |                |
| 21                          | 0-20                       | 8,79             | 0,60             | 0,40                     | 0,12           | 2,71           |                |
| 22                          | 0-20                       | 5,79             | 0,61             | 0,41                     | 0,35           | 2,84           |                |
| 23                          | 0-20                       | 41,80            | 1,29             | 0,46                     | 0,24           | 0,00           |                |
| 24                          | 0-20                       | 21,40            | 0,79             | 0,35                     | 0,20           | 0,00           |                |
| 25                          | 0-20                       | 16,20            | 0,69             | 0,42                     | 0,36           | 0,61           |                |
| 26                          | 0-20                       | 10,23            | 0,57             | 0,39                     | 0,35           | 1,49           |                |
| 27                          | 0-20                       | 12,99            | 0,38             | 0,42                     | 0,27           | 2,14           |                |