

PIOTR HULISZ\*, WIESŁAW CYZMAN\*\*

**WPLYW PRAC WIERTNICZYCH NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB  
ORAZ STAN ZDROWOTNY DRZEW W REJONIE  
KOPALNI SOLI „SOLINO” S.A. W GÓRZE K. INOWROCŁAWIA**

*Streszczenie*

*Celem niniejszej pracy była analiza wpływu prac wiertniczych prowadzonych na terenie Kopalni Soli „Solino” S.A. w Górze k. Inowrocławia na właściwości gleb oraz stan drzewostanu. Badania wykazały, że prace te, głównie poprzez oddziaływanie aerozoli, miały wyraźny wpływ na wzrost zasolenia analizowanych gleb. Wartości  $EC_e$  nie wykazywały jednak związku z odległością od miejsca odwiertu, co mogło sugerować okresowy wpływ płytko zalegających wód glebowo-gruntowych. Uruchomienie odwiertu przyczyniło się do pogorszenia się stanu zdrowotnego drzew w najbliższym otoczeniu wieży wiertniczej. W przylegającej do niej strefie o średnicy około 50 m większość egzemplarzy drzew cechowała się ubytkiem aparatu asymilacyjnego od 26% do nawet ponad 60% (stopień uszkodzeń średni i silny). Zawartość Na i Cl w liściach i gałązkach drzew rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie wiertni była kilkunastokrotnie wyższa niż oznaczona na powierzchni referencyjnej.*

Słowa kluczowe: zasolenie gleb, NaCl, stres solny, wysad solny, górnictwo soli

**WSTĘP**

Oddziaływanie antropogenicznych źródeł zasolenia może prowadzić do znacznego zniekształcenia gleb lub też ich całkowitej degradacji. W Polsce proces ten jest związany przede wszystkim z wpływem stałych odpadów przemysłowych, solanek i ścieków przemysłowych, wód kopalnianych, soli stosowanych do zimowego utrzymania dróg, a także w mniejszym stopniu – pyłów

\* Katedra Gleboznawstwa i Kształtowania Krajobrazu, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

\*\* Katedra Geobotaniki i Planowania Krajobrazu, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

przemysłowych i nawozów mineralnych [Hulisz 2007]. Antropogeniczne zasolenie gleb na Kujawach swoją specyfikę zawdzięcza wpływom różnych gałęzi przemysłu pośrednio lub bezpośrednio związanym z wydobyciem cechsztyńskiej soli kamiennej. Jak wykazały liczne badania, nadmierna akumulacja fizjologicznie szkodliwych dla roślin, łatwo rozpuszczalnych soli w glebie (np. NaCl, MgCl i CaCl<sub>2</sub>) znacznie ogranicza wzrost i rozwój roślin lub też prowadzi do całkowitego pozbawienia gleb możliwości produkcji roślinnej [Cieśla i Dąbkowska-Naskręt 1984; Rytelewski i in. 1993]. Z drugiej strony proces ten może przyczynić się do powstawania nowych siedlisk z unikatową roślinnością halofilną [Wilkoń-Michalska 1963; Hulisz i Piernik 2013].

Przyczyną podjęcia niniejszych badań było przedwczesne usychanie liści drzew w bezpośrednim otoczeniu odwiertu geologicznego, zlokalizowanego na terenie Kopalni Soli „Solino” S.A. w Górze k. Inowrocławia. Ich celem była ocena wpływu prac wiertniczych na właściwości gleb oraz stan drzewostanu.

### CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU BADAŃ

Teren badań według regionalizacji fizycznogeograficznej [Kondracki 2009] należy do makroregionu Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie i mezoregionu Równina Inowrocławska. Na tym obszarze dominują płaskie formy terenu. W niektórych miejscach występują jednak wzniesienia związane z obecnością cechsztyńskich wysadów solnych, czego przykładem są okolice wsi Góra, położonej w odległości ok. 15 km na wschód od Inowrocławia. Nadkład tego wysadu tworzą osady plejstoceno-holoceno o miąższości od 30 m do ponad 100 m, reprezentowane głównie przez piaski różnoziarniste i gliny zwałowe [Czapowski i in. 2009].

Działalność górnicza na wysadzie Góra prowadzona jest przez Inowrocławskie Kopalnie Soli „SOLINO” S.A od 1969 roku. Eksploatacja złoża soli kamiennej odbywa się poprzez ługowanie otworami wiertniczymi o głębokości do 1700 m, rozmieszczonymi w siatce trójkąta równobocznego o boku 100 m. Roczna produkcja solanki wynosi ponad 4 mln m<sup>3</sup>, co daje ponad 1,2 mln Mg soli [Drogowski, Tadych 2006]. Od roku 2002 część komór powstałych po eksploatacji soli kamiennej służy do podziemnego magazynowania ropy i paliw.

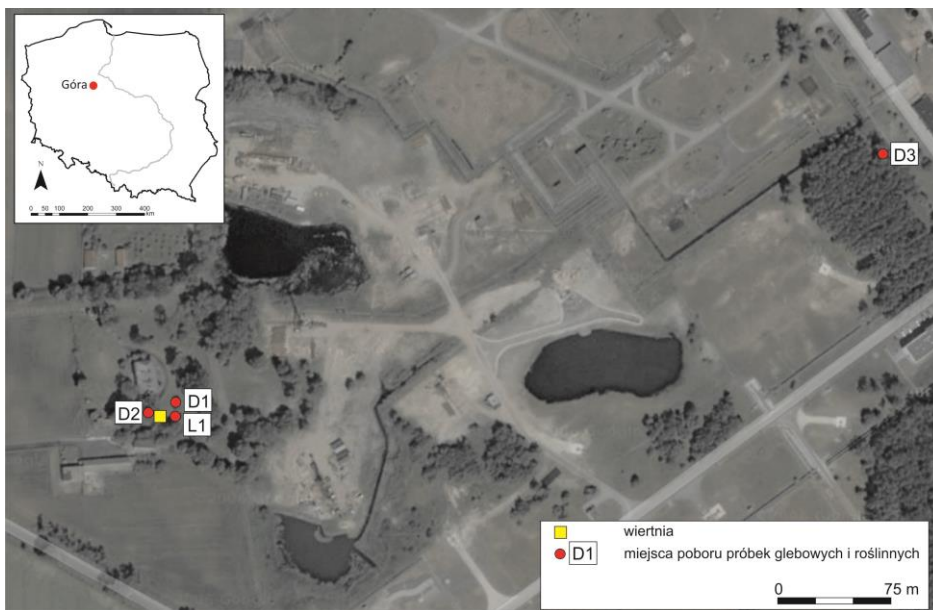
Odwiert geologiczny zlokalizowany jest na terenie dawnego parku wiejskiego z XIX w. (0,8 ha), z którego zachowało się kilka dorodnych drzew (fot.1). Niektóre z nich, tj. dąb szypułkowy (*Quercus robur* L.) o obwodzie 410 cm (17 m od wiertni) i topola osika (*Populus tremula* L.) o obwodzie 408 cm (80 m od wiertni), zostały uznane za pomniki przyrody. Pozostały drzewostan i warstwa krzewów ukształtowały się spontanicznie.

Na podstawie danych zamieszczonych na mapie glebowo-rolniczej w skali 1:25 000, arkusz Radojewice [1968], gleby występujące na badanym terenie

należy zaliczyć do czarnych ziem o uziarnieniu glin zwykłych oraz gleb murszastych o uziarnieniu piasków luźnych i słabogliniastych (tab. 1). W przeszłości należały one do kompleksu użytków zielonych średnich, a niektóre z nich były także użytkowane jako lasy.

### METODY BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono we wrześniu 2013 roku na terenie Inowrocławskich Kopalni Soli „SOLINO” S.A. w Górze. Na podstawie prac rekonasansowych wytypowano cztery punkty poboru próbek glebowych oraz roślinnych (rys. 1). Materiał glebowy do analiz uzyskano z wierceń wykonanych w bezpośredniej bliskości drzew o widocznym pogorszeniu się ich stanu zdrowotnego (dęby – D1 i D2 oraz lipa – L1) oraz nasypu powstałego w wyniku prac wiertniczych (próbki P1-P3). Z badanych drzew pobrano próbki materiału roślinnego (liście – L, gałązki – G i owoce – O). Ponadto dla celów porównawczych badania przeprowadzono także poza zasięgiem prac wiertniczych (dąb – D3). W czasie prac terenowych nie stwierdzono zalegania wód glebowo-gruntowych do głębokości 100 cm p.p.t.



Rys. 1. Lokalizacja miejsc poboru próbek (źródło: Google 2015)  
Fig. 1. Location of the sampling points (source: Google 2015)

Podstawowe właściwości gleb (łącznie 13 próbek; tabela 1) oznaczono w następujący sposób:

- zawartość materii organicznej – na podstawie ubytku masy gleby w 550°C w ciągu 3 godzin,
- pH gleby w H<sub>2</sub>O przy stosunku gleba : woda 1:2,5,
- zawartość węglanów (CaCO<sub>3</sub>) – metodą Scheiblera.

Tab. 1. Charakterystyka próbek glebowych

Tab. 1. Description of the soil samples

Nr próbki	Głębokość pobrania [cm]	Miejsce poboru	Charakterystyka materiału glebowego
D1-1	0-10	Dąb 1; 21 m na północny wschód od wiertni	poziom próchniczny, piasek gliniasty <sup>**</sup> , ciemnoszary
D1-2	10-60		poziom próchniczny, glina piaszczysta, ciemnoszara,
D1-3	60-100		glina zwykła, ciemnobrązowoszara
D2-1	0-30	Dąb 2; pomnik przyrody; 17 m na zachód od wiertni	poziom próchniczny, piasek słabogliniasty, ciemnoszary
D2-2	30-60*		poziom próchniczny, piasek słabogliniasty, ciemnobrązowoszary
D3-1	0-30	Dąb 3; referencyjny; 500 m na północny wschód od wiertni	poziom próchniczny, piasek słabogliniasty, ciemnoszary
D3-2	30-60		poziom próchniczny, piasek słabogliniasty, jasnobrązowoszary
D3-3	60-100		piasek luźny, jasnożółtoszary
L1-1	0-30	Lipa 1; 11 m na wschód od wiertni	poziom próchniczny, piasek słabogliniasty, ciemnobrązowoszary
L1-2	30-60*		poziom próchniczny, piasek gliniasty, ciemnoszary
P1	0-30	Nasyp; 5 m na północny zachód od D1	glina piaszczysta, jasnożółtoszara
P2	0-30	Nasyp; 5 m na południowy zachód od L1	glina piaszczysta, jasnobrązowoszara
P3	0-30	Nasyp; 10 m na południe od P2	glina piaszczysta, ciemnobrązowoszara

\* głębsze wiercenia były niemożliwe ze względu na obecność korzeni drzew

\*\* nazwy grup granulometrycznych według Systematyki Gleb Polski [2011].

Podstawowe wskaźniki zasolenia gleb oznaczono w ekstrakcie nasyconym pasty glebowej [van Reeuwijk 2002]:

- przewodność elektryczną ( $EC_e$ ) w temperaturze 25°C – metodą kondukto-metryczną,
- zawartość jonów wapnia [ $Ca^{2+}$ ] i magnezu [ $Mg^{2+}$ ] – metodą spektrometrii absorpcji atomowej ASA,
- zawartość jonów sodu [ $Na^+$ ] i potasu [ $K^+$ ] – metodą spektrometrii emisji atomowej (ES),
- zawartość jonów chlorkowych [ $Cl^-$ ] – metodą miareczkowania argentome-trycznego.

W celu oszacowania tzw. ryzyka sodowego obliczono wskaźnik adsorpcji sodu (SAR) na podstawie stężeń jonów oznaczonych w ekstrakcie nasyconym (wyrażonych w  $mmol_c \cdot dm^3$ ) według poniższego wzoru [van Reeuwijk 2002]:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{1}{2} \cdot (Ca^{2+} + Mg^{2+})}}$$

Przygotowanie materiału roślinnego do analiz (łącznie 9 próbek: D1-L, D1-G, D2-L, D2-G, D3-L, D3-G, L1-L, L1G, L1-O) obejmowało kilka etapów, tj: suszenie w temperaturze do 60°C, homogenizację, spalanie na sucho w tempe-raturze 460°C oraz mineralizację próbki (popiołu) na gorąco z zastosowaniem mieszaniny  $HNO_3$  i  $H_2O_2$ . W uzyskanych ekstraktach oznaczono całkowite za-wartości wapnia, magnezu, sodu, potasu oraz chloru zgodnie z metodami opisa-nymi powyżej.

Ocenę stanu uszkodzeń drzew przeprowadzono metodą bioindykacyjną, określając stopień defoliacji. Metoda ta jest stosowana w wielkopowierzchnio-wych inwentaryzacjach stanu zdrowotnego i sanitarnego lasu [Borecki, Keczyń-ski 1992]. Za kryterium oceny w przyjętej metodyce przyjmuje się procent ubytku aparatu asymilacyjnego drzew. Wyróżnia się cztery stopnie uszkodzeń: 0 – bez uszkodzeń, 0-10% ubytku; 1 – słabe, 11-25% ubytku; 2 – średnie, 26-60% ubytku oraz 3 – silne, powyżej 60% ubytku).

## WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

### Wpływ prac wiertniczych na właściwości gleb

Analizowane gleby charakteryzowały się występowaniem poziomów próchnicznych o bardzo dużej miąższości (nawet do 60 cm), zasobnych w materię organiczną (od 2,2 do 8,6%; tab. 2). W profilu D1, a także w obrębie nasypu wokół wieży wiertniczej występowały utwory słabo przepuszczalne (tab. 1). Takie właściwości odgrywają bardzo ważną rolę w procesie zasolenia, szcze-gólnie w naszych warunkach klimatycznych. Wpływają one bowiem na zdol-

ność zatrzymywania słonych roztworów w mikroporach i na adsorpcję kationów przez koloidy glebowe [Abrol i in. 1988; Hulisz 2007]. Zakres wartości pH-H<sub>2</sub>O dla analizowanych próbek był dość zróżnicowany (od 6,1 do 8,3) – tab. 2. Wydaje się prawdopodobne, że w odniesieniu do większości gleb (z wyjątkiem próbek D1-2, L1-1 i L2-1), najwyższe wartości pH należy wiązać przede wszystkim ze znaczną akumulacją węglanów (maksymalnie do 6,2% – tab. 2), a dopiero następnie z ewentualnym wpływem soli łatwo rozpuszczalnych.

Charakterystykę stanu zasolenia badanych gleb przedstawiono w tabeli 2. Wartości przewodności elektrycznej właściwej ekstraktu nasyconego ( $EC_e$ ) wahały się od 0,33 (próbka L1-2) do 14,4  $dS \cdot m^{-1}$  (próbka D1-1). Najniższe stężenie soli w przeliczeniu na masę gleby (0,01%) stwierdzono w profilach D2 (dąb, pomnik przyrody) oraz L1 (lipa), a maksymalne w profilu D1 (dąb; D1-1, 0,49%). Zgodnie ze skalą zasolenia (wyrażonego jako  $EC_e$ ), opracowaną przez Jacksona (1958) gleby reprezentowane przez profile D2 (dąb, pomnik przyrody), D3 (dąb, referencyjny) oraz L1 (lipa) można określić jako niezasolone (0-2  $dS \cdot m^{-1}$ ). Pozostałe z nich zakwalifikowano do gleb słabo zasolonych (2-4  $dS \cdot m^{-1}$ ; D3-2), umiarkowanie zasolonych (4-8  $dS \cdot m^{-1}$ ; D1-3, P2, P3) oraz silnie zasolonych (8-16  $dS \cdot m^{-1}$ ; D1-1, D1-2, P1). Nie stwierdzono natomiast występowania gleb silnie zasolonych ( $EC_e > 16 dS \cdot m^{-1}$ ).

Ze względu na specyfikę miejsca badań, znajdującego się w obrębie wysadu solnego, wysokie zasolenie było związane głównie z obecnością chloru i sodu w glebie. Związki chloru są bardzo łatwo rozpuszczalne w glebie. Anion chlorkowy (Cl<sup>-</sup>) nie jest praktycznie sorbowany wymiennie. Z tego powodu jest on szybko wymywany z poziomów powierzchniowych gleby włąb profilu oraz pobierany przez rośliny. Najwyższe wartości zanotowano w profilu D1 (dąb; 15,3-71,7  $mg \cdot 100 g^{-1}$  gleby) oraz próbkach pobranych z nasypu (P1-P3; 6,63-58,4  $mg \cdot 100 g^{-1}$  gleby) – tab. 2. Podobnie jak w przypadku przewodności elektrycznej właściwej ( $EC_e$ ) najniższą zawartość chlorków (0,02  $mg \cdot 100 g^{-1}$  gleby) oznaczono w profilu L1 (lipa).

Glebowy kompleks sorpcyjny tworzą koloidy glebowe, które są najdrobniejszymi cząstkami tworzącymi stałą fazę gleby. Kompleks ten jest zdolny do wiązania jonów i cząsteczek. Gleby pod wpływem NaCl gromadzą sól wymienną w kompleksie sorpcyjnym, a jony Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> są z niego wypierane. Nadmiar sodu niszczy strukturę gleby, która traci zdolność do podtrzymywania zarówno wzrostu roślin, jak i życia zwierząt ze względu na brak tlenu [Abrol i in. 1988]. Dla oszacowania tzw. ryzyka sodowego obliczono wskaźnik adsorpcji sodu (SAR), który w badanych glebach przyjmował wartości od <1 do 38 (tab. 2). Wielkość tego wskaźnika dla większości próbek wykazywała wyraźny związek z wartościami  $EC_e$  ze względu na dominujący udział NaCl w zasoleniu gleb. W związku z tym w 4 próbkach charakteryzujących się największą zawartością soli (D1-1, D1-2, D1-3 i P1) zanotowano wartości SAR >13, co kwalifikuje badane gleby jako sodowe [Richards 1954].

Tab. 2. Właściwości badanych gleb  
 Tab. 2. Properties of the studied soils

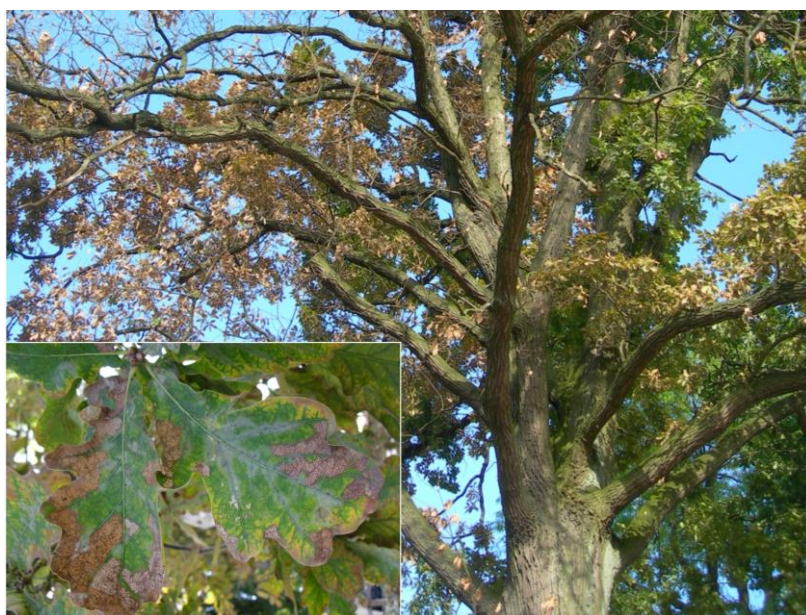
Nr próbki	Głębokość pobrania	MO	pH-H <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	EC <sub>e</sub>	Stężenie soli*	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SAR
	[cm]	[%]		[%]	[dS·m <sup>-1</sup> ]	[%]	[mg·100 g <sup>-1</sup> gleby]		
D1-1	0-10	8,6	7,6	0,6	14,4	0,49	96,6	71,7	29
D1-2	10-60	2,7	6,2	0,0	12,2	0,20	46,6	51,6	38
D1-3	60-100	0,3	8,2	2,2	6,84	0,15	35,2	15,3	24
D2-1	0-30	5,3	7,6	0,5	0,56	0,01	0,31	0,06	<1
D2-2	30-60	3,8	7,9	0,8	0,56	0,01	0,43	0,06	1
D3-1	0-30	4,2	8,1	2,5	1,00	0,03	3,74	0,14	2
D3-2	30-60	2,2	8,2	1,1	2,32	0,05	11,4	0,89	6
D3-3	60-100	0,3	8,3	0,9	1,69	0,03	8,80	0,45	10
L1-1	0-30	6,0	6,3	0,0	0,55	0,01	1,99	0,07	2
L1-2	30-60	2,3	6,1	0,0	0,33	0,01	0,44	0,02	1
P1	0-30	0,1	8,3	5,4	12,8	0,19	49,7	58,4	19
P2	0-30	0,1	7,9	6,2	6,78	0,11	14,3	10,8	5
P3	0-30	0,2	8,2	5,1	5,30	0,10	11,0	6,63	3

\* wskaźnik obliczony na podstawie wartości EC<sub>e</sub> w odniesieniu do masy gleby [Richards 1954]

Rezultaty niniejszych badań wykazały, że prace wiertnicze, głównie poprzez wpływ aerozoli, miały wyraźny wpływ na zasolenie niektórych gleb (profil D1 oraz próbki P1-P3). Przejawiało się to z reguły najwyższą zawartością soli łatwo rozpuszczalnych w ich poziomach powierzchniowych. Akumulacji soli mogły sprzyjać także opisane wcześniej właściwości gleb – wysoka zawartość materii organicznej oraz cięższe uziarnienie (tab. 1-2). Należy jednak zauważyć, że wartości EC<sub>e</sub> zmierzone w profilach D2 (dąb, pomnik przyrody) oraz L1 (lipa), pomimo bezpośredniej bliskości odwiertu, były niższe od wartości zmierzonych w profilu D3, przyjętym jako referencyjny. Może to sugerować, że w miejscach, gdzie aerozole nie docierają, prawdopodobny jest także wpływ innego źródła zasolenia, tj. okresowo płytko zalegających wód glebowo-gruntowych. Fakt ten może być związany z eksploatacją soli kamiennej metodą otworową w obrębie wysadu w Górze.

### Stan zdrowotny drzewostanu w otoczeniu odwiertu

Wysokie stężenie niektórych jonów soli (w tym chloru i sodu) w pierwszej kolejności prowadzi do zakłócenia procesów fizjologicznych zachodzących w komórkach roślinnych, a następnie wpływa na procesy zachodzące w całej roślinie. Wraz ze wzrostem stężenia soli w glebie, zmniejsza się dostępność wody dla roślin. Najszybciej na podwyższone zasolenie rośliny reagują zahamowaniem wzrostu i redukcją systemu korzeniowego. Następne objawy to zahamowanie wzrostu części zielonej rośliny, okresowe więdnienie lub utrata jędrności liści, ich żółknięcie, brązowienie i opadanie, a nawet obumarcie całej rośliny [Bilski 1990; Siuta 1995].

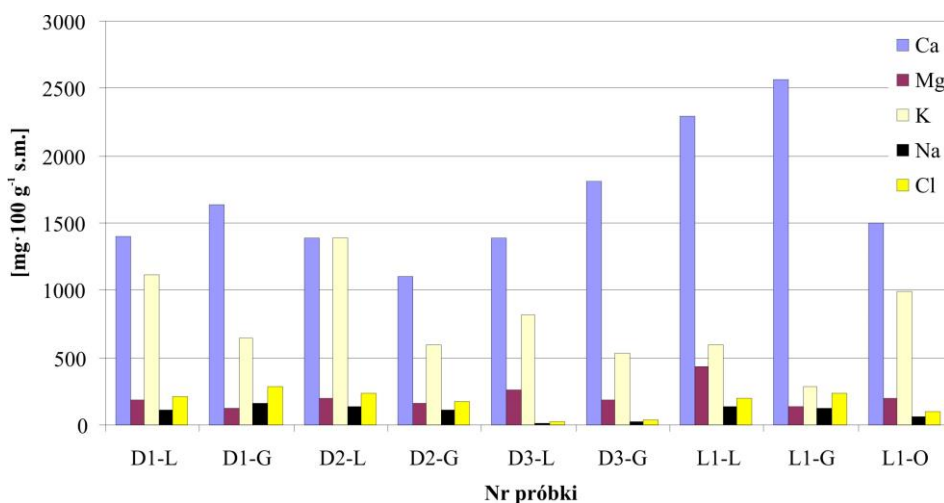


*Fot. 1. Dolna część korony dębu rosnącego w pobliżu wiertni (D1)*  
*Phot. 1. The lower part of the crown of the oak growing near the drilling (D1)*

Observacje stanu zdrowotnego drzew w otoczeniu wiertni (strefa o średnicy 50 m) wskazały na bardzo słaby stan ulistnienia ich koron spowodowany głównie przez chlorozę i nekrozę liści (fot. 1). Obydwa oceniane egzemplarze dębu (D1 i D2), tak jak inne, nie objęte badaniami szczegółowymi drzewa (m.in. kasztanowce, lipy, jesiony, wiązy), cechowały się ponad 60% ubytkiem aparatu asymilacyjnego, co oznaczało silny stopień uszkodzeń. Średnim stopniem defoliacji (26-60% ubytku) charakteryzowała się natomiast lipa drobnolistna (L1), zlokalizowana około 20 m od odwiertu. Stopień uszkodzeń dębów na powierzchni referencyjnej, oddalonej ok. 500 m na północny wschód od wiertni



(punkt D3), określono również jako średni (35% ubytku). Wydaje się to potwierdzać istnienie opisanych powyżej, niesprzyjających uwarunkowań siedliskowych.



Rys. 2. Skład chemiczny pobranego materiału roślinnego  
Fig. 2. Chemical composition of the collected plant material

Znaczący wpływ aerozoli na stan ulistnienia drzew mogą także potwierdzać wyniki analizy składu pierwiastkowego materiału roślinnego w punktach D1-D3 oraz L1 (rys. 2). Zawartość sodu i chloru w liściach i gałązkach dębu (D3) na powierzchni referencyjnej (D3-L: odpowiednio 10,5 i 30,0 mg·100 g<sup>-1</sup> s.m. oraz D3-G: 21,9 i 40,0 mg·100 g<sup>-1</sup> s.m.) była zdecydowanie niższa niż w przypadku dębów rosnących w bezpośrednim sąsiedztwie wiertni (np. D1-L: 115 i 210 mg·100 g<sup>-1</sup> s.m.; D1-G: 156 i 290 mg·100 g<sup>-1</sup> s.m.). Dla porównania, zawartość ta przekraczała wielokrotnie przeciętny poziom akumulacji tych pierwiastków w drzewach objętych wpływem soli stosowanych do zimowego utrzymania dróg [Brogowski i in. 2000; Kwasowski, Czyż 2011].

Należy jednak stwierdzić, że wpływ prac wiertniczych nie był jedynym czynnikiem powodującym pogorszenie się stanu zdrowotnego drzew. Z wyjątkiem pomnika przyrody (dębu szypułkowego D2) pnie badanych drzew nie zostały odpowiednio zabezpieczone, np. poprzez budowę ogrodzeń i osłon przypniowych. Niekorzystny wpływ aerozoli na stan zdrowotny drzewostanu mogło także potęgować występujące w niektórych miejscach ograniczone przenikanie wód opadowych w głąb gleb, spowodowane przykryciem powierzchni terenu wokół wiertni płytami betonowymi oraz występowaniem nasypów gliniastych (P1-P3).

### WNIOSKI

Funkcjonowanie wiertni znajdującej się na terenie kopalni soli Górze przyczyniło się do znacznego wzrostu zawartości soli w glebach w wąskiej strefie o promieniu nie przekraczającym 50 m. Główną przyczyną zasolenia gleb było rozprzestrzenianie się chlorku sodu w postaci aerozolu.

W najbliższym otoczeniu wiertni obserwowano bardzo słaby stan ulistnienia koron drzew oraz wielokrotny wzrost akumulacji NaCl w liściach i gałązkach w porównaniu z powierzchnią referencyjną. Analizowany drzewostan charakteryzował najczęściej kilkudziesięcioprocentowy ubytek aparatu asymilacyjnego (uszkodzenia średnie i silne).

Na stan zdrowotny drzew mógł mieć także lokalnie występujący deficyt wody związany z zagospodarowaniem terenu wokół wiertni (płyty betonowe, nasypy). Ponadto na podstawie wyników uzyskanych dla powierzchni referencyjnej nie można wykluczyć oddziaływania płytko zalegających słonych wód gruntowych.

### LITERATURA

1. ABROL I.P., YADAV J.S.P., MASSOUD F.I.; 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin 39, Rome.
2. BILSKI J.; 1990. Zakwaszenie i zasolenie podłoża jako czynniki stresowe dla roślin. Rocznik Nauk Rolniczych, PAN, Warszawa.
3. BORECKI T., KECZYŃSKI A.; 1992. Atlas ubytku aparatu asymilacyjnego drzew leśnych, Wyd. Agencja Reklamowa „Atut”, wydano dla Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych.
4. BROGOWSKI Z., ZAGÓRSKI Z., CZARNOWSKA K., CHOJNICKI J., PRACZ J.; 2000. Wpływ stresu solnego na stan chemiczny liści drzew z terenu miasta Łodzi. Rocz. Glebozn. 51, 1/2: 17-28.
5. CIEŚLA W., DĄBKOWSKA-NASKRĘT H.; 1984. Właściwości zasolonych gleb w sąsiedztwie Janikowskich Zakładów Sodowych na Kujawach. Rocz. Glebozn. 35,2: 139-150.
6. CZAPOWSKI G., TOMASSI-MORAWIEC H., TADYCH J., GRZYBOWSKI Ł., SZTYRAK T.; 2009. Geochemia bromu i wykształcenie utworów solnych cechsztynu w wybranych otworach wiertniczych w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia. Geologia 35, 3: 287-305.
7. DROGOWSKI J., TADYCH J.; 2006. Budowa geologiczna i zagospodarowanie wysadów solnych „Mogilno I” i „Góra” – stan aktualny i perspektywy. Przegl.Geol. 54, 4: 306.
8. HULISZ P.; 2007. Wybrane aspekty badań gleb zasolonych w Polsce. SOP, Toruń.

9. HULISZ P., PIERNIK A.; 2013. Soils affected by soda industry in Inowrocław. [w:] Charzyński P., Hulisz P., Bednarek R. (red.). Technogenic soils of Poland. Polish Society of Soil Science, Toruń: 125-140.
10. JACKSON M. L.; 1958. Soil chemical analysis. Constable Ltd., London.
11. KASZUBKIEWICZ J., PORA E., CUSKE M., MUSZTYFAGA E.; 2014. Przebieg zmian zasolenia w glebach zalanych wodami nadosadowymi ze zbiornika odpadów poflotacyjnych Żelazny Most.
12. KONDRACKI J.; 2009. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
13. KWASOWSKI W., CZYŻ M.; 2011. Reaction of lime trees (*Tilia* sp.) growing along the Żwirki i Wigury Street in Warsaw on soil salinity caused by chemical technology of snow removal. Ecol. Quest. 14: 81-83.
14. MAPA GLEBOWO-ROLNICZA W SKALI 1:25 000, arkusz Radojewice; 1968.
15. VAN REEUWIJK L.P. (red.); 2002. Procedures for soil analysis. ISRIC, Wageningen.
16. RICHARDS L. A. (red.); 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agriculture Handbook No. 60, USDA, Washington.
17. RYTELEWSKI J., PRZEDWOJSKI J., NIKLEWSKA A.; 1993. Przyczyny powstawania gleb zasolonych na Kujawach. Acta Acad. Agricult. Techn. Olst. 56: 111-120.
18. WILKOŃ-MICHALSKA J.; 1963. Halofity Kujaw. Stud. Soc. Sc. Tor., Toruń.
19. SIUTA J.; 1995. Gleba – diagnozowanie stanu i zagrożenia. IOŚ, Warszawa.
20. SYSTEMATYKA GLEB POLSKI; 2011. Roczn. Glebozn. 52, 3.

**INFLUENCE OF SALT DRILLING OPERATION ON SOIL  
PROPERTIES AND THE STATE OF HEALTH OF TREES  
IN THE AREA OF THE SALT MINE „SOLINO” SA  
IN GÓRA NEAR INOWROCŁAW**

*S u m m a r y*

*This paper aimed at analysing the influence of salt drilling operation on soil properties and the state of health of trees. The study was conducted in the area of the salt mine in Góra near Inowrocław (north-central Poland). Due to the impact of aerosols, the high salt accumulation in soils in the 50 m zone around the drilling site was stated. However, the  $EC_e$  values, showed no relation with the distance from that site. It could suggest seasonal influence of shallow saline ground water. The salt drilling operation contributed to the deterioration of the health condition of trees*

---

*in the immediate vicinity of the borehole. Most trees were characterized by loss of assimilation apparatus from 26% to as much as over 60% (degree of damage to the medium and strong). The content of Na and Cl in the leaves and twigs of trees growing nearest the drilling site was several times higher than recorded in the reference area.*

Key words: soil salinity, NaCl, salt stress, salt dome, salt mining