



**OCENA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH METALI CIĘŻKICH
W GLEBACH STRZELNIC**
***EVALUATION OF CONTENT OF SELECTED HEAVY METALS
IN SOILS OF SHOOTING RANGES***

Piotr TRADECKI, Wojciech PAŁKA

Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia, ul. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
Military Institute of Armament Technology, 7 Wyszyński St., 05-220 Zielonka, Poland
Author's e-mail address: tradeckip@witu.mil.pl.; ORCID: 0000-0002-7896-7516

DOI 10.5604/01.3001.0015.6782

Streszczenie: W artykule przeprowadzono analizy gleb na terenach strzelnic otwartych pod względem zanieczyszczeń w postaci wybranych metali ciężkich. Badane próbki pochodziły z wyłączonych z eksploatacji strzelnic zlokalizowanych na terenach gminy Włocławek. W toku badań zrealizowano oznaczenia zawartości następujących pierwiastków: Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Co, Fe, As. Dokonano również charakterystyki badanych lokalizacji oraz oceny pobranych próbek gleb zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi. Badania potwierdzają zależność zachodzącą pomiędzy oddziaływaniem prowadzonych zajęć strzeleckich, a stopniem akumulacji wybranych pierwiastków metali ciężkich w glebie otwartych strzelnic. Oznaczenia dowodzą, że stanowi to niekiedy bardzo złożone zagadnienie, które zbagatelizowane może w przyszłości spowodować poważne zagrożenie.

Słowa kluczowe: metale ciężkie, strzelnica, ołów, rozporządzenie REACH, przemysł obronny

1. Wstęp

Poligony, strzelnice i place ćwiczeń nale-

Abstract: The paper describes analyses of soils taken from open shooting ranges to find pollutants in the form of selected heavy metals. Test samples were taken from closed shooting ranges located in Włocławek commune. During the investigations the content of following elements was identified: Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Co, Fe, As. The characterization of investigated localizations was also made with evaluation of samples of soils according to the Regulation of the Minister of Environment from 01 September, 2016 on the assessment of ground surface pollution. Studies confirm the relationship occurring between the effects of carried out shooting activities and the degree of accumulation of selected heavy metals elements in the soil of open shooting ranges. Indications show that this is sometimes a very complex issue and if neglected it can cause in the future a serious threat.

Keywords: heavy metals, shooting range, lead, REACH regulation, defence industry

1. Introduction

Training ranges, firing ranges, and

ży zaliczyć do terenów o zwiększonym ryzyku zagrożeń ekologicznych. Siły Zbrojne dbają o środowisko naturalne nie tylko z uwagi na obowiązujące przepisy prawne, ale również ze względu na rosnącą świadomość powodowanych przez siebie szkód.

Strzelnicą garnizonową określaną jest obiekt budowlany położony na obszarze garnizonu wojskowego, wyposażony w stałe budowle zabezpieczające i trwale oznaczone linie otwarcia ognia i celów, którego strefa strzelań nie jest całkowicie zakryta lub zadaszona, przeznaczony do strzelania z małokalibrowej broni osobistej, indywidualnej oraz zespołowej, a także z broni pokładowej wozów bojowych, z wykorzystaniem amunicji karabinowej o kalibrze nie większym niż 7,62 mm i amunicji pistoletowej o kalibrze nie większym niż 9 mm, wystrzeliwanej z prędkością początkową nie większą niż 1000 m/s i energią początkową nie większą niż 3800 J [1].

Wiele form szkolenia wojskowego może mieć negatywny wpływ na środowisko poprzez hałas, ruch ciężkich pojazdów, promieniowanie elektromagnetyczne radiostacji i stacji radiolokacyjnych, zanieczyszczenia materiałami pędnymi i smarami oraz amunicją. Z drugiej strony obszary te, z racji ograniczonego dostępu osób postronnych, są dobrze chronione. „Regulamin Ogólny Sił Zbrojnych RP” nakłada na dowódców jednostek wojskowych obowiązek zorganizowania w nich systemu ochrony środowiska. Objawia się to dążeniem do zachowania niezbędnej równowagi między wymaganiami środowiska a kompleksową realizacją wszystkich zagadnień związanych z funkcjonowaniem wojska. O tym, że jest to możliwe i nie budzi wątpliwości, świadczy świadomość ekologiczna i zaangażowanie żołnierzy i pracowników wojska w rozwiązywanie wyżej wymienionych problemów środowiskowych [2].

Zapewnienie życia w czystym środowisku

training areas have to be classified as places of increased ecological risk. Armed Forces take care with the natural environment not only due to binding legal regulations, but due to increased awareness of damages caused by them, as well.

The garrison firing range is a construction compound, located in the area of the military garrison, equipped with stationary protecting buildings and with the firmly marked lines for opening the fire and for targets, with the firing sector which is not completely covered, and designed for firing with small arms of personal, individual, or team character, and also with the onboard guns of the combat vehicles by using rifle ammunition below 7.62 mm and pistol ammunition below 9.0 mm fired with the muzzle velocity below 1000 m/s and initial energy below 3800 J [1].

Some forms of military training may have a negative impact into the environment by the noise, movement of heavy vehicles, electromagnetic radiation of radio transmitters and radars, and pollution by propelling materials, grease, and ammunition. On the other hand these areas are well protected as the access of outside persons is restricted. „General Regulation of the Polish Armed Forces” puts an obligation on the commanders of military units to organise a system of environmental protection. It illustrates a tendency for balancing the requirements of the environment and the complex execution of all questions connected with the military activities. The ecological awareness, and engagement of soldiers and civilians working for the army to solve the above mentioned environmental questions, can be used as a proof that it is possible, nor it arouses any doubts [2].

One of human rights is the living in a clean environment and it has to be stressed

sku to jedno z praw człowieka, które wymaga podkreślenia z uwagi na ciągle wzrastającą świadomość ekologiczną społeczeństwa, w tym także wojska.

Świadomość na temat zagrożeń, jakie generują substancje toksyczne zarówno w fazie produkcji uzbrojenia, jego użytkowania, jak i szkód środowiskowych wynikających z jego użytkowania jest obecna w instytucjach Unii Europejskiej, w tym tych zaangażowanych w badania i rozwój nowych systemów uzbrojenia i harmonizację współpracy przemysłowej.

Rzeczywiste oddziaływanie i wpływ na lokalne środowisko prowadzonych ćwiczeń w strzelaniu oraz pozostawionych na terenie strzelnic licznych zużytych środków walki jest praktycznie nieznan.

Termin metale ciężkie nie jest ściśle zdefiniowany. W naukach biologicznych pojęcie to używane jest często w odniesieniu do pierwiastków metalicznych oraz metaloidów odznaczających się toksycznością dla środowiska, w tym szczególnie dla człowieka. Jedną z szerzej akceptowanych definicji określa metale ciężkie jako pierwiastki metaliczne i metaloidy o liczbie atomowej wyższej niż 20 i gęstości większej niż $4,5\text{g/cm}^3$. Zgodnie z tak przyjętą definicją możemy wyróżnić ok. 65 metali ciężkich. Najbardziej znanymi pierwiastkami tej grupy są: As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn. Spośród wymienionych jedne są mikroelementami – pierwiastkami niezbędnymi do życia dla organizmów żywych w niewielkich ilościach (np. Cr, Zn, Cu), inne zaś są szkodliwe dla organizmów, niezależnie od stężenia, gdyż zaburzają podstawowe procesy metaboliczne (np. Cd, Hg, Pb) [6,7]. W dalszej części zaprezentowano w bardziej szczegółowy sposób pierwiastki, którym w toku prowadzonych badań poświęcono największą uwagę.

as the ecological awareness of the society and the servicemen has been constantly increasing.

The consciousness of threats generated by toxic materials both in the phase of production and the use of weapon systems, and the environmental damages caused by its use, is present in the institutions of the European Union which among others are engaged in research and development of new weapon systems and the harmonisation of industrial cooperation.

The real influence and impact of shooting training activities, and used combat assets left on the area of firing ranges, on the local environment is unknown.

The term of heavy metals is not defined precisely. In biologic sciences the term is often used for metallic elements and metalloids which are toxic for the environment, and especially for people. One of definitions, which is widely accepted, reads that the heavy metals are the metallic elements and metalloids with the atomic number above 20 and density greater than 4.5g/cm^3 . According to this definition we can distinguish ca. 65 heavy metals. The most known elements of this group are: As, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Zn. Among those listed above the ones are the microelements indispensable for life of living organisms in small quantities (e.g. Cr, Zn, Cu), whereas the others are harmful for the organisms independently of their concentration as they disturb the basic metabolic processes (e.g. Cd, Hg, Pb) [6,7]. The next chapters discuss the details of elements which were investigated more thoroughly.

The lead is always toxic for animals and people. When the diet is poor of mineral components, and rich of fats, the biological absorption of this metal increases. The

Ołów jest zawsze toksyczny dla zwierząt i człowieka. Przy diecie ubogiej w składniki mineralne, a bogatej w tłuszcze, wzrasta biologiczna absorpcja tego metalu. Występowanie w tkankach ołowiu niezwiązanego powoduje poważne zakłócenia metabolizmu, gdyż ogranicza aktywność enzymów, zwłaszcza tych, które biorą udział w przemianach tłuszczów, a także blokuje syntezę hemoglobiny. Przy długotrwałym narażeniu na działanie ołowiu może on powodować zaburzenia w funkcjonowaniu nerek i wątroby. Ołów ma również szkodliwy wpływ na centralny i obwodowy układ nerwowy (np. encefalopatia ołowicza), układ pokarmowy i naczyniowo-ruchowy, narządy rozrodcze. Nagromadzony w komórkach organizmów żywych początkowo nie powoduje on objawów zatrucia. Przejście od stanu braku toksyczności do zmian patologicznych jest stopniowe. Wydaje się, że ołów odgrywa minimalną rolę w procesach życiowych roślin i zwierząt [8, 9, 10, 11].

Arsen (As^0) jest metaloidem nieszkodliwym, natomiast jego związki nieorganiczne (szczególnie As^{3+} , w mniejszym stopniu As^{5+}), w porównaniu do organicznych, są ok. 100-krotnie bardziej toksyczne. Do związków tego pierwiastka szczególnie niebezpiecznych dla zdrowia należą arsenik i arsenowodór.

Bardzo niebezpieczna dla człowieka jest długotrwała ekspozycja na niewielkie dawki arsenu, która może powodować wystąpienie raka skóry, pęcherza moczowego, płuc i prostaty oraz przyczynić się do rozwoju chorób mięśniowo-naczyniowych, cukrzycy, anemii [8, 9, 10]. W organizmach człowieka i ssaków związki nieorganiczne arsenu wywołują koagulację białka, tworząc z koenzymami kompleksy ograniczające wytwarzanie adenosynotrójfosforanu (ATP) w ważnych procesach fosforylacji. Związki te są kancerogenne i powodują nowotwory układu oddechowego i skóry. W niewielkich dawkach omawiany

presence of unbounded lead in tissues causes serious disturbances of metabolism as it limits the activity of enzymes, and especially those which participate in processing of fats, and it also blocks the synthesis of haemoglobin. The long term exposition against the action of lead may cause the functional disturbances of kidneys and liver. The lead has also a harmful effect on the central and peripheral nervous system (e.g. the leaden encephalopathy), and the digesting and motion-vessel systems, and the reproductive organs. When accumulated in the cells of living organisms it does not cause at the beginning any symptoms of intoxication. There is a gradual transition from the state of lack of toxicity to pathological changes. It seems that the lead plays a minimal role in the life processes of plants and animals [8, 9, 10, 11].

Arsenic (As^0) is an unarmful metalloid, but its nonorganic compounds (especially As^{3+} , and in less degree As^{5+}) are ca. 100-times more dangerous than the organic ones. The arsenic and arsenic-hydrogen belong to extremely dangerous compounds for the health.

A long term exposition on small doses of arsenic is very dangerous for people, and it may cause the cancer diseases of skin, urine bladder, lungs and prostate, and contribute to development of muscle-vessel illnesses and other ones such as diabetes and anaemia [8, 9, 10]. In organisms of human beings and mammals the nonorganic compounds of arsenic cause the coagulation of proteins creating with the coenzymes the complexes which limit the production of adenosine-three-phosphate (ATP) in important processes of phosphorylation. These compounds are cancerogenic and cause cancers of breathing system and skin. The discussed element stimulates the pro-

pierwiastek pobudza wytwarzanie hemoglobiny oraz przyrost wagi. Dzienna dawka arsenu w wysokości $750 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ jest toksyczna dla organizmu człowieka [8, 9, 10, 11].

2. Metodyka badań i procedura badawcza

Celem przeprowadzonych badań było scharakteryzowanie i ocena stopnia zanieczyszczenia pod względem zawartości wybranych metali ciężkich gleb wyłączonych z eksploatacji strzelnic na przykładzie wybranych obiektów byłego garnizonu Włocławek.

Dwa stanowiska poboru prób zrealizowano w dzielnicy Mielęcín, które pokrywają się ze Strefą strzelań I oraz Strefą strzelań II byłej strzelnicy zlokalizowanej przy Zakładzie Karnym. Trzecie stanowisko zaś w dzielnicy Grzywno na dawnej strzelnicy wykorzystywanej głównie przez armię carską oraz Wojsko Polskie w okresie dwudziestolecia międzywojennego.

Na podstawie przekazów i analizy pozyskanych dokumentów, ustalono szacunkowy okres użytkowania strzelnic, z których próby gleb zostały wykorzystane w procesie badawczym. Strzelnica na terenie Grzywna istniała łącznie ok. 55 lat i zaprzestano na niej działalności ok. 80 lat temu. W przypadku strzelnicy znajdującej się w Mielęcín mamy do czynienia z okresem użytkowania wynoszącym ok. 40 lat i zakończeniem intensywnej działalności ok. 15 lat temu.

Celem dodatkowym podjętej analizy jest ukazanie niektórych konsekwencji, jakie wynikają ze skażenia środowiska dla krajowego przemysłu obronnego oraz zarysowanie możliwych sposobów postępowania.

Próbki gleby do badań pobrano ze stanowisk w dniu 03.05.2019 r., przy temperaturze powietrza ok. 12°C , braku opadów oraz dużym zachmurzeniu. Zgodnie § 3. Rozporzą-

duction of haemoglobin and increase of weight. Daily ration of arsenic in amount of $750 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ is toxic for the human organism [8, 9, 10, 11].

2. Methodology and Procedure of Investigations

Investigations were carried out to characterise and evaluate a degree of soil contamination by selected heavy metals in shooting ranges with terminated activities on examples of some selected compounds of the former garrison in Włocławek.

Two sites for collecting the samples were prepared in quarter Mielęcín and they comply with the firing Zone I and firing zone II of former shooting range localised at the Detention Compound. The third site was in quarter Grzywno on the former shooting range used by the tsar army and later by the Polish Army in the interwar period.

Basing on relations and analyses of acquired documents the time of use was estimated for the shooting ranges from which the samples of soil were taken for investigation. The shooting range in Grzywno existed ca. 55 years and its operation was stopped ca. 80 years ago. In the case of Mielęcín's shooting range the time of operation was ca. 40 years and it ended its intense operation ca. 15 years ago.

An additional objective of the analysis is to show some consequences of contamination of the environment for the national defence industry, and to picture possible directions of actions.

Samples of the soil were taken from the testing sites on 03 May, 2019 at temperature of ca. 12°C , and at intense clouds, without rain. According to § 3 of the disposition of the Minister of Environment dated

dzenia Ministra Środowiska dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, lokalizacje, z których pobierano próbki zalicza się do grupy gruntów III tj. lasy, oznaczone symbolem „Ls” [3].

Zwrócono szczególną uwagę na zachowanie reprezentatywnego sposobu ich pobierania. Próbki gleb pobierano z miejsc podyktowanych również przez dystans na jakim ćwiczone strzelanie w danej lokalizacji i stałej głębokości tj. 0,25 m. Przyjęto metodę pobrania próby tzw. zerowej (z punktu początkowego – miejsca oddawania strzału do celu, zwany inaczej rubieżą ogniową), trzech prób ze strefy strzelań oraz jednej z kulochwyty głównego. Pozwoliło to na właściwe podejście do spodziewanego zróżnicowania zawartości wybranych zanieczyszczeń metali ciężkich w badanych próbach. Pobrany materiał oceniano na bieżąco okiem nieuzbrojonym, co pozwoliło już na początkowym etapie stwierdzić obecność antropogenicznych tworów w postaci m.in. pocisków i łusek pochodzących z amunicji zróżnicowanych kalibrów. Łącznie skierowano do analizy laboratoryjnej próbki z 15 punktów (po 5 z danej lokalizacji).

Próbki gleb po wysuszeniu w laboratorium, przesiano przez sito nylonowe o średnicy oczek 2 mm. W ten sposób usunięto z próbek duże obiekty, jak liście, patyki czy kamyki, a uzyskany materiał wykazywał dużą jednorodność.

Wysuszone próbki gleby mielono w ciągu 5 minut w młynku wibracyjnym z misą korundową. Zhomogenizowane próbki przechowywano w szczelnych plastikowych opakowaniach. Celem uniknięcia ich zniszczenia oraz zabrudzenia zostały zabezpieczone w ciepłym i suchym miejscu. Następnie próbki gleb przeznaczone do analizy poddano mineralizacji. Proces ten polega na rozkładzie i utlenieniu związków organicznych zawartych w próbce i przeprowadzeniu pozostałych składników do

on 01 September, 2016 on methods for assessment of the soil surface, the localisations where the samples were taken fall into the category of grounds of the III-rd class, i.e. forests, and are designated by „Ls” [3].

Special attention was paid to preserve a representative method of the sampling. The places from which samples of soil were taken at the permanent depth of 0.25 m were also selected considering the range for which the shooting was trained in a specific localisation. A method was accepted for taking the so called base sample (from the original point where the firing line was placed), three samples from the firing sector and one sample from the main bullet trap. It secured an adequate approach to the expected differentiation in levels of heavy metals contamination in investigated samples. Taken material was first assessed by the unarmed eye what allowed to detect some anthropogenic objects like bullets or cases originating from ammunition of different calibres. In total the samples taken from 15 points (5 points for each localisation) were directed for laboratory tests.

Samples of soil were dried and sifted through a nylon sieve with diameter of holes 2 mm. In this way large objects, such as leaves, stones or sticks, were removed from the samples and the received material showed a relatively high homogeneity.

The dried samples of soil were ground within 5 minutes in a vibrating grinder with corundum bowl. Homogenised samples were kept in tight plastic bags. They were placed in a dry and warm place to protect them against damage and getting dirt. In the next step the soil samples were mineralised. The process is based on decomposition and oxidation of organic compounds included in the sample and preparing a solution of the remaining compounds.

roztworu.

Kolejnym etapem, było zakwalifikowanie przypuszczalnego historycznego zanieczyszczenia powierzchni ziemi w lokalizacjach, które podlegały oznaczeniu laboratoryjnemu. Jako przedmiotowe zanieczyszczenie rozumie się przez to zanieczyszczenie powierzchni ziemi, które zaistniało przed 30 kwietnia 2007 r.

Na podstawie analizy materiałów źródłowych uznano, że w procesie badawczym wykorzystywana jest gleba, która może zostać zakwalifikowana jako pochodząca z terenów powojaskowych [3].

Substancją powodująca ryzyko jest substancja stwarzająca zagrożenie i mieszanina stwarzająca zagrożenie należąca co najmniej do jednej z klas zagrożenia wymienionych w częściach 2-5 załącznika I do Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1272/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania substancji i mieszanin, zmieniającego i uchylającego dyrektywy 67/548/EWG i 1999/45/WE oraz zmieniającego rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 (Dz.Urz. UE L 353 z 31.12.2008, str. 1), w szczególności substancje wymienione w przepisach wykonawczych wydanych na podstawie art. 101a ust. 5 [3].

W toku prowadzonych prac przyjęto, że w przygotowanym do badań materiale oznaczone zostaną zawartości wybranych metali ciężkich tj. cynk (Zn), ołów (Pb), kadm (Cd), miedź (Cu), nikiel (Ni), kobalt (Co), żelazo (Fe) i arsen (As).

Większość tych pierwiastków odgrywa ważną rolę w procesach fizjologicznych organizmów. Przypuszczalne pojawienie się ich w koncentracjach toksycznych w środowisku zależy od wielu czynników fizykochemicznych i biologicznych, a przede wszystkim od złożonych interakcji geochemicznych zachodzących w systemach skały – gleby – wody – atmosfera – organizmy. Zachwianie delikatnej równowa-

In the next stage, in the sites designed for laboratory designations, the qualifications were made of assumed historical contaminations of the soil. Contamination of the ground surface which occurred before 30 April, 2007 is interpreted as the objective contamination.

Basing on the analysis of source materials it was agreed that the soil used in the investigations may be qualified as originating from the post-military terrains [3].

The substance which causes a risk is such one which creates a threat, and a composition creating a threat, belonging to one of threat categories listed in parts 2-5 of annex I to the Disposition of the European Parliament and Council (WE) nr 1272/2008 dated on 16 December, 2008 on classification, designation and packing for substances and mixtures which changed and cancelled directives 67/548/EWG and 1999/45/WE, and changed disposition (WE) nr 1907/2006 (law monitor of the EU L 353 from 31 December, 2008, page 1), and especially the substances listed in the executive regulations issued on the basis of art. 101a pos. 5 [3].

It was accepted during the work that contents of following selected heavy metals will be determined: zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu), nickel (Ni), cobalt (Co), iron (Fe) and arsenic (As).

Most of these elements has important role in physiological processes of organisms. They may appear presumably in the environment in toxic concentrations depending on many physicochemical and biological factors, and most of all on complex geochemical interactions occurring in the systems of rocks – soil – water – atmosphere – organisms. Destabilisation of the subtle geochemical balance in the natu-

gi geochemicznej w środowisku przyrodniczym zachodzi głównie pod wpływem czynników antropogenicznych. Metale ciężkie w środowisku przyrodniczym cechuje duża trwałość, wysoki poziom bioakumulacji, a wiele z nich również wysoka toksyczność. Doprowadzone do środowiska pozostają w nim i oddziałują przez długi okres ze względu na znikomy stopień degradacji. Metale ciężkie po przekroczeniu określonych zawartości mogą również działać toksycznie na organizmy [5].

ral environment is mainly caused by anthropogenic factors. The heavy metals show in the natural environment a high durability, a high level of bioaccumulation, and many of them also a high toxicity. After getting into the environment they stay there active for a long time due to their low degree of degradation. The heavy metals may also become toxic for organisms when the specific levels of their presence are exceeded [5].



Fot. 1. Sączenie próbek po mineralizacji
Photo 1. Straining the samples after mineralisation

Do pomiarów zawartości substancji powodujących ryzyko w glebie zastosowano metodykę instrumentalną wykorzystującą atomową spektrometrię absorpcyjną z atomizacją bezpłomieniową (ETAAS). Wykorzystana technika analityczna pozwala na oznaczenie zawartości wybranych pierwiastków chemicznych (głównie metali) w próbkach ciekłych, gazowych oraz stałych (m.in. gleb).

The instrumental methodology of atom absorption spectrometry with flameless atomisation (ETAAS) was used to measure the content of risky substances in the soil. The used analytical technique can determine the content of selected chemical elements (mainly metals) in the liquid, gaseous, and solid samples (above all the soils). The principle of measurement is

Zasada pomiaru opiera się na zjawisku absorpcji promieniowania o specyficznej długości fali przez wolne atomy pierwiastka. Zastosowanie atomowej spektrometrii absorpcyjnej jest bardzo szerokie - od ochrony środowiska, poprzez analizę składu, chemię sądową do szeroko pojętych badań biologicznych, biochemicznych i medycznych [5, 6].

W czasie procesu sączenia na gorąco, szczególnie widoczne była odmienność zabarwienia roztworów (odcienie barwy żółtej i żółto-pomarańczowej), świadczące o wyraźnym zróżnicowaniu żyzności badanych próbek gleb, pochodzących z poszczególnych stanowisk (fot. 1).

3. Wyniki badań

Podstawowym założeniem badań było oznaczenie zawartości wybranych uprzednio metali w pobranym materiale glebowym. Następnie dokonano porównania uzyskanych wyników, zgodnie z Załącznikiem nr 1 Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz. U. z 2016 r. poz. 1395.). Wytypowanie ewentualnych zależności pozwoliło na określenie stopnia zanieczyszczenia gleby w poszczególnych lokalizacjach. Wyniki badań zostały stabelaryzowane i usystematyzowane.

Próbki gleb ze względu na swój charakter fizyczny w postaci wyraźnego zanieczyszczenia materiałem organicznym oraz antropogenicznym nie nadawały się do bezpośredniej homogenizacji. Niezbędnym procesem było wyselekcjonowanie oraz ujednorodnienie materiału. Jego przygotowanie było jednym z newralgicznych etapów w pracach laboratoryjnych [12].

Dokonując wstępnej oceny próbek na etapie ich przygotowania, obserwowane było ich wyraźne zróżnicowanie. Można dostrzec

based on the effect of absorption of radiation with a specific wavelength by free atoms of an element. The atomic absorption spectrometry has wide applications starting from protection of environment, through the analysis of composition and criminal chemistry, to the significant range of tests in biological, biochemical, and medical domains [5, 6].

During the hot straining the variety of colours of the solutions was especially visible (hues of yellow and yellow-orange colours) what indicated for clear differentiation of fertility levels in tested samples of soil taken from particular sites (Photo 1).

3. Results of Tests

The tests were basically aimed to determine the content of previously selected metals in collected samples of soil. In the next step the received results were compared according to Annex No 1 to the Disposition of the Minister of Environment from 01 September, 2016 concerning the methods for assessment of contaminations on the surface of ground (Law Monitor from 2016, pos.1395.). Establishing of possible dependencies allowed for determination of soil contamination levels in particular sites. Results of tests were tabularised and systemised.

The samples of soils were not suitable for a direct homogenisation because of their physical character representing significant contamination by organic and anthropogenic material. Selection and unification of the material was a necessary process. Preparation of the material was one of key stages of laboratory investigations [12].

The clear differentiation of samples was observed at their preliminary assessment. There was a dependence observed between

zależność, jaka zachodzi pomiędzy wydobywaniem materiału pochodzenia antropogenicznego w zależności od odległości pomiędzy linią początkową strzelnicy a rodzajem prowadzonych zajęć strzeleckich.

Oznaczone zawartości wybranych metali w badanych próbach zostały umieszczone w tabeli 1 i zostały odniesione do dopuszczalnych wartości w grupie III gruntów.

Kolorem czerwonym zaznaczono wartości, które przekraczają dopuszczalne wartości, dodatkowo wskazano zakreśleniem koloru żółtego oznaczenia odstające od wartości normalnych dla gleb.

Analizując uzyskane wyniki, obserwuje się wyraźne zróżnicowanie poszczególnych wartości oznaczonych metali w próbach badanych gleb. Potwierdza się pierwotne założenie, iż w wytypowanych lokalizacjach, może dojść do wyraźnego przekroczenia dopuszczalnych ich wartości w grupie III gruntów. Dotyczy to ołowiu i miedzi.

Badania na tym etapie nie potwierdziły przekroczenia dopuszczalnych wartości na terenie strzelnicy w Grzywnie, gdzie jedynym zauważalnym trendem jest proporcjonalny wzrost zawartości poziomu żelaza wraz ze zwiększeniem dystansu od pozycji początkowej w kierunku kulochwytu głównego [13, 14]. W pobranych próbkach nie potwierdzono obecności jakichkolwiek materiałów pochodzenia antropogenicznego.

Teren dawnej strzelnicy nosi znamiona sukcesji wtórnej lasu, co pozwala przyjąć założenie, iż domniemane zanieczyszczenia mogą znajdować się w głębszych warstwach gruntu. Prawdopodobnie może być to spowodowane przemywaniem profilu gleby na danym obszarze w wyniku procesów płowień.

getting out the material of anthropogenic origin and the distance from the firing line of the shooting range, and the type of conducted training on shooting.

Determined contents of selected metals in investigated samples were put into the table 1, where they were compared to acceptable levels for the III-rd category of grounds.

The red colour indicates the values exceeding the acceptable levels, and the yellow colour additionally shows the values which differ from nominal levels in the soils.

The analysis of received results shows distinctive difference between determined levels of particular metals in the samples of investigated soils. The initial assumption of possible significant trespassing of their acceptable values in investigated sites for the III-rd category of grounds was confirmed. It refers to copper and lead.

Tests carried out at this stage have not confirmed any excessive values over the acceptable ones for the shooting range in Grzywno where was observed the only one trend in form of an increase of iron content along the increased distance from the original position towards the main bullet trap [13, 14]. The presence of any material of anthropogenic origin was not observed in the collected samples.

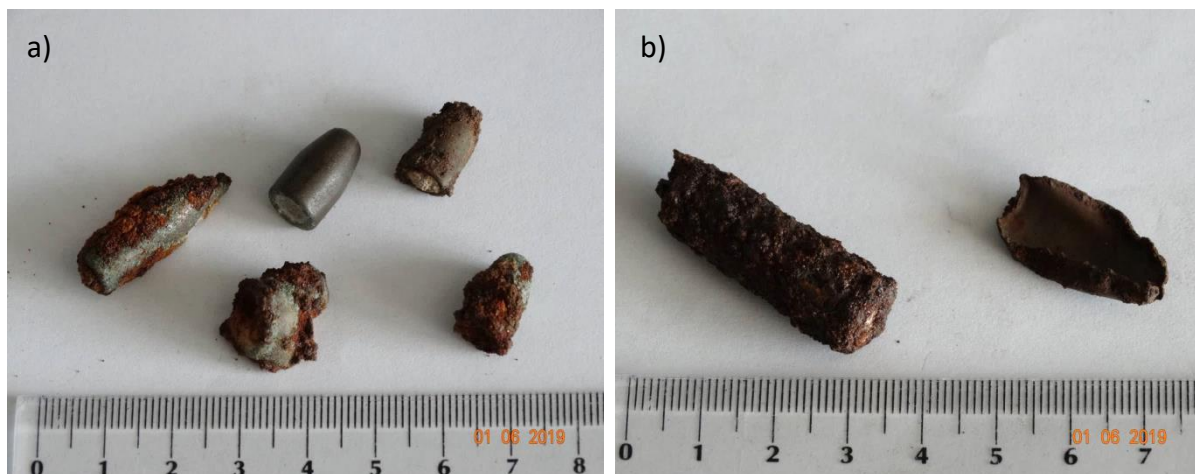
The area of former shooting range bears the signs of a secondary succession of forest, what allows the presumption that alleged contaminations would be found in deeper layers of the ground. It was probably caused by washing out the profile of soil at this area in result of fertility degradation processes.

Tabela nr 1 – Uzyskane wyniki oznaczeń metali ciężkich
 Table 1 – Received results of measurements for heavy metals

Strzelnica przy Zakładzie Karnym we Włocławku – strefa I / Shooting range at Detention Compounds in Włocławek – I zone										
	Nr kolby / No. Vessel	Masa próbki / Mass of the sample (g)	Zn (1000)	Pb (500)	Cd (10)	Cu (300)	Ni (300)	Co (100)	Fe	As (50)
			mg/kg							
Stanowisko / Position I – 1”0”	1	1,022	15,66	10,76	0,29	6,16	3,91	4,89	2332,68	0,28
Stanowisko / Position I I – 2	2	1,006	146,12	82,5	0,7	1254,47	3,98	2,98	10656,06	4,88
Stanowisko / Position I I – 3	3	1,004	39,84	24,9	0,71	27,89	4,98	2,99	6693,23	0,84
Stanowisko / Position I – 4	4	1,007	21,85	14,89	0,5	13,21	6,95	3,97	2853,03	0,27
Stanowisko / Position I – 5	5	1,006	24,85	19,88	0,6	7,55	3,98	2,98	2638,17	0,77
Strzelnica przy Zakładzie Karnym we Włocławku – strefa II / Shooting range at Detention Compounds in Włocławek – II zone										
	Nr kolby / No. Vessel	Masa próbki / Mass of the sample (g)	Zn (1000)	Pb (500)	Cd (10)	Cu (300)	Ni (300)	Co (100)	Fe	As (50)
			mg/kg							
Stanowisko / Position II – 1”0”	6	1,004	21,91	18,92	0,23	4,38	2,99	3,98	2012,95	0,11
Stanowisko / Position II – 2	7	1,003	693,92	135,59	0,61	3070,78	64,81	10,97	26809,57	1,82
Stanowisko / Position II – 3	8	1,014	24,65	2583,83	0,59	79,88	8,88	3,94	8067,06	1,04
Stanowisko / Position II – 4	9	1,002	17,96	25,95	0,69	11,08	2,98	4,99	2698,6	0,11
Stanowisko / Position II – 5	10	1,004	296,81	4223,11	1,19	2462,15	38,86	8,96	25378,49	0,18
Strzelnica Grzywno / Shooting range at Grzywno										
	Nr kolby / No. Vessel	Masa próbki / Mass of the sample (g)	Zn (1000)	Pb (500)	Cd (10)	Cu (300)	Ni (300)	Co (100)	Fe	As (50)
			mg/kg							
Stanowisko / Position III – 1”0”	11	1,006	10,93	8,95	0,11	2,09	1,99	1,98	2047,71	0,11
Stanowisko / Position III – 2	12	1,01	29,7	10,89	0,3	2,57	4,95	1,97	1995,05	0,11
Stanowisko / Position III – 3	13	1,015	24,63	21,67	0,29	2,36	3,94	2,96	2184,24	0,12
Stanowisko / Position III – 4	14	1,016	21,65	15,75	0,59	2,95	1,96	5,91	2856,29	0,1
Stanowisko / Position III – 5	15	1,007	25,82	24,83	0,49	9,81	2,98	3,97	3612,71	0,18
W nawiasach podano dopuszczalne wartości w grupie III gruntów, według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni Ziemi (Dz. U. z 2016 r. poz. 1395). In the brackets are given the acceptable values for III-rd group of grounds according to the Disposition of the Minister of Environment from 01 September, 2016 concerning the methods for assessment of contaminations on the surface of ground (Law Monitor from 2016, pos. 139).										

Zupełnie inna sytuacja ma miejsce na terenie strzelnicy w Mielęcinie, gdzie już na etapie pobierania prób z poszczególnych miejsc znaleziono dowody świadczące o obecności człowieka np. pociski, fragmenty łusek itp. (fot. 2a i 2b).

Just opposite situation is in the area of shooting range in Mielęcin where the proofs of human presence were found even at the stage of collecting the samples e.g. bullets, fragments of cases, etc. (Photo 2a and 2b).



Fot. 2. Pociski znalezione w próbie pobranej w strefie strzelań II Strzelnicy w Mielęcinie:

a) 140 m – kulochwyt główny (próba nr 5); b) linia początkowa (próba nr 1)

Photo 2. Bullets found in the sample taken in the II-nd firing zone at Mielęcin Shooting Range:

a) 140 m – the main bullet trap (sample nr 5); b) firing line (sample nr 1)

Znalezione przedmioty są materiałem świadczącym o charakterze działalności prowadzonej na terenie strzelnicy w Mielęcinie. Każde znalezisko znajdowało się w glebie co najmniej kilkanaście lat.

Wydobyte przedmioty noszą liczne ślady korozji zachodzącej pod wpływem oddziaływania warunków atmosferycznych oraz środowiska glebowego. Z racji znalezienia artefaktów pod poziomem gruntu, należy wskazać w tym przypadku skutki działania zjawiska podlegającego na korozji glebowej, gdzie im wyższy poziom wilgoci oraz im niższe pH i im więcej w glebie rozpuszczonych soli mineralnych, tym szybciej zachodzi proces korozji. Czynnikiem sprzyjającym korozji glebowej jest także wysoka przewodność elektryczna podłoża. Interesującym jest również fakt, że przedmioty znalezione w piaszczystych warstwach profilu glebowego, wykazują wyraźnie większy stopień korozji

The collected objects can be a proof of activities conducted in the area of the shooting range in Mielęcin. Each found object was in the soil at least for a dozen of years.

The picked up objects have numerous traces of corrosion caused by action of atmospheric conditions and soil environment. Because the artefacts were found under the surface of the ground then in this case we can say about the effects of soil corrosion running with greater speed at higher humidity, and at lower pH levels, and at higher concentration of dissolved mineral salts. A high electric conductivity of the ground increases the corrosion in the soil, as well. An interesting fact is that the objects found in the sandy layers of the soil profile indicate significantly greater level of corrosion caused by its greater airing. The occurred

spowodowany wzrostem napowietrzenia tej warstwy. Proces korozji, który zaszedł, niewątpliwie przyczynił się do uwolnienia pierwiastków metali ciężkich, jakie zostały oznaczone w badanych próbkach gleb.

W toku badań potwierdzono znaczne przekroczenie zawartości ołowiu i miedzi na terenie strzelnicy w Mielęcinie. Dodatkowo, uwidoczniła się tu również analogiczna zależność, jak na strzelnicy w Grzywnie (choć na znacznie wyższym poziomie) dotycząca zaobserwowanego poziomu żelaza. W 4 próbach stwierdzono zauważalny wzrost od wartości normalnej cynku, odnotowano również punktowe podwyższenie poziomu niklu, kobaltu oraz arsenu. Na szczególną uwagę zasługują tutaj anomalie w postaci ponadnormatywnych przekroczeń poziomu miedzi w strefie strzelań I oraz ołowiu i miedzi w strefie strzelań II.

Zawartość danego metalu ciężkiego w glebie nie jest wystarczającym kryterium do oceny tzw. biodostępności danego pierwiastka. Dokonana ocena ma niebagatelne znaczenie przy oszacowaniu ilości toksykanta, który może włączyć się w obieg biogeochemiczny, a tym samym może trafić do ewentualnego konsumenta ostatecznego jakim jest człowiek [9].

Zgodnie z § 5. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 4 kwietnia 2000 r. w sprawie wymagań w zakresie ochrony środowiska dotyczących budowy i użytkowania strzelnic (Dz. U. z 2000 r. Nr 27, poz. 341.), w zależności od głębokości zwierciadła wód gruntowych w danej glebie, należy wierzchnią warstwę ziemi na obszarze strzelnicy okresowo oczyszczać z pocisków. Uważa się, że obiekty te są oczyszczone z pocisków ołowianych, jeżeli zostanie usunięte 80% ołowiu wprowadzonego do gleby w wyniku wykonywanych strzelań. W rejonach upadku pocisków należy utrzymywać odczyn gleby zbliżony do neutralnego, o wartościach pH zawartych w przedzia-

procesach korozji niewątpliwie przyczynił się do uwolnienia pierwiastków metali ciężkich, jakie zostały oznaczone w badanych próbkach gleb.

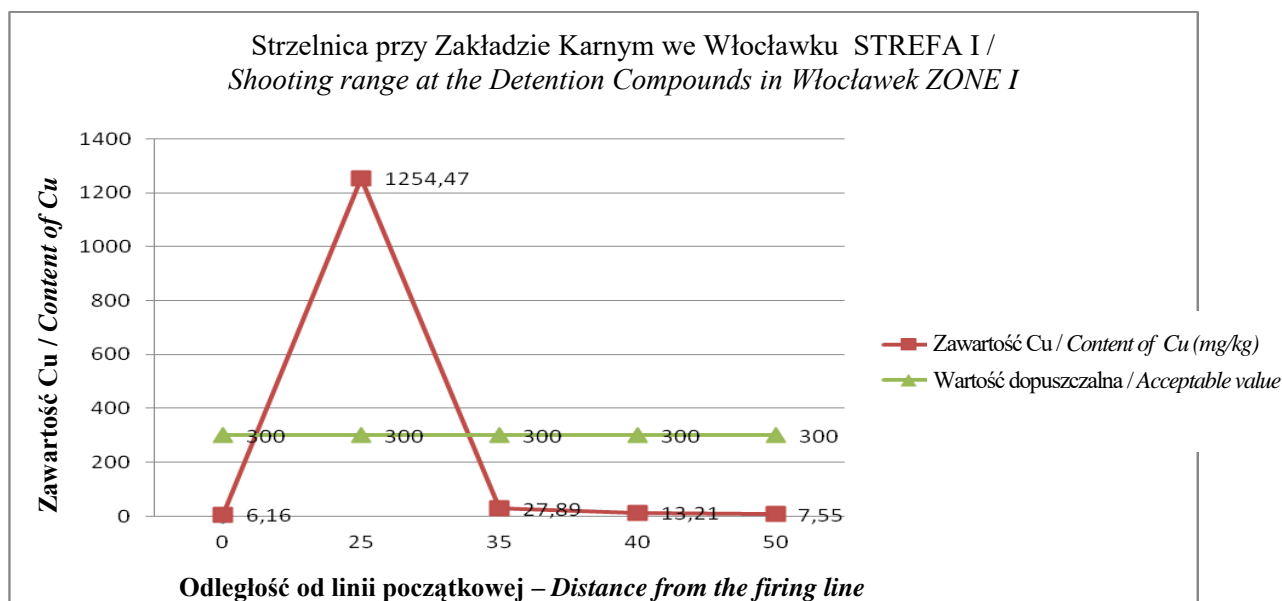
Significantly excessive levels of the lead and copper were stated during the investigations in Mielęcin shooting range. Additionally, the identical dependence as in Grzywno shooting range was visible here (but at a higher level) regarding the observed levels of iron. In 4 samples a noticeable increase of zinc level was stated, and at some points increased levels of nickel, cobalt and arsenic were noted, as well. A special attention has to be paid here to anomalies represented by over nominal excessive levels of copper in the firing zone I, and lead and copper in the firing zone II.

The content of a specific heavy element in the soil is not a sufficient criterium for evaluation of so called bio-accessibility of the element. Performed evaluation is important at estimation of toxicant concentration which can engage into a biochemical circulation, and which finally can hit a potential consumer such as the human being [9].

According to § 5 of the Disposition of the Minister of Environment from 04 April, 2000 on requirements for protection of the environment concerning the design and use of shooting ranges (Law Monitor from 2000, Nr 27, pos. 341.), the top layer of ground has to be periodically cleaned out from bullets depending on the depth of ground water upper layer. It is assumed that these compounds are cleaned from the lead bullets if 80% of the lead incorporated into the soil at firings will be removed. In the areas where the bullets were falling the reaction of the soil has to be kept at neutral range, with pH values included in the interval from 6.5 to 8.5. It means that the effi-

le od 6,5 do 8,5. Oznacza to, że wątpliwa jest skuteczność rekultywacji tego terenu [15, 16].

ciency of any recultivation of this terrain is doubtful [15, 16].



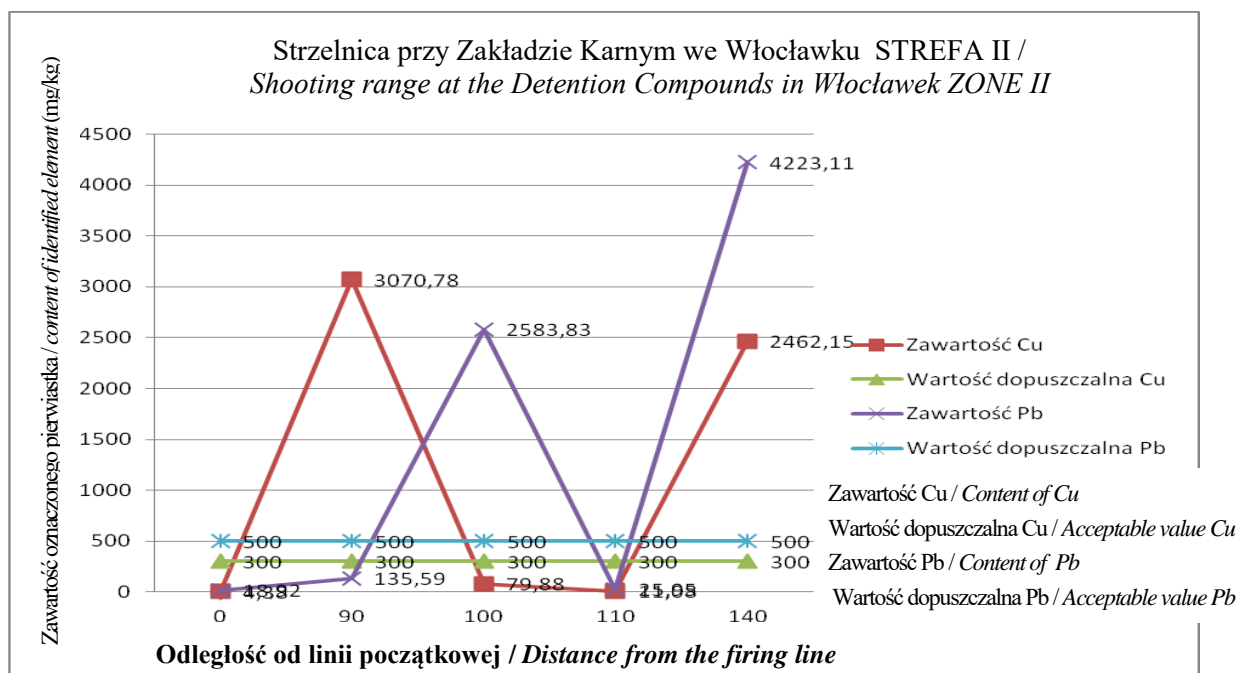
Rys. 1. Uzyskane wyniki zawartości miedzi w strefie strzelań I
Fig. 1. Received results of copper concentration for the firing zone I

W strefie strzelań I obserwuje się wzrost poziomu zawartości miedzi wynoszący ponad 4-krotną wartość dopuszczalną w klasie gruntów III. Stan ten jest spowodowany tym, że na 25 m, licząc od linii początkowej strzelnicy, znajdowała się we wskazanym miejscu tzw. linia celów. Znajdowały się tam stanowiska tarcz, do których prowadzono ogień z małokalibrowej broni osobistej.

Dokonując analizy jedyne go skoku wartości arsenu (4,88 mg/kg), w porównaniu do innych badanych prób z całej strzelnicy w Mielęcinie, można wytłumaczyć to zwiększoną kumulacją pocisków pochodzących z naboju typu 9 × 18 mm Makarowa, których ołowiany rdzeń zawiera dodatek arsenu. Pomocnicza również w tym wypadku może okazać się oznaczona na przedmiotowym dystansie 25 m wartość żelaza, wynosząca 10656,06 mg/kg.

In the firing zone I the concentration of copper is more than 4 times greater than acceptable for the III-rd class of grounds. It was caused by the fact that the targets were placed at 25 m counting from the firing line. The targets were hit by the bullets of individual small arms.

Analyses of one surge of arsenic concentration (4.88 mg/kg) in comparison to other samples investigated in the shooting range in Mielęcin suggest that it may be explained by an increased presence of rounds originating from ammunition 9 × 18 mm Makarow, having a lead core doped with arsenic. In this case the content of iron determined at the mentioned distance of 25 m could be helpful, as well, as it was 10656.06 mg/kg.



Rys. 2. Uzyskane wyniki zawartości miedzi i ołowiu w strefie II

Fig. 2. Received results of copper and lead concentration for the firing zone II

Gleby pobrane w strefie strzelań II strzelnicy wykazują głównie przekroczenie poziomu zawartości miedzi i ołowiu dopuszczalną w klasie III gruntów, łącznie w 3 stanowiskach. Obserwuje się to na następującym dystansie od linii początkowej strefy:

- 90 m – ponad 10-krotne przekroczenie dopuszczalnej wartości miedzi;
- 100 m – ponad 5-krotne przekroczenie dopuszczalne wartości ołowiu;
- 140 m (kulochwyt główny) – ponad 8-krotnie dopuszczalnej wartości zarówno ołowiu, jak i miedzi.

Punkty kumulacji ołowiu na 100 m i miedzi na 90 m wynikają z obecności pocisków, których naboje prawdopodobnie posiadały zanieczyszczone ładunki miotające, co skutkuje spadkiem parametrów tj. ciśnienia i prędkości początkowej i może powodować tzw. niedoloty podczas strzelań.

The soils taken in the firing zone II of the shooting range show mainly the excessive levels of copper and lead above the acceptable ones for the III-rd class of grounds noted in 3 sites. It was observed at following distances from the firing line:

- 90 m – more than 10-times above acceptable content of copper;
- 100 m – more than 5-times above acceptable content of lead;
- 140 m (main bullet trap) – more than 8-times above acceptable content of both lead and copper.

Points with cumulation of the lead at 100 m and the copper at 90 m can be caused by presence of rounds which probably were fired with ammunition having contaminated projecting charges what reduced the pressure and muzzle velocity and could shorten the range of shots.

W próbce nr 1 pobranej w strefie strzelań nr II, nie dostrzega się wyraźnego wzrostu poziomu miedzi i cynku, pomimo znalezienia w niej nawet fragmentów mosiężnych łusek. Nie odnotowano w tym miejscu również żadnych odchyżeń od norm w sprawdzonej próbie nr 4, która posiadała liczne pozostałości naboju gumowych oraz hybrydowych wykorzystywanych przez Policję i Służbę Więzienną do kontroli tłumów (wprowadzonych do uzbrojenia od 1990 r.).

4. Dyskusja wyników badań

Podstawowymi obiektami szkoleniowymi w wojsku są strzelnice, na których żołnierze uczeni są zasad obsługi i użytkowania broni strzeleckiej. Na strzelnicy żołnierz ma nauczyć się przyjmowania podstawowych postaw strzeleckich, celowania podczas strzelań statycznych i dynamicznych. W strukturze wojska polskiego wyszczególnić można trzy typy strzelnic:

- strzelnice garnizonowe – strzelnice otwarte;
- strzelnice kryte;
- strzelnice poligonowe – pasy taktyczne.

Dwa pierwsze rodzaje są wykorzystywane również w pozostałych służbach mundurowych. Często spotykanym zjawiskiem jest współpraca służb, polegająca wykorzystaniu tych samych obiektów na terenie poszczególnych garnizonów.

W ramach przedstawionych tu badań poddano oznaczeniu próbki gleb pobranych z dwóch niezależnych od siebie i wyłączonych obecnie z użytkowania strzelnic otwartych znajdujących na terenie dawnego garnizonu Włocławek.

Przeprowadzone badania potwierdzają zależność zachodzącą pomiędzy oddziaływaniem prowadzonych zajęć strzeleckich, a

Sample nr 1 taken in the firing zone II does not show any visible growth of copper and zinc even if the fragments of brass cases were found there. There were also not found any deviations from the nominal levels in the examined sample nr 4 which included numerous remains of rubber and hybrid bullets used by the Police and Prison Guard to control the crowds (implemented into the service in 1990).

4. Discussion of Test Results

The shooting ranges are the basic military training compounds where the soldiers learn how to handle and use the firearms. On the shooting range soldiers have to learn taking basic firing positions, and aiming at static and dynamic firing. Following types of shooting ranges may be distinguished in the Polish army:

- Garrison shooting ranges – open ranges;
- Covered shooting ranges;
- Shooting ranges on training grounds – tactical lanes.

Two first types are also used by other uniformed services. It is often a case when the services cooperate and use the same compounds placed in particular garrisons.

In the frame of presented investigations the samples of soil taken from two independent, and closed now, open shooting ranges placed in the area of former garrison in Włocławek were identified.

The investigations confirm that there is a dependence between an impact of conducted firing activities and the level of accumulation of selected heavy elements in the soil of the open garrison shooting ranges. There is no doubt that

stopniem akumulacji wybranych pierwiastków metali ciężkich w glebie otwartych strzelnic garnizonowych. Niewątpliwie na stopień ich akumulacji ma wpływ sposób gospodarowania terenem oraz okres jego właściwego użytkowania.

Brak naruszeń dopuszczalnych norm zanieczyszczeń na terenie strzelnicy w Grzywnie, świadczy zapewne o swoistej ich infiltracji do głębszych warstw, wobec ponad 60-letniego okresu od zakończenia intensywnego wykorzystywania obiektu. Niezbędnym działaniem, które mogłoby mieć wpływ na uzyskane wyniki, byłoby w tym przypadku zwiększenie głębokości pobierania próbek ziemi w przedziale miąższości 0,25-1 m ppt.

Wyłączona z użytkowania od ok. 15 lat strzelnica w Mielęcinie dostarczyła dowodów, w postaci licznych artefaktów po dawnym przeznaczeniu obiektu. Przeprowadzone oznaczenia wybranych metali ciężkich potwierdziły, że akumulacja tych związków stanowi niekiedy bardzo złożone zagadnienie, które zbagatelizowane może w przyszłości spowodować poważne zagrożenie. Długoletnie zaniedbania w tym zakresie dowodzą, że wymagające nakładów sił i środków obiekty są zamykane i w swoisty sposób zapominane. Niestety, konsekwencje tego działania mogą się uwidocznić za kilka lat, kiedy w wodach gruntowych potwierdzi się zwiększoną obecność metali ciężkich.

Jednym z możliwych rozwiązań tego problemu w praktyce jest bez wątpienia zbieranie w miarę możliwości zużytych środków walki, połączone dodatkowo z okresowym oczyszczaniem wierzchniej warstw ziemi strzelnic otwartych. Zamknięcie tego typu obiektu po zakończeniu jego wykorzystywania, w większości przypadków wymaga przeprowadzenia efektywnej rekultywacji terenu.

the level of their accumulation depends on the way the terrain is treated and the time of its use.

The lack of infringements of acceptable contamination standards in the shooting range at Grzywno can be caused by infiltration of contaminating agents to deeper layers because the intense use of the compound was terminated more than 60 years ago. The necessary action in this case could be to increase the depth of taking the samples of soil in the scope of ground softness to 0.25-1.0 m below surface.

The shooting range in Mielęcin which was closed 15 years ago provides the evidences in the form of numerous artefacts left after the former use of the compound. The identifications of selected heavy metals confirmed that accumulations of these elements is at some cases a complex question and it cannot be underestimated because it can cause a serious threat in the future. These questions were neglected for many years as in practice the compounds which needed investment of forces and resources were closed and forgotten. Unfortunately the consequences of such approach may become visible within a few years when the increased presence of heavy metals in the ground waters can be confirmed.

One of possible solutions of this question is certainly the collection of used combat assets within a practical degree, and additionally, the periodical cleaning of the ground upper layer in the open shooting ranges. If these compounds are closed down after termination of their use, then in most cases the effective recultivation of terrain has to be done.

5. Wnioski dotyczące produkcji środków bojowych

Przeprowadzone badania jednoznacznie potwierdziły, że na terenie strzelnic bojowych następuje akumulacja niebezpiecznych toksycznych związków (przede wszystkim Pb, ale także Cu i As). Badania zostały przeprowadzone na wybranym, empirycznym wycinku problemu, jednakże można z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że sytuacja wokół miasta Włocławek jest charakterystyczna dla obszaru całego kraju. Wynika z tego, że istnieją znaczne obszary trwale skażone metalami ciężkimi, a skutki takiego skażenia po przeniknięciu do wód gruntowych są trudne do przewidzenia. Z całą pewnością cierpi na tym zdrowie mieszkańców.

Rekultywacja terenu czy innowacje w zakresie budowy nowych obiektów szkoleniowych dla prowadzenia strzelania bojowego, są tylko częściowym rozwiązaniem problemu, bardziej niwelują skutki niż zapobiegają zasadniczym przyczynom. Rozwiązanie o charakterze trwałym polegać może na wyeliminowaniu szkodliwych substancji zarówno z procesu produkcyjnego, jak i ze składu produkowanych w kraju (lub sprowadzanych z zagranicy) środków bojowych.

Obecna sytuacja i działania związane z kreowaniem wspólnej przestrzeni gospodarczej na terenie Unii Europejskiej doprowadziły do opracowania tzw. rozporządzenia REACH Unii Europejskiej (ang. Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals, rok 2007) [17]. Rozporządzenie ma na celu wyeliminowanie toksycznych substancji z procesu produkcyjnego i składu wyrobów oferowanych przez przemysł, w szczególności chemiczny, ale również zbrojeniowy. Regulacja ta została pomyślana w sposób, który wprowadzając stopniowo ograniczenia promuje innowacyjność przedsiębiorstw europej-

5. Conclusions Concerning Production of Combat Assets

According to the carried out investigations there is an accumulation of dangerous toxic compounds on the terrains of shooting ranges using live ammunition (most of all Pb, but also Cu and As). The investigations were made on a selected empirical fragment of the problem, but it may be claimed that situation in the vicinity of Włocławek is typical for the whole area of the country. Then, it seems that there are significant areas which are permanently contaminated by heavy metals and the effects of this contamination after migration into the ground waters are difficult for prediction. The health of inhabitants may suffer for certain from it.

Recultivation of terrains or innovations concerning the building of new training compounds for combat training on shooting are only a partial solution of the problem as they rather reduce some effects instead preventing against the basic causes. A permanent solution can be based on elimination of harmful substances both from the production process and from the composition of combat assets produced in the country (or imported from abroad).

Current situation and actions connected with creation of the common economical space in the European Union have resulted in development of regulation REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) in 2007) [17]. The regulation is aimed to eliminate toxic substances from the production processes and from the stock of articles offered by the industry, especially chemical industry, and the defence industry as well. It was thought that the regulation will implement the limitations gradually and at the same time will promote the innovation of the European companies, stimulate the

skich, pobudza konkurencyjność rodzimych producentów oraz chroni rynek wewnętrzny przed importem wyrobów, mogących stanowić zagrożenie. REACH wykorzystany w sposób właściwy jest szansą na opracowanie nowej bazy materiałowej dla producentów środków bojowych, ale może być również zagrożeniem jeżeli działania w tym kierunku nie zostaną podjęte, a Unia Europejska będzie dążyła do zaostrzenia procedur związanych z rejestracją i dopuszczeniem do obrotu danych substancji chemicznych.

Dziś polscy producenci środków bojowych korzystają z wyłączeń, jakie daje rozporządzenie REACH – na podstawie opinii poszczególnych ministerstw, kompetentnych w tym zakresie, otrzymują zgodę na wykorzystanie danego środka. Co jeśli proekologiczne regulacje Unii Europejskiej zostaną zaostrzone? Żeby tak się stało i Unia Europejska wdrożyła bardziej restrykcyjne regulacje, konieczne jest opracowanie technologii na rynku europejskim, która skutecznie obywałaby się bez toksycznych substancji (np.: metali ciężkich jak Pb). Unia Europejska uruchamia dwa mechanizmy mające umożliwić europejskim przedsiębiorstwom sukces w szukaniu zamienników dla substancji toksycznych. Europejska Agencja Obrony włącza zagadnienia związane z poszukiwaniem nowej ekologicznej bazy materiałowej do swojej agendy prac badawczo-rozwojowych [18] i chroni rynek wewnętrzny przed dostępem szkodliwych chemikaliów z zewnątrz.

Jeżeli mamy wykorzystać komercyjny potencjał połączonego rynku europejskiego, zachować możliwości produkcji środków bojowych w kraju i cieszyć się czystym środowiskiem (również na terenach użytkowanych jako strzelnice bojowe), to nieodzowne staje się bardziej zdecydowane wejście polskich przedsiębiorstw produkujących środki bojowe w projekty europejskie aranżowane przez

competition of national manufacturers, and will protect the internal market against the import of products which could pose a threat. The REACH used in a proper way gives a chance for developing a new material base for manufacturers of combat assets, but it may also be a threat if the actions in this direction will not be taken and the European Union will take more restrictive position on procedures connected with trading registrations and permissions for specific chemical substances.

Now, the Polish manufacturers of combat assets benefit from exclusions provided by regulation REACH – on the base of opinions of particular ministers, which have the competence for it, they get permissions for using the specific agent. What happens if pro-ecological regulations of the European Union will be tightened? It can happen, and the European Union can implement more restrictive regulations, if in the European market new technologies will be developed which could work without toxic substances (e.g. heavy metals such as Pb). The European Union launches two mechanisms facilitating the finding of solutions by the European companies in replacement of toxic substances. The European Defence Agency incorporates the questions connected with searching a new ecological material base into its agenda of research and development works [18] and protects the internal market against harmful chemicals from abroad.

It seems a necessary step for the Polish companies producing the combat assets to engage closely into the European projects arranged by the European Defence Agency if we want to benefit from the commercial potential of common European market, and preserve country capacities for production of combat assets, and have a clean environment (including the terrains of combat

Europejską Agencję Obrony.

shooting ranges).

Literatura / Literature

- [1] Rozporządzenie Ministra Obrony Narodowej z dnia 4 października 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać strzelnice garnizonowe oraz ich usytuowanie (Dz. U. z 2001 r. Nr 132, poz. 1479; zm.: Dz. U. z 2008 r. Nr 61, poz. 380, z 2016 r. poz. 363 oraz z 2018 r. poz. 113.).
- [2] Decyzja nr 445/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 30 grudnia 2013 r. w sprawie wprowadzenia do użytku „Regulaminu Ogólnego Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej” (Dz. U. MON poz. 398).
- [3] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi (Dz. U. z 2016 r. poz. 1395).
- [4] Włocławek Plan Miasta 1 : 15 000, Gazeta Pomorska Media Sp. z o.o., Bydgoszcz 2007.
- [5] Bielański A., Podstawy chemii nieorganicznej, t. 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [6] Marzec H., Chemia ogólna i analityczna, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz 2008.
- [7] Bielański A., Podstawy chemii nieorganicznej, t. 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- [8] Migaszewski Z. M., Gałuszka A, Podstawy geochemii środowiska, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne 2007.
- [9] Kabata-Pendas A., Pendas H., Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- [10] Szymura J.A., Gogolin R., Lamkiewicz J., Analiza jakościowa anionów i kationów w chemii nieorganicznej, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz 2005.
- [11] Rychlik B., Biologia - repetytorium dla maturzystów i kandydatów na wyższe uczelnie, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne S.A., Warszawa 2005.
- [12] Flis J., Szkolny słownik geograficzny, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1986.
- [13] Piotrowska-Trybull M., Społeczeństwo, gospodarka, siły zbrojne – relacje i wyzwania, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2015.
- [14] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 15 marca 2000 r. w sprawie wzorcowego regulaminu strzelnic (Dz. U. z 2000 r. Nr 18, poz. 234; zm.: Dz. U. z 2000 r. Nr 51, poz. 618, z 2002 r. Nr 23, poz. 238 oraz z 2011 r. Nr 237, poz. 1418.).
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 kwietnia 2000 r. w sprawie wymagań w zakresie ochrony środowiska dotyczących budowy i użytkowania strzelnic (Dz. U. z 2000 r. Nr 27, poz. 341.).
- [16] Ustawa z dnia 21 maja 1999 r. o broni i amunicji (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 284.).
- [17] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1907/2006.
- [18] EDA - Capability Development Plan: <https://eda.europa.eu/what-we-do/EU-defence-initiatives/priority-setting>

