

Sebastian STEFANIAK, Irena TWARDOWSKA
*Polska Akademia Nauk, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska
41-819 Zabrze, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34*

MODELOWANIE ZANIECZYSZCZEŃ WÓD STREFY AERACJI I SATURACJI W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW GÓRNICZYCH ZA POMOCĄ PROGRAMU KYSPILL

Streszczenie. Przedstawiono wyniki testowania łatwego do stosowania a zarazem uniwersalnego programu KYSPILL do czasowo-przestrzennego modelowania uwalniania, migracji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w strefie aeracji i saturacji. Do testowania wykorzystano wyniki własnych wieloletnich badań monitoringowych prowadzonych na składowisku odpadów powęglowych Smolnica (Górny Śląsk, Polska). Stwierdzono przydatność programu jako narzędzia do długoterminowej prognozy oddziaływania planowanej lokalizacji składowisk lub budowli inżynierskich wykonanych z odpadów górniczych na jakość wód podziemnych przy ograniczonej ilości danych wejściowych.

GROUNDWATER POLLUTION MODELING IN THE VADOSE AND SATURATED ZONES IN COAL-MINING WASTE DUMP AREA BY KYSPILL COMPUTER PROGRAM

Summary. The results of testing an easy-to-run, but universal computer program KYSPILL for spatial and temporal modeling of contaminant release, migration and propagation in the vadose and the saturated zones has been presented. For testing, own data on many years' monitoring conducted at the Smolnica coal mining waste dump (Upper Silesia, Poland) were used. The program has been found to be a useful tool for long-term predicting the impact on ground water quality of planned sites of mining waste dumps or engineering constructions made of this material at the limited number of input data available.

Wstęp

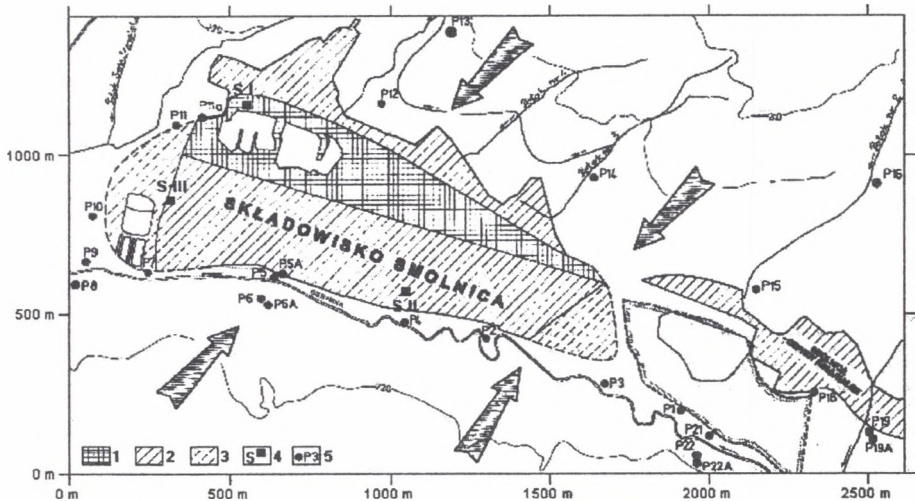
Składowiska odpadów są zaliczane do małoobszarowych ognisk zanieczyszczenia środowiska wodnego, chociaż powierzchnia tych obiektów sięga nawet kilkuset hektarów. Największą grupę odpadów stałych stanowią odpady o dużej masie, które z uwagi na swoje właściwości nie są zaliczane do odpadów niebezpiecznych, natomiast nie są dla środowiska obojętne. Do tej grupy należą m.in. odpady górnictwa i kopalnictwa surowców energetycznych, które stanowiły 35,3% ogólnej ilości odpadów stałych wytwarzanych w Polsce w 2001 roku. Mimo że z 123 810 tysięcy ton wytworzonych odpadów znaczna ich część (blisko 90%) została wykorzystana, zasadniczo w całości, do robót inżynierskich, ekspozycja wykorzystanych w ten sposób odpadów i ich oddziaływanie na środowisko nie różni się od oddziaływania odpadów składowanych. Bezpośrednio na składowiska trafiło

4363 tysięcy ton, powiększając ilość składowanych odpadów powęglowych do 668.5 milionów ton, tj. 33.4% ogólnej ilości odpadów nagromadzonych w kraju [2].

Zatem niezbędne jest opracowywanie długoterminowej prognozy oddziaływania takich obiektów na jakość wód podziemnych w rejonie ich lokalizacji, najlepiej za pomocą niedrogich, a zarazem wiarygodnych metod, odpowiednio dostosowanych do specyfiki modelowanych obiektów. Poniżej przedstawiono wyniki modelowania transportu zanieczyszczeń w strefie aeracji i saturacji programem komputerowym Kyspill v. 2.0 [1, 3] na przykładzie składowiska odpadów powęglowych Smolnica.

Charakterystyka obiektu

Teren składowiska Smolnica (rys. 1) znajduje się w zachodniej części województwa śląskiego około 12 km na południowy zachód od Gliwic w bezpośrednim sąsiedztwie miejscowości Trachy, na prawym brzegu rzeki Bierawki, prawobrzeżnego dopływu rz. Odry. Na składowisku deponowane są od 1965 roku odpady KWK „Szczygłowice” w Knurowie, pochodzące głównie z pokładów grupy 300-400 górnośląskiej serii piaskowcowej i serii mułowcowej oraz od 1988 roku w ilości ok 20% obj. odpady KWK „Sośnica” w Gliwicach pochodzące z pokładów grupy 300-500 tych samych serii. W północnej części składowiska uformowanej w latach 1965-1980 odzysk węgla prowadziła spółka Gwarex-Rayan Poland. [4].



Rys. 1. Składowisko odpadów górnictwa węglowego Smolnica

1 – obszar reeksploatacji; 2 – istniejące składowisko nienaruszone; 3 – planowany obszar docelowy; 4 – lokalizacja badanych profili strefy aeracji; 5 – piezometry

Fig. 1. Smolnica coal-mining waste dump

1 – re-mined area; 2 – undisturbed dump area; 3 – planned dump contour; 4 – location of studied profiles of the vadose zone; 5 – monitoring wells

Oddziaływanie składowiska Smolnica na wody podziemne ograniczone jest do czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Litologicznie tworzą go piaski drobno- i średnioziarniste miejscami zailone bądź pylaste, a także pospółki i żwiry wypełniające dolinę rzeki Bierawki. Lokalnie poziom wodonośny rozdzielają wkładki utworów nieprzepuszczalnych -

glin i ilów o miąższości od kilkudziesięciu cm do ponad 10,0 m. Rozdzielone warstwy piaszczyste pozostają jednak w łączności hydraulicznej. Spąg opisywanego poziomu wodonośnego stanowią ilaste osady sarmatu, sporadycznie ility zaliczane do czwartorzędu. Generalnie jest to jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym. Wody tego poziomu podścielone są praktycznie nieprzepuszczalnymi iltami trzeciorzędowymi. Na rozpatrywanym obszarze zwierciadło wód występuje na głębokości od 1,43 do 4,79 m p.p.t. [5].

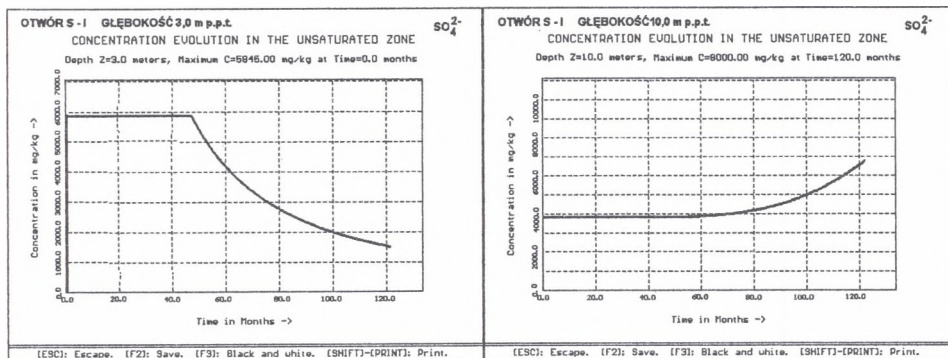
Badania monitoringowe jakości wód podziemnych prowadzone w latach 1994-2002 przy użyciu specjalistycznego samochodu-laboratorium do monitoringu wód Peugeot J-51400 z odpowiednim wyposażeniem, wykazują stężenia siarczków, chlorków, mineralizacji, innych makroskładników oraz metali ciężkich wiele razy przekraczające poziom tła i wartości normatywne. W najstarszej części składowiska pH wód sięga 2,5; tam też występuje intensyfikacja uwalniania metali ciężkich.

Metody badań

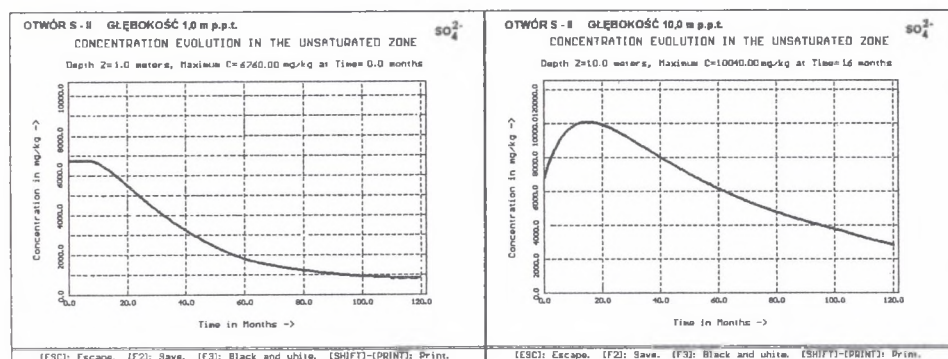
Głównymi czynnikami decydującymi o potencjalnym zagrożeniu środowiska wodnego przez odpady skał karbońskich są: ilość składników rozpuszczalnych w odpadach świeżych, głównie chlorków, siarczanów oraz zawartość składników generowanych na składowisku w następstwie utleniania siarczków, jak również warunki krążenia wody i penetracji powietrza w warstwie odpadów [6]. Do modelowania migracji zanieczyszczeń w strumieniu wód infiltrujących przez antropogeniczną (składowisko) i naturalną (podłoże) strefę aeracji do wód strefy saturacji, a następnie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w tej strefie, zastosowano prosty, a zarazem uniwersalny program komputerowy Kyspill v. 2.0, testowany przez Amerykański Instytut Hydrologiczny. Wykorzystano wyniki badań składu roztworów porowych w trzech profilach odpadów o zdefiniowanym wieku, w tym 1 wykonanego w nienaruszonej warstwie odpadów 10-15 letnich, a 2 w reekspluatowanych i redeponowanych odpadach 20-35-letnich oraz wyniki badań jakości wód podziemnych sieci lokalnego monitoringu wód podziemnych prowadzonego w latach 1994-2002.

Wyniki

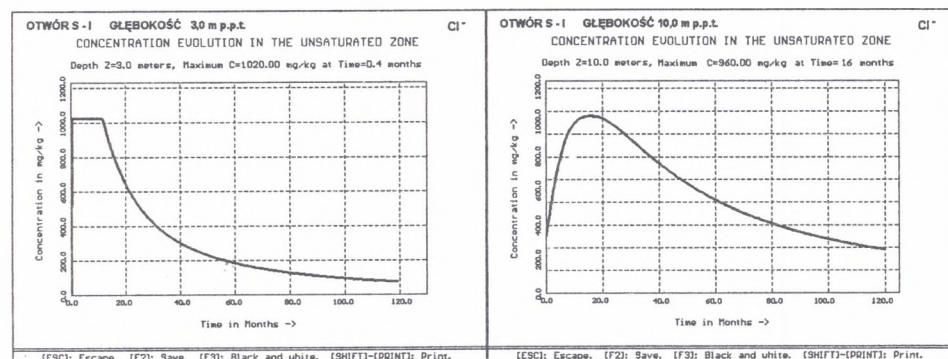
Analizę zmian koncentracji zanieczyszczeń w strefie aeracji wykonano dla dwóch profili odpadów: S-II – nienaruszona część składowiska oraz S-I – gdzie odzysk węgla prowadziła spółka Gwarex-Rayon Poland. Wyniki przedstawiono w postaci wykresów zmian koncentracji siarczanów (rys.2) i chlorków (rys.3) w czasie. Do testowania symulacji rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w strefie saturacji wykorzystano dane z opróbowania wód podziemnych w ramach serii XV monitoringu, wykonanej w sieci 16 otworów obserwacyjnych (piezometrów) w dniach 5-6.09.2002. Strefę saturacji symulowano obszarowo, wyniki przedstawiono, na przykładzie wykresów zmian koncentracji zanieczyszczeń w czasie (rys.4) oraz mapek konturowych rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń po okresie 10 lat (rys.5).



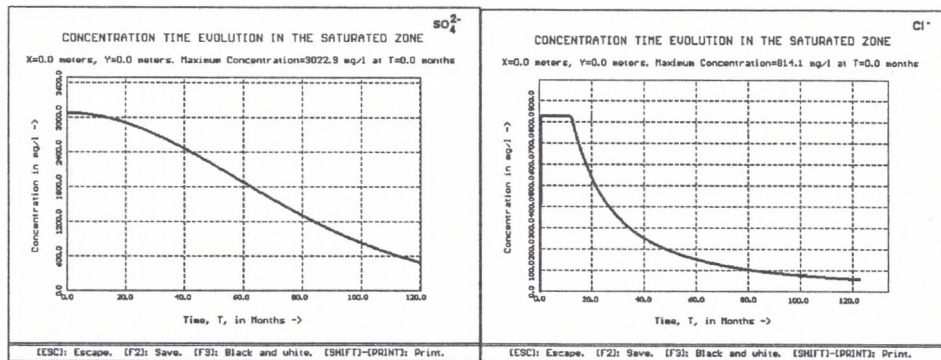
Rys. 2a. Wykresy zmian koncentracji jonów siarczanowych w strefie aeracji (otwór S-I)
Fig. 2a. Concentration evolution of sulfide ions in the unsaturated zone (S-I borehole)



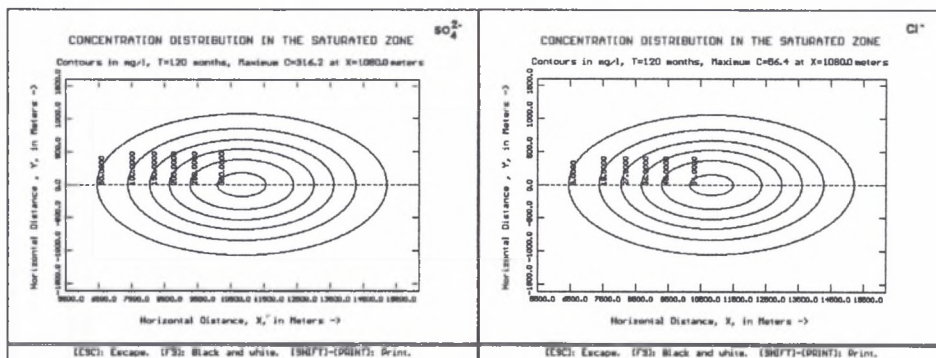
Rys. 2b. Wykresy zmian koncentracji jonów siarczanowych w strefie aeracji (otwór S-II)
Fig. 2b. Concentration evolution of sulfide ions in the unsaturated zone (S-II borehole)



Rys. 3. Wykresy zmian koncentracji jonów chlorkowych w strefie aeracji
Fig. 3. Concentration evolution of chloride ions in the unsaturated zone



Rys. 4. Obszarowa symulacja zmian koncentracji zanieczyszczeń w strefie saturacji
 Fig. 4. Concentration time evolution in the saturated zone



Rys. 5. Mapa konturowa rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń po 10 latach
 Fig. 5. Concentration distribution in the saturated zone after 10 years

Wnioski

Symulacje zmian stężeń zanieczyszczeń w roztworach porowych oraz symulacje zmian koncentracji zanieczyszczeń w wodach podziemnych na poszczególnych poziomach składowiska w zestawieniu z wynikami badań terenowych i lizymetrycznych wykazały przydatność programu komputerowego Kyspill v 2.0 do prognozowania przemieszczania się zanieczyszczeń w strumieniu wód infiltrujących przez antropogeniczną (składowisko) i naturalną (podłoże) strefę aeracji do wód strefy saturacji, a następnie rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w tej strefie.

LITERATURA

1. Anonim: KYSPIILL v 2.0 A Groundwater Pollution Forecasting System, User Manual. HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, USA, 1997.
2. GUS: Ochrona Środowiska 2002. Informacje i Opracowania Statystyczne, Warszawa 2002, s. 501.

3. Serrano, S.S.: Hydrology for Engineers, Geologists and Environmental Professionals – An Integrated Treatment of Surface, Subsurface and Contaminant Hydrology. HydroScience Inc., Lexington, Kentucky, USA, 1997.
4. Twardowska I., Szczepańska J.: Składowisko odpadów skał karbońskich jako długotrwałe ognisko zanieczyszczeń wód podziemnych: Badania monitoringowe. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. VII cz. 1, 475-483, Kraków – Krynica, 1995.
5. Twardowska I., Kyzioł J., Szczepańska J., Nguyen Anh Quan.: Przestrzenno-czasowa zmienność jakości wód podziemnych w otoczeniu składowiska odpadów górnictwa węglowego na tle gospodarki odpadami i warunków hydrogeologicznych. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. VIII, 255-259, Wrocław 1997.
6. Twardowska I., Szczepańska J., Witczak S.: Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Wydawnictwo PAN, s. 251, Wrocław Warszawa Kraków Gdańsk Łódź 1988.

Recenzent: Dr hab.inż. Marek Pozzi
Prof Politechniki Śląskiej

Abstract

The method of temporal and spatial modeling contaminant migration in waters infiltrating through the anthropogenic (coal mining waste dump) and natural (soil and bedrock) vadose zone to the saturated zone, and contaminant propagation in the saturated zone, with use of an easy-to-run, but universal KYSPILL computer program has been presented. The program simulates contaminant transport based on the minimum of required data on water balance and hydrogeologic parameters of an object (dump), hydrogeologic conditions in its site and test data or basic parameters related to the formation of pore solution chemical composition in a dump.

The formation of the chemical composition of pore solutions in coal mining waste dumps depends on the generation and release of soluble compounds due to weathering processes, in particular of chloride and sulfate leaching, kinetics of iron sulfide oxidation, buffering mineral contents and conditions of water migration in a rock material. These parameters decide of a scale of adverse impact of a dump on the ground water quality.

The program was tested using own data on many years' monitoring of a Quaternary aquifer in the vicinity of the Smolnica coal mining dump (Upper Silesia, Poland) and on chemical composition of pore solutions along the profiles of anthropogenic vadose zone in the dump. A variant of 10 years' sulfate generation, sulfate and chloride leaching and pathways of these contaminants in ground waters was simulated. The program was found to be a particularly useful tool for long-term prediction of impact of a planned siting of a dump or engineering construction made of coal or ore mining waste on ground water quality at the limited number of input data, for planning monitoring networks or designing prevention/remediation operations.