

## MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA WYBRANYCH METOD OCENY PODATNOŚCI NA ZMIANY W ŚRODOWISKU GRUNTOWO-WODNYM W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI GÓRNOŚLĄSKIEGO ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

### THE POSSIBILITY OF USING SOME METHODS OF ASSESSMENT OF SUSCEPTIBILITY OF THE GROUNDWATER ENVIRONMENT TO MINING-INDUCED CHANGES IN THE NORTH-EASTERN PART OF THE UPPER SILESIAN COAL BASIN

SŁAWOMIR GÓRA<sup>1</sup>, ANDRZEJ SZCZEPAŃSKI<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Wieloletnia działalność górnictwa na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego spowodowała znaczne przekształcenia środowiska naturalnego, włączając środowisko wód podziemnych. Kopalnie węgla likwidowane poprzez częściowe lub całkowite zatopienie stwarzają zagrożenie dla jakości wód podziemnych nieuwzględniane dotąd w ocenach podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie. W artykule przedstawiono wpływ górniczych przekształceń środowiska na możliwość zastosowania wybranych metod oceny podatności w obrębie północno-wschodniej części GZW.

**Słowa kluczowe:** ocena podatności, DRASTIC, GLA, PI, Górnośląskie Zagłębie Węglowe.

**Abstract.** Long-term mining activity in the USCBB caused significant transformation of the environment, including the groundwater environment. Coal mines abandoned by partial or total flooding generate hazard for groundwater quality that has not been so far taken into consideration in groundwater vulnerability assessment methods. The authors present the above-mentioned issue for the hydrogeologically outcropped sub-region of the USCBB, including consideration of coal mine abandoning and partial flooding.

**Key words:** vulnerability assessment, DRASTIC, GLA, PI, Upper Silesian Coal Basin.

### WSTĘP

Prowadzone na całym świecie badania dotyczące ochrony wód podziemnych zaowocowały powstaniem wielu metod oceny ich podatności na zanieczyszczenie. Najczęściej metody te dotyczą oceny naturalnej właściwości systemu wodonośnego, określającej ryzyko migracji substancji zanieczyszczającej z powierzchni terenu do wód podziemnych (Krogulec, 2004; Kowalczyk, Szczepański, 2008).

Do najczęściej stosowanych należą metody rangowe opierające się na zestawie parametrów, którym przypisuje się odpowiednie rangi w zależności od wpływu danego parametru na możliwość zanieczyszczenia wód podziemnych. Do tej grupy należą m.in. system DRASTIC (Aller i in., 1987) oraz metody GLA (Margane, red., 2003) i PI (Goldscheider, 2005). Stosowanie systemu DRASTIC zasadniczo ogranicza się do ośrodków porowych. W ośrodkach szczeli-

---

<sup>1</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;  
e-mail: slawomirg@geokrak.pl, aszczep@agh.edu.pl

nowo-krasowych metoda ta, według Żurek i innych (2002) daje często zaniżone oceny podatności. Metoda PI jest modyfikacją metody GLA i z założenia może być stosowana we wszystkich ośrodkach (Goldscheider, 2005).

Działalność górnictwa, zarówno miniona, jak i obecna jest przyczyną różnego rodzaju i zakresu wpływów prowadzących do znacznego przekształcenia środowiska naturalnego. Na każdym etapie działalności kopalni (udostępnienie, eksploatacja, likwidacja) przekształceniom ulega m.in. środowisko geologiczne, warunki hydrogeologiczne i powierzchnia terenu (Szczepański, 2004). Charakter i zakres przekształceń środowiska wynika nie tylko z czynników górniczych (np. system, wysokość i głębokość eksploatacji górniczej), ale jest ściśle związany z położeniem kopalni na

tle budowy geologicznej GZW. Szczególne znaczenie ma położenie obszarów działalności kopalni względem regionalizacji hydrogeologicznej (Wilk, red., 2003). Czynniki te sprawiają, że wymienione metody oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie można stosować bez modyfikacji jedynie na obszarach „uspokojonych”, po zakończeniu eksploatacji górniczej w odniesieniu do pierwszego poziomu wodonośnego.

Generalnie, prowadzenie oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie należy uznać w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) za zadanie szczególnie trudne i wymagające dokładnej znajomości specyfiki budowy geologicznej i działalności górniczej w obrębie regionu górnośląskiego.

## **CHARAKTERYSTYKA NIEKTÓRYCH SKUTKÓW EKSPLOATACJI WĘGLA KAMIENNEGO I LIKWIDACJI ZAKŁADÓW GÓRNICZYCH W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI GZW**

Intensywna eksploatacja górnicza węglonośnych utworów karbonu prowadzi do częściowego lub niejednokrotnie całkowitego zdrenowania górotworu karbońskiego i młodszych utworów pokrywowych. Drenażowi towarzyszą niekorzystne zjawiska geologiczno-inżynierskie wywołane nie tylko obniżeniem zwierciadła wód podziemnych, ale również zmianami kierunku i prędkości filtracji wody. Zmiany prędkości filtracji w wyniku wzrostu spadku hydraulicznego powodują lokalne występowanie procesów sufozji mechanicznej, kolmatacji i erozji, co również wpływa na zawodnienie utworów nadkładu karbonu. Zjawisko sufozji mechanicznej i erozji, zwłaszcza na obszarach występowania płytkich wyrobisk górniczych i szczelin tektonicznych, może doprowadzić do powstawania nieciągłych deformacji powierzchni terenu o charakterze zapadlisk i osuwisk.

Zmiany głębokości zwierciadła wód gruntowych zwłaszcza na obszarach występowania warstwy utworów o niskiej przepuszczalności, np. glin stanowiących podstawę warstwy wodonośnej w rejonach niecek obniżeniowych, może prowadzić w NE części zagłębia do powstawania lokalnych pokładowych zalewisk i podtopień terenu (Bukowski i in., 2006; Rogoż, 2004; Szczepański, Rózkowski, 2007).

Deformacje powierzchni terenu prowadzą również do uszkodzeń koryt i obwałowań rzecznych, niszczenia rurociągów, odwrócenia spadku cieków powierzchniowych, naruszenia struktury gruntów spoistych, które w wyniku odkształceń tracą właściwości izolacyjne.

Obniżenie zwierciadła wód podziemnych aż po głębokie partie utworów złożowych, prowadzi do intensyfikacji proce-

sów utleniania związków nieorganicznych (głównie siarczków) występujących głównie w skałach karbońskich (Pluta, 1999). W wyniku reakcji następuje wytrącanie tlenków manganu i żelaza (Miotliński, Kowalczyk, 2007), wody podziemne wzbogacają się w siarczany, następuje spadek wartości pH. Zakwaszenie wody powoduje wzrost mobilności metali ciężkich, które uwalniane są do wód podziemnych.

Zatrzymanie lub ograniczenie odwadniania kopalni prowadzi do wypełniania się zrobów wodą pochodzącą z dopływu naturalnego oraz odwodnionego górotworu. W końcowej fazie zatapiania kopalni może prowadzić także do zawodnienia przypowierzchniowych utworów nadkładu. Całkowita odbudowa pierwotnych warunków hydrogeologicznych skutkuje niejednokrotnie zawodnieniem gruntów i powstaniem podtopień na obszarach niecek osiadania a także pojawianiem się lokalnych zalewisk na terenach zapadliskowych (Szczepański, 2004). Wody spiętrzone w wyrobiskach górniczych ulegają dalszemu zanieczyszczeniu m.in. w wyniku rozpuszczania produktów utleniania minerałów siarczkowych (Pluta, 2005). Wahań zwierciadła wody mające miejsce w czasie utrzymywania go na bezpiecznej dla innych kopalń głębokości powodują także osłabienie mechanicznych właściwości skał (Bukowski, Bukowska, 2005). Biorąc pod uwagę konieczność utrzymywania reżimu wód w kopalniach zatapianych na poziomie bezpiecznym dla czynnych kopalń w sąsiedztwie i konieczność pompowania wód dołowych czynniki te mają istotne znaczenie dla stanu ilościowego i jakościowego wód powierzchniowych i dla wód podziemnych kontaktujących się z nimi.

## **CHARAKTERYSTYKA METOD DRASTIC, GLA I PI**

Opracowany przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (US EPA) system DRASTIC (Aller i in., 1987) jest najczęściej stosowaną metodą oceny podatności wód pod-

ziemnych na zanieczyszczenie. W skład systemu wchodzi szereg parametrów szczególnie istotnych z punktu widzenia możliwości zanieczyszczenia wód podziemnych substancja-

mi pochodzącymi z powierzchni terenu. Każdemu z parametrów przypisuje się współczynnik liczbowy (rangę) w zakresie od 1 do 10. Ze względu na zróżnicowany wpływ poszczególnych czynników na przeciwdziałanie zanieczyszczeniu, obok współczynników liczbowych stosuje się współczynniki wagowe, których wartość zmienia się w przedziale 1–5 (Kajewski, 2000). Ostatecznie, podatność na zanieczyszczenie obliczana jest jako suma iloczynów rang i wag poszczególnych parametrów.

Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie metodą GLA, zwaną inaczej „metodą niemiecką”, opiera się wyłącznie na określeniu ochronnych właściwości pokrywy glebowej i utworów strefy aeracji (Margane, red., 2003). W analizie podatności bierze się pod uwagę następujące parametry: połowa pojemność wodna gleby (**S**), infiltracja efektywna (**W**), litologia strefy aeracji (**R**) oraz miąższość strefy aeracji łącznie z pokrywą glebową (**T**). Każdy z wymienionych parametrów jest odpowiednio punktowany w zależności od jego zdolności ochronnych. Określenie zdolności ochronnej całej strefy aeracji opiera się na zsumowaniu ochronnych właściwości gleby i części profilu strefy aeracji pod glebą,

wyrażonych w postaci liczbowej. Występowanie w profilu poziomów zawieszonych ponad pierwszym poziomem wodonośnym lub naporowe (artezyjskie) warunki występowania zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego (parametry **Q** i **HP**) traktowane są jako czynniki dodatkowo zwiększające zdolności ochronne nadkładu zbiornika.

Metoda PI (Goldscheider, 2005) powstała w wyniku modyfikacji metody GLA polegającej na uwzględnieniu specyfiki infiltracji wód opadowych na obszarach występowania zbiorników krasowych. Ocena podatności metodą PI polega na oszacowaniu właściwości pokrywy ochronnej zbiornika (parametr **P** – określany jest przy zastosowaniu zmodyfikowanej metody GLA) tworzonej przez strefę aeracji oraz stopnia jej „omijania” (parametr **I**) w wyniku koncentracji infiltracji wody przez różnorodne formy krasowe (np. ponory, zapadliska, kominy, studnie krasowe itp.). Wartość obu parametrów obliczana jest za pomocą wzorów. Ostateczna ocena zdolności ochronnych strefy aeracji jest iloczynem obliczonych wartości parametru **P** oraz parametru **I**.

## OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA METOD DRASTIC, GLA I PI NA OBSZARACH GÓRNICZYCH ZLIKWIDOWANYCH KOPALŃ W PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ CZĘŚCI GZW

### SYSTEM DRASTIC

Stosowanie systemu DRASTIC daje dobre rezultaty dla oceny podatności osrodków porowych, przy założeniu przenikania zanieczyszczeń z powierzchni, na terenach nie podlegających wpływom eksploatacji górniczej i niezurbanizowanych. Jednak uwzględnienie położenia poziomu wodonośnego objętego oceną na tle innych poziomów wodonośnych oraz czynników antropogenicznych, stwarza konieczność wprowadzenia modyfikacji praktycznie wszystkich parametrów metody, a także wprowadzenia parametrów nowych.

Proponowana modyfikacja systemu DRASTIC wykonana przez Bukowskiego i innych (2006) umożliwiającą zastosowanie systemu (lub jego elementów) na terenach górniczych obejmuje: korektę rangi i wagi głębokości do zwierciadła zbiornika w serii złożowej (parametr **D**); korektę rang i wag wielkości zasilania zbiornika (zmiany infiltracji oraz spadek dopływu do zbiornika w serii złożowej w trakcie zatapiania kopalni – parametr **R**); uwzględnienie zmian przepuszczalności utworów budujących zbiornik w serii złożowej zależnie od sposobu, zakresu i skutków (modyfikacja rang i wag parametru **A**), zakres deformacji pokrywy glebowej (wpływ niszczenia pokrywy glebowej na podatność pierwszego poziomu wodonośnego; uwzględnienie znacznej głębokości do zwierciadła zbiornika w serii złożowej – parametr **S**), zmiany przewodności utworów wodonośnych (pierwszego poziomu wodonośnego) spowodowane deformacjami i spadek przepuszczalności utworów budujących

zbiornik w serii złożowej wraz z głębokością (parametr **C**). Modyfikacji nie wymaga parametr **T** (topografia) oraz parametr **I** (litologia strefy aeracji).

Z uwagi na konieczność uwzględnienia w ocenie nie rozpatrywanych dotąd czynników antropogenicznych, Bukowski i inni (2006) zaproponowali uzupełnienie systemu DRASTIC o następujące parametry w przypadku jego zastosowania dla terenu górniczego kopalni zlikwidowanej w subregionie hydrogeologicznie odkrytym:

- **wielkość zasilania ascenzyjnego** ze strony zbiornika utworzonego w serii złożowej, uwzględniający różnicę ciśnienia piezometrycznego pomiędzy poziomem w serii złożowej a poziomem nadległym; parametr dotyczy zagrożenia nadległych poziomów wodonośnych ze strony zanieczyszczonych lub zmineralizowanych wód piętrowych w wyrobiskach górniczych;
- **tempo zatapiania kopalni**, jako czynnik wyznaczający okres możliwej eksploatacji ujęć zlokalizowanych w nadkładzie zbiornika utworzonego w serii złożowej;
- **różnica ciśnień piezometrycznych** w zbiorniku poddanym ocenie podatności i zbiorniku tworzonemu w zatapianej kopalni;
- **wpływ procesów utleniania minerałów siarczkowych** zapoczątkowany obniżeniem zwierciadła wody (wzrostem miąższości strefy aeracji) i konieczność uwzględnienia ich zawartości w utworach strefy aeracji.

W związku z brakiem uwzględnienia w systemie DRASTIC właściwości warstwy izolującej oddzielającej zbiornik

serii złożowej od poziomów nadległych, autorzy niniejszego artykułu proponują wprowadzenie dodatkowo następujących parametrów określających stopień izolacji pierwszego poziomu wodonośnego od poziomu w serii złożowej:

- **miąższość warstw izolujących** (jako element wpływający na wielkość zasilania poziomu poddanego ocenie podatności ze strony zbiornika tworzonego w serii złożowej),
- **stopień deformacji warstw izolujących** (mający związek ze sposobem eksploatacji i likwidacji wyrobisk, grubością i głębokością występowania wyeksploatowanych pokładów węgla, grubością strefy spękań ponad zlikwidowanym wyrobiskiem, stopniem pokrycia wyrobiskami).

Proponowane parametry określają ochronne właściwości warstwy izolującej pierwszy poziom wodonośny od poziomu w serii złożowej w zależności od jej grubości i ciągłości.

#### METODY GLA I PI

Do czasu odbudowy pierwotnych warunków hydrogeologicznych metody GLA i PI mogą być stosowane na terenach górniczych po korekcie zakresu wartości parametru W uwzględniającej zmiany wielkości infiltracji będące skutkiem drenażu górotworu i deformacji powierzchni terenu. Parametr określający właściwości ochronne poszczególnych warstw profilu strefy aeracji powinien uwzględniać zasięg

poeksploatacyjnej strefy spękań górotworu powstałych w wyniku likwidacji wyrobisk przez zawał, a także istnienie szybów, sztolni czy otworów wiertniczych, które niewłaściwie zlikwidowane mogą ułatwiać infiltrację wody w kierunku zbiornika.

Powstające w wyniku poeksploatacyjnych deformacji górotworu niecki obniżeniowe, zapadliska, nieciągłości profilu glebowego, rozmycia gruntu, stanowią strefy koncentracji infiltracji opadów atmosferycznych (w sposób zbliżony do koncentracji infiltracji na obszarach krasowych). Występowanie takich stref powinno zostać uwzględnione przy zastosowaniu metody PI na terenach górniczych jako dodatkowy parametr, który w przypadku istnienia wymienionych struktur deformacyjnych na rozpatrywanym terenie wpływałby na osłabienie zdolności ochronnych strefy aeracji.

Podobnie jak system DRASTIC, metody GLA i PI nie uwzględniają możliwości zagrożenia jakości wód zbiornika ze strony wód piętrowych w zrobach zatapianej kopalni. Zastosowanie tych metod na obszarach górniczych kopalń zlikwidowanych wymaga ich uzupełnienia o parametry określające:

- właściwości ochronne poszczególnych warstw utworów znajdujących się pod zbiornikiem,
- rodzaj i stopień deformacji utworów izolujących,
- istnienie potencjalnie niewłaściwie zlikwidowanych lub uszkodzonych szybów, otworów badawczych i obserwacyjnych oraz innych struktur wpływających na łączenie poziomów wodonośnych,
- jakość wód piętrowych w zrobach.

#### PODSUMOWANIE

Stopień przekształcenia naturalnych warunków geologicznych, hydrogeologicznych i hydrologicznych terenów objętych szkodliwym oddziaływaniem górnictwa na terenie GZW jest na tyle rozległy, że zastosowanie istniejących metod oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, bez wprowadzenia korekt i modyfikacji uwzględnianych w nich parametrów, nie może przynieść prawidłowych rezultatów nawet w przypadku braku zagrożenia ze strony spiętrzanych wód dołowych. Rozpoczęcie procesu zatapiania zlikwidowanej kopalni powoduje pojawienie się potencjalnego źródła zanieczyszczenia pochodzącego nie z powierzchni terenu lecz z przestrzeni znajdującej się pod zbiornikiem poddanym ocenie podatności na zanieczyszczenie.

W warunkach zatapiania zlikwidowanych zakładów górniczych niezbędna jest ocena możliwości wystąpienia pogorszenia jakości wód zbiornika w wyniku dopływu zanieczyszczonych wód kopalnianych, oparta na szczegółowej analizie nie tylko litologii i miąższości utworów znajdujących się pod zbiornikiem, ale również deformacji górotworu powstałych w wyniku eksploatacji pokładów węgla.

Zakres modyfikacji parametrów opisanych metod oraz konieczność wprowadzenia do nich nowych parametrów sprawia, że do oceny podatności zbiorników wód podziemnych na terenach górniczych zlikwidowanych kopalń w subregionie północno-wschodnim niezbędne jest opracowanie całkowicie nowego systemu uwzględniającego niekorzystne zjawiska związane z eksploatacją pokładów węgla, w tym odmienne źródła i kierunki migracji zanieczyszczeń. Zbliżony pogląd został przedstawiony przez Krogulec (2007) oraz Kowalczyka i Szczepańskiego (2008). Autorzy uważają, że wskazane jest podjęcie próby opracowania jednego i spójnego systemu oceny podatności wód na zanieczyszczenie dla całego GZW uwzględniającego wszelkie walory użytkowe wód. Biorąc jednak pod uwagę istotne trudności w jego przygotowaniu, należy rozpatrzyć opracowanie systemów scenariuszowych, uwzględniających istotne różnice w zakresie wpływów eksploatacji górniczej, w budowie geologicznej i warunkach hydrogeologicznych występujących w subregionach hydrogeologicznych zagłębia oraz systemach odwadniania zlikwidowanych zakładów górniczych.



## LITERATURA

- ALLER L., BENNETT T., LEHR J.H., HACKETT G., 1987 – DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeological settings. Technical Report, USEPA EPA-600/2-87/036. Ada, Oklahoma.
- BUKOWSKI P., BUKOWSKA M., 2005 – Zmiany niektórych własności środowiska geologicznego w strefie wahań zwierciadła wód w zbiornikach tworzonych w kopalniach węgla kamiennego w GZW. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 12: 77–83. UMK Toruń.
- BUKOWSKI P., BROMEK T., AUGUSTYNIAK I., 2006 – Using the DRASTIC system to assess the vulnerability of groundwater to pollution in mined areas of the Upper Silesian Coal Basin. *Mine and the Environment. J. Internat. Mine Water Assoc.*, **25**, 1: 15–22.
- GOLDSCHIEDER N., 2005 – Karst groundwater vulnerability mapping: application of a new method in the Swabian Alb, Germany. *Hydrogeol. J.*, **13**, 4: 555–564.
- KOWALCZYK A., SZCZEPAŃSKI A., 2008 – Warunki eksploatacji ujęć wód podziemnych na obszarach zurbanizowanych. *W: Materiały XVII Sympozjum naukowo-technicznego „Zrównoważone gospodarowanie zasobami wód podziemnych na terenach przekształconych antropogenicznie”*: 1–10. Koło Zakładowe PZiTS przy Wodociągach Częstochowskich SA, Częstochowa.
- KAJEWSKI I., 2000 – Metoda oceny zagrożenia jakości wód podziemnych przy pomocy systemu DRASTIC. *Zesz. Nauk. Akad. Roln. we Wrocławiu*, **339**.
- KROGULEC E., 2004 – Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych. Wyd. UW, Warszawa.
- KROGULEC E., 2007 – Wybrane metody oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia i ich zastosowanie w obszarach zurbanizowanych i uprzemysłowionych. *Prace Naukowe GIG*, **3**, Górnictwo i środowisko: 41–53.
- MARGANE A. red., 2003 – Management, Protection and Sustainable Use of Groundwater and Soil Resources in the Arab Region. Vol. 4. Guideline for groundwater vulnerability mapping and risk assessment for the susceptibility of groundwater resources to contamination. Technical Cooperation, Project nr 1996.2189.7.
- MIOTLIŃSKI K., KOWALCZYK A., 2007 – Obecność niklu w wodach podziemnych jako wynik zmian położenia zwierciadła wody. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*: 145–152. AGH, Kraków.
- PLUTA I., 1999 – Siarczany w wodach kopalń GZW. *Przeg. Górn.*, 7–8: 15–18.
- PLUTA I., 2005 – Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania. *Pr. Nauk. Gł. Inst. Gór. Ser. Stud. Rozpr. Monogr.*, **865**.
- ROGOŹ M., 2004 – Hydrogeologia kopalniana z podstawami hydrogeologii ogólnej. GIG, Katowice.
- SZCZEPAŃSKI A., 2004 – Wpływ górnictwa na środowisko wodne. *Prz. Geol.*, **52**, 10: 968–971.
- SZCZEPAŃSKI A., RÓŹKOWSKI A., 2007 – Wody kopalniane w obszarach intensywnej eksploatacji górniczej. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. Tom II. Państw. Inst. Geol., Warszawa*.
- WILK Z. (red.), 2003 – Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- ŻUREK A., WITCZAK S., DUDA R., 2002 – Ocena podatności szczelinowych zbiorników wód podziemnych na zanieczyszczenie. *W: Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie. Prace Wydz. Nauk o Ziemi UŚ*, **22**: 241–254.

## SUMMARY

Mining activity in the Upper Silesian Coal Basin caused harmful changes in the natural environment, including damages in the geological structure, hydrogeological conditions and ground surface. The direct results of mining activity include continuous and non-continuous rock mass deformation, being the reason of surface deformation, as well as changes in the groundwater regime, groundwater and surface-water pollution and many others.

Coal mine abandoning by their partial or total flooding results in hazard for groundwater quality, such as contamination by highly mineralized or contaminated mine waters recharged in goafs. The existing methods of assessment of groundwater vulnerability to pollution do not take into

consideration the above-mentioned type of contamination source. The basic assumption of vulnerability assessment methods, such as DRASTIC, GLA and PI, is the origin of contamination from the ground surface. Moreover, the above mentioned methods are applied in areas that are not covered with mining activity and non-urbanized. That is why their application within the USCBA requires a modification of some parameters. The modification should take into account a harmful influence of mining activity on protective properties of the unsaturated zone as well as implementation of new parameters defining the possibility of groundwater contamination by recharged mine waters.