

Załącznik 1

do wniosku habilitacyjnego

Dr inż. Wojciech Naworyta
Akademia Górniczo-Hutnicza im Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Katedra Górnictwa Odkrywkowego

AUTOREFERAT

O osiągnięciach w zakresie działalności naukowo-badawczej

A handwritten signature in black ink, reading "Wojciech Naworyta." The signature is written in a cursive style and is slanted upwards from left to right.

Kraków, czerwiec 2016

Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

W latach 1990-1995 studiowałem na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie na kierunku Inżynieria Środowiska. W latach 2001-2004 byłem stypendystą Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) w Akademii Górniczej we Freibergu w Niemczech. Posiadam następujące dyplomy:

- Dyplom ukończenia studiów magisterskich dziennych na wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. St. Staszica w Krakowie, 1995r.;
- Dyplom potwierdzający uzyskanie stopnia **doktora inżyniera** na Wydziale Nauk o Ziemi, Geotechniki i Górnictwa Uniwersytetu Technicznego Akademii Górniczej we Freibergu, 2005r. Tytuł rozprawy doktorskiej: „*Gebirgskinematische Analyse unter Nutzung der räumlichen Statistik*” (w załączeniu uwierzytelniona kopia wraz z tłumaczeniem przysięgłym);
- Zaświadczenie Rektora Akademii Górniczo-Hutniczej i Dziekana Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii AGH o uznaniu stopnia doktora inżyniera uzyskanego w Niemczech za równorzędny ze stopniem naukowym **doktora nauk technicznych** w Rzeczypospolitej Polskiej (w załączeniu kopia).

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- Od 1997r. do chwili obecnej jestem zatrudniony w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego;
- W latach 2001-2003 odbyłem studia doktoranckie w ramach stypendium Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) w Akademii Górniczej we Freibergu w Niemczech (TU Bergakademie Freiberg).
- Od 1 października 2005r. jestem zatrudniony na stanowisku adiunkta w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego na Wydziale Górnictwa i Geoinżynierii AGH w Krakowie.
- W latach 2005-2008 pełniłem funkcję Zastępcy Kierownika Katedry ds. Kształcenia w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego.

Wskazane osiągnięcia wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

Jako osiągnięcie naukowe do oceny w trybie postępowania habilitacyjnego przedkładam cykl jedenastu publikacji odnoszących się do problematyki: *Analizy i modelowania złóż węgla brunatnego z wykorzystaniem metod geostatystycznych pod kątem projektowania eksploatacji i sterowania jakością strugi surowca.*

1. **Naworyta W.** (2006): *Analiza i modelowanie danych geologicznych z wykorzystaniem narzędzi geostatystycznych dla celów projektowania górniczego*, **Górnictwo Odkrywkowe**, R. 48, nr 1-2, s. 76-81
2. **Naworyta W.** (2007): *Wpływ gęstości sieci rozpoznawczej na dokładność rozpoznania parametru złożowego z uwzględnieniem charakteru jego zmienności*, **Górnictwo Odkrywkowe**, R. 49, nr 7, s. 46-51
3. **Naworyta W.** (2008): *Analiza zmienności parametrów złożowych węgla brunatnego pod kątem sterowania jakością strumienia urobku*, **Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management**, t. 24 z. 2/4 s. 97–110
4. **Naworyta W.**, **Benndorf J.** (2012): *Ocena dokładności geostatystycznych metod modelowania złóż pod kątem projektowania eksploatacji na podstawie jednego ze złóż węgla brunatnego*, **Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management**, t. 28 z. 1, s. 77–101
5. **Naworyta W.**, **Sypniowski Sz.** (2013): *O problemie sterowania jakością strugi urobku w kopalniach węgla brunatnego w kontekście właściwego rozpoznania parametrów jakościowych złoża*, **Górnictwo Odkrywkowe**, R. 54, nr 2, s. 58-65
6. **Naworyta W.** (2013): *Analysis of the sulfur content in the Gubin lignite deposit for assessing the need for sorbent and the quantity of REA gypsum produced — Analiza zmienności zawartości siarki w węglu złoża Gubin pod kątem oceny zapotrzebowania na sorbent oraz produkcji REA-gipsu w planowanej elektrowni*, **Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management**, t. 29 z. 4, s. 47–58.
7. **Naworyta W.**, **Sypniowski Sz.**, **Benndorf J.** (2015): *Planning for reliable coal Quality delivery considering geological variability: a case study in Polish lignite mining*, **Journal of Quality and Reliability Engineering**, Art. ID 941879, s. 1-9
8. **Wasilewska-Błaszczyk M.**, **Naworyta W.**, (2015): *Geostatystyczna analiza parametrów złoża węgla brunatnego w funkcji postępów projektowanej eksploatacji*, **Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management**, t. 31, z. 4, s. 77-92,

9. **Naworyta W.**, (2015): Zastosowanie symulacji geostatystycznej w procesie analizy złoża pod kątem jego eksploatacji – przypadek złoża antropogenicznego, **Górnictwo Odkrywkowe**, R. 56, nr 2, s. 103-109,
10. Wasilewska-Błaszczyk M., **Naworyta W.**, (2015): *Zaawansowane techniki geostatystyczne we wstępnym etapie projektowania zagospodarowania złoża*, **Górnictwo Odkrywkowe**, R. 56, nr 2, s. 95-102
11. **Naworyta W.**, Jagodziński Z. (2015): Ocena dokładności prognozowania jakości surowca na przykładzie wieloodkrywkowej kopalni węgla brunatnego, **Przegląd Górniczy**, t. 71, nr 9, s. 20-29

Kopie publikacji zestawilem w załączniku 4 do Wniosku. Do wniosku dołączyłem oświadczenia współautorów.

Udział własny w opracowaniach publikacji współautorskich przedstawiłem poniżej przy omówieniu poszczególnych prac.

Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

Tematem, który łączy przedstawione do oceny publikacje jest: *Analiza i modelowanie złóż węgla brunatnego z wykorzystaniem metod geostatystycznych pod kątem projektowania eksploatacji i sterowania jakością strugi surowca*.

Publikacje układają się w cykl, w którym kolejne prace są rozwinięciem lub nawiązaniem do problematyki podjętej w pracach poprzednich.

Prace generalnie dotyczą jednej kopaliny – węgla brunatnego, tylko w jednym przypadku analizy wykonano na złożu antropogenicznym - składowisku odpadów po przeróbce węgla kamiennego. Analizy zostały wykonane na podstawie informacji geologicznej z eksploatowanych złóż rejonu konińskiego, nieeksploatowanych złóż z rejonu radomskiego - Głowaczów, Owadów, Wola Owadowska, Jastrzębia oraz złoża Gubin w woj. lubuskim, które było przedmiotem prac projektowych, również wykonywanych przez zespół pod moim kierownictwem.

Ze względu na specyfikę analizowanych pokładów węgla brunatnego analizy wykonano metodami w wersji dwuwymiarowej, w postaci map. Dostępne dane geologiczne dotyczące parametrów jakościowych węgla w złożach pokładowych najczęściej są uśrednione dla całej długości rdzenia, rzadziej dla dwóch lub trzech odcinków rdzenia wiertniczego, dlatego nie umożliwiają one modelowania zmienności parametrów kopaliny wzdłuż osi pionowej.

Przedstawione do oceny prace stanowią wyciąg z większego zbioru publikacji. Spośród nich do oceny wybrałem te, których wyniki zostały opublikowane w kwartalniku PAN Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management, (4) kwartalniku Górnictwo Odkrywkowe (5), w Przeglądzie Górniczym (1) oraz w czasopiśmie Journal of Quality and Reliability Engineering (1). Pięć spośród jedenastu prac stanowią prace jednoautorskie, pięć – dwuautorskie a jedna została napisana przy udziale trzech autorów. W wykonaniu dziewięciu prac pełniłem rolę głównego pomysłodawcy i autora korespondencyjnego, w dwu byłem współautorem o równorzędnym wkładzie autorskim (50%).

Metody geostatystyczne zostały opracowane już w latach 60-tych XX wieku, ponad dekadę później opracowano pierwsze metody symulacyjne oparte na założeniach geostatystycznych (Matheron 1962, Journel, Huijbregts, 1978, Goovaerts 1997, Akin, Siemens 1998, Isaaks, Srivastava 1989 i in.). Metody pod kątem matematycznym wciąż są rozwijane przez specjalistyczne ośrodki naukowe, wśród których przoduje Centre de Geoscience w Fontainebleau, i z powodzeniem stosowane są w światowym górnictwie. W krajach o dużym znaczeniu gałęzi surowcowej metody geostatystyczne od dawna weszły do kanonu. Analiza zmienności parametrów złożowych, procedura krigingu czy wyniki symulacji geostatystycznej umożliwiają rozwiązanie wielu ważnych zadań geologiczno-górnictwowych, takich jak: wyznaczenie granic złoża, szacowanie wielkości zasobów, ocena dokładności przeprowadzonych oszacowań wartości parametrów, interpolacja i wykonywanie map izolinowych zmienności parametrów złożowych, modelowanie złóż w wersji dwu- i trójwymiarowej, badania zmienności kierunkowej parametrów złożowych, projektowanie sieci otworów rozpoznawczych.

Historia zastosowań geostatystyki do analiz polskich złóż węgla brunatnego liczy niespełna 20 lat. Publikowane prace odnoszące się do tego zakresu są wciąż stosunkowo nieliczne. Wśród autorów publikacji z tej dziedziny należy wymienić m.in.: M. Niecia, J. Muchę, B. Namysłowską-Wilczyńską, M. Wasilewską-Błaszczuk, T. Słomkę, T. Bartusia, L. Jurdziaka, R. Kozulę, S. Mazurka, Z. Kokesza, ostatnio również K. Pactwę i J. Woźniak. Polskie publikacje odnoszące się do zastosowania metod geostatystycznych do analizy i modelowania złóż węgla brunatnego zestawiono w pracy (Jurek, Mucha, Wasilewska-Błaszczuk 2013). Cytując niektóre wnioski z tej publikacji:

1. „Metody geostatystyczne wykorzystywane są najczęściej w pracach naukowych ośrodków akademickich, natomiast w mniejszym stopniu stosowane w zakładach górniczych. Może to być związane ze skomplikowaną podstawą teoretyczną geostatystyki, jak i trudnościami w modelowaniu geostatystycznym złóż oraz dostępnością odpowiedniego oprogramowania komputerowego.
2. Dotychczasowe badania geostatystyczne złóż węgla brunatnego cechuje pewna fragmentaryczność rozumiana jako objęcie analizą z reguły tylko wybranych partii całych złóż, jak i niepełnego zestawu parametrów opisujących jakość węgla.
3. Nielosowość zmian wartości zdecydowanej większości parametrów złożowych potwierdza celowość badania złóż węgla brunatnego metodami geostatystyki Matherona, co gwarantuje uzyskanie bardziej wiarygodnych rezultatów szacowania parametrów złożowych niż przy zastosowaniu tradycyjnych metod statystyki klasycznej.
4. Należy poszerzyć zakres dotychczas stosowanych metod geostatystyki i zweryfikować przydatność bardziej zaawansowanych metod geostatystyki nieliniowej (kriging uniwersalny, indyktorowy, probabilistyczny, rozłączny i inne).
5. Pożądane i racjonalne jest konstruowanie geostatystycznych modeli 3D całych złóż węgla brunatnego jako podstawy wielowariantowego szacowania zasobów (bilansowych, przemysłowych, operatywnych) oraz przy dobrym rozpoznaniu złoża sterowania jakością urobku. (...)”

Moje własne doświadczenia z kontaktów z branżą górnictwa węgla brunatnego potwierdzają powyższe wnioski. Do modelowania stosowane są proste algorytmy, które, co prawda, nie są pracochłonne, ale wykonane tymi metodami modele znacznie odbiegają jakością i wiernością odwzorowania rzeczywistego złoża.

Podstawy teoretyczne geostatystyki są trudne. Często to właśnie jest przyczyną, dla której metody te nie są w polskim górnictwie stosowane powszechnie. Stąd rodzi się potrzeba upowszechniania wiedzy na temat metod oraz możliwości ich zastosowania, bez konieczności

zglobiania trudnej teorii funkcji losowych, która leży u podstaw geostatystyki. Moje publikacje w znacznej części dotyczą użytecznej strony metod geostatystycznych.

Celem głównym stosowania metod geostatystycznych w moich pracach jest rozwiązanie problemów związanych z procesem sterowania jakością urobku w kopalniach węgla brunatnego. Sterowanie to proces wieloetapowy, na który składają się czynności:

1. Rozpoznanie i modelowanie złoża:
 - a. inspekcja wiarygodności wyników opróbowań,
 - b. rozpoznanie i analiza jakości,
 - c. modelowanie zmienności parametrów jakościowych złoża.
2. Projektowanie eksploatacji (planowanie długoterminowe):
 - a. określenie miejsca udostępnienia złoża,
 - b. określenie kierunków i postępów eksploatacji.
3. Planowanie średnioterminowe.
4. Eksploatacja i kontrola (planowanie operacyjne):
 - a. planowanie zadań maszyn podstawowych,
 - b. analiza jakości strugi urobku, transport,
 - c. składowanie i homogenizacja.

Końcowym efektem tego procesu jest struga węgla o stabilnych parametrach jakościowych. Jest to jeden z warunków osiągnięcia wysokiej sprawności produkcji energii w nowoczesnych elektrowniach. Stabilny i wysoko wydajny proces produkcji energii w elektrowniach konwencjonalnych oznacza niższy koszt wytworzenia energii, zmniejszony wpływ na środowisko, niższą emisję CO₂ w relacji do wyprodukowanej ilości energii. Relatywnie stała pod względem jakości struga surowca przekłada się na wyniki finansowe kopalni ponieważ cena węgla zależy od jego jakości a duże odstępstwa od umownych poziomów głównych parametrów węgla są powodem nakładania umownych kar finansowych.

W publikacjach poruszono problemy z zakresu: analizy parametrów złożowych, modelowania zmienności parametrów w przestrzeni złoża, doboru gęstości sieci otworów rozpoznawczych, wyboru części złoża do eksploatacji, planowania długoterminowego, średnioterminowego i operacyjnego oraz homogenizacji węgla na placach składowych.

Modelowanie złoża jest pierwszym i jednym z najważniejszych etapów procesu projektowania górnictwa, w tym również sterowania jakością surowca. Na modelu oparte są koncepcje, studia, projekty eksploatacji złoża a także oceny opłacalności ekonomicznej przedsięwzięć górniczych. Model tworzy się na podstawie dyskretnych danych pochodzących głównie z otworów rozpoznawczych, które na etapie rozpoznania złoża wiercone są w rzadkiej sieci o nieregularnym rozmieszczeniu otworów. Umieszczenie otworów w przestrzeni nad złożem zależy od wielu czynników i nie zawsze możliwe jest ich odwiercenie zgodnie z projektem prac geologicznych. Informacje z otworów wiertniczych często zawierają błędy, których źródło tkwi w samym procesie dokumentowania. W oparciu o niedoskonałą i dyskretną informację wykonuje się model złoża, na podstawie którego podejmowane są decyzje dotyczące jego zagospodarowania. Dokładność modelu w stosunku do rzeczywistego a nieznanego złoża ma znaczenie pierwszorzędne i przenosi się na efektywność całego procesu górnictwa. Jest jednym z czynników ryzyka przedsięwzięcia górnictwa i przekłada się na jego efekt ekonomiczny. Błędy popełnione na etapie modelowania mogą skutkować podjęciem złych decyzji gospodarczych, wśród których decyzja o zagospodarowaniu lub zaniechaniu eksploatacji może mieć wagę miliardów złotych.

Jedną z najbardziej użytecznych form modelowania cech złożowych są mapy izoliniiowe, które obrazują charakter zmienności parametru w obszarze złoża. Dla ich wykonania konieczne jest przeprowadzenie interpolacji znanych wartości parametrów złożowych (obserwacji) do regularnej siatki interpolacyjnej. Interpolację można przeprowadzić na wiele sposobów. Wśród popularnych metod są: metoda odwrotnej odległości do potęgi, metoda minimum krzywizny, metoda Sheparda, metoda wielomianów, metoda średniej kroczącej itp. Specjalną grupę wśród metod interpolacyjnych stanowią metody oparte na założeniach geostatystycznych.

W publikacjach przedstawiłem problem modelowania złóż z naciskiem na wybór metody najlepszej, która obok prognozy najbardziej prawdopodobnej zmienności modelowanych parametrów umożliwi również ocenę dokładności, albo ocenę wiarygodności wykonanego modelu. Warunki te spełniają metody oparte na założeniach geostatystycznych – estymacja i interpolacja metodą krigingu lub bardziej zaawansowana metoda symulacji geostatystycznej. Zaletą metod geostatystycznych jest możliwie pełne wykorzystanie dostępnej informacji o złożu przez uwzględnienie wartości obserwacji oraz położenia otworów rozpoznawczych i wzajemnych relacji jakie występują pomiędzy obserwacjami. Ich zastosowanie jest tematem przewodnim, który łączy wszystkie przedstawione do oceny prace.

Przedstawiłem praktyczne sposoby zastosowania metod geostatystycznych na wielu etapach działalności górniczej, począwszy od wstępnej analizy dokumentacji geologicznej, przez ocenę sieci rozpoznawczej, wybór części złoża do eksploatacji, jego okonturowanie, planowanie długoterminowe, planowaniem średnioterminowe po sterowanie operacyjne i homogenizację urobku.

Omówienie cyklu publikacji przedstawionych do oceny

Naworyta W. (2006): Analiza i modelowanie danych geologicznych z wykorzystaniem narzędzi geostatystycznych dla celów projektowania górniczego

W pracy przedstawiłem przegląd metod i narzędzi geostatystycznych, które mogą być wykorzystane w procesie projektowania górniczego. Omówiłem w niej podstawowe pojęcia z dziedziny geostatystyki tj. semiwariogram, nugget effect, kriging, odchylenie standardowe krigingu, symulację geostatystyczną. Zaproponowałem sposób interpretacji niektórych cech wariogramu. Na kilku symulowanych przykładach pokazałem zależność pomiędzy kształtem wariogramu a zmiennością parametru złożowego. Pokazałem typowe cechy odchylenia standardowego modelu wykonanego metodą krigingu. Przedstawiłem podstawowe obszary stosowania geostatystyki skupiając się na modelowaniu parametrów geologicznych. Wymieniłem zalety tych metod oraz powody, dla których mimo większego nakładu pracy warto je stosować. Omówiłem niektóre specjalistyczne programy komputerowe stosowane do obliczeń geostatystycznych. Artykuł ma charakter wstępny jednak w połączeniu z pozostałymi stanowi według mnie ważną część cyklu prac.

Mój wkład autorski w opracowanie publikacji wynosi 100%.

Naworyta W. (2007): Wpływ gęstości sieci rozpoznawczej na dokładność rozpoznania parametru złożowego z uwzględnieniem charakteru jego zmienności

Praca dotyczy problemu doboru gęstości sieci otworów dla właściwego rozpoznania parametrów złożowych. Parametry złożowe cechują się różną zmiennością. Dla oceny i modelowania jednych wystarczy kilka otworów rozpoznawczych, podczas gdy dla innych nawet gęsta sieć otworów nie umożliwia dokładnego rozpoznania i modelowania. W pracy analizowałem dwa ważne parametry węgla, które w przypadku kopalni Konin miały największy wpływ na cenę węgla oraz na wysokość kar z tytułu przekroczenia poziomów umownych. W oparciu o informację z sieci otworów rozpoznawczych przeanalizowałem zawartość siarki oraz udział piasku w węglu brunatnym eksploatowanych jednego ze złóż przez KWB Konin (złożo Pątnów IV, eksploatowane odkrywką Kazimierz). Korzystając z narzędzi geostatystycznych oceniłem dokładność szacowania wartości średniej w blokach eksploatacyjnych. Metodą sztucznego rozrzedzania sieci otworów przeanalizowałem wpływ gęstości sieci na jakość rozpoznania zmienności parametrów złożowych oraz na dokładność szacowania wartości średniej w blokach. Wyniki eksperymentu wykazały duże różnice w dokładności szacowania wartości średniej siarki i piasku. Najbardziej rozrzedzona sieć otworów okazała się wystarczająca do rozpoznania struktury i szacowania średniej zawartości siarki w blokach eksploatacyjnych o wymiarach 50 x 50 m. W przypadku zawartości piasku, ze względu na znaczny udział składnika losowego w zmienności tego parametru, nawet najbardziej gęsty wariant sieci nie umożliwia szacowania wartości średniej w blokach z założonym dopuszczalnym poziomem błędu. W praktyce oznacza to, że gęstość sieci otworów może być dostosowana do parametru zawartości siarki, której zmienność da się modelować z wystarczającą dokładnością. Zgodnie z wynikami pracy zagęszczanie sieci otworów nie przełoży się na wyraźne zwiększenie dokładności wyników szacowania wartości średniej siarki i piasku a tylko podniesie koszty operacji.

Publikacja stanowi wyciąg z pracy wykonywanej przeze mnie na zlecenie KWB Konin, w której analizie poddałem kilka ówczesnie eksploatowanych złóż rejonu konińskiego.

Mój wkład autorski w opracowanie publikacji wynosi 100%.

Naworyta W. (2008): Analiza zmienności parametrów złożowych węgla brunatnego pod kątem sterowania jakością strumienia urobku

Wnioski przedstawione w pracy mają charakter podstawowy i dotyczą analizy zmienności parametrów oraz wynikających stąd konsekwencji dla procesu modelowania i sterowania jakością urobku. Metodą wariogramów analizowałem strukturę zmienności parametrów jakościowych – wartości opalowej, zawartości części niepalnych oraz zawartości siarki trzech różnych złóż węgla brunatnego.

Obok parametrów jakościowych kopaliny, mających największe znaczenie w procesie sterowania jakością urobku, dla porównania wykonałem również analizy parametrów strukturalnych złoża – rzędnych stropu, spągu oraz miąższości pokładu. Materiał badawczy stanowiły dane z dwóch nie eksploatowanych złóż węgla brunatnego z okolic Radomia - Głowaczów i Wola Owadowska a wyniki porównano z wynikami analiz wykonanych na jednym ze złóż rejonu konińskiego Pątnów III w odkrywce Kazimierz. To ostatnie w procesie eksploatacji zostało gruntownie przebadane przez odwiercenie 1090 otworów i jako takie

stanowiło materiał porównawczy (referencyjny) dla badań na złożach, których rozpoznanie było znacznie uboższe - 45 i 128 otworów rozpoznania geologicznego. Złoża radomskie i konińskie reprezentują I środkowopolski pokład jednak odległość jaka je dzieli nie uprawnia do formułowania wniosków o podobnej ich genezie. W pracy sformułowałem oczekiwania co do podobieństwa struktury parametrów. Była to hipoteza, której w pracy nie udało się potwierdzić.

Mimo bezpośredniego sąsiedztwa badanych złóż radomskich (Głowaczów i Wola Owadowska), zmienność parametrów jakościowych - popielności, wartości opałowej, zawartości siarki nie wykazuje wzajemnego podobieństwa. Na kształt wariogramów nie wpływa również ilość obserwacji. Wariogramy nie tylko nie są podobne, wręcz się drastycznie różnią. Źródło tego może tkwić nie tylko w rzeczywistym charakterze zmienności badanych parametrów, ale również w jakości prac geologicznych wykonywanych w procesie dokumentowania złóż radomskich.

W przeciwieństwie do parametrów jakościowych wariogramy parametrów strukturalnych (rzędne stropu, spągu, miąższość pokładu) wskazują na duży udział zmienności nielosowej oraz niski udział wariancji lokalnej (nugget effect). Wykazują też duże podobieństwo do analogicznych wariogramów złoża referencyjnego O/Kazimierz.

Mimo prostego charakteru przedstawionych analiz artykuł wnosi moim zdaniem kilka informacji, które można uznać za wartościowe. Jedną z nich stanowi wariogram zawartości siarki wykonany na podstawie 1090 obserwacji. Mimo gęstej sieci otworów i ogromnej jak na potrzeby analiz ilości obserwacji, wartość wariancji lokalnej (nugget effect) osiąga prawie dokładnie połowę wartości wariancji ogólnej. Jest to informacja, która oprócz charakteru zmienności tego parametru określa również granicę dokładności jego prognozowania w złożach węgla brunatnego. Podobne wartości uzyskałem badając zupełnie inne złoża z rejonu konińskiego (Naworyta, Jagodziński, 2015). Mój wkład autorski w opracowanie publikacji wynosi 100%.

Naworyta W., Benndorf J. (2012): Ocena dokładności geostatystycznych metod modelowania złóż pod kątem projektowania eksploatacji na podstawie jednego ze złóż węgla brunatnego

W pracy przedstawiono zastosowanie metody symulacji geostatystycznej do rozwiązywania niektórych zadań projektowych. Analizy wykonano metodą symulacji i krigingu. Porównano otrzymane wyniki i przedstawiono wady i zalety obydwu metod.

Na podstawie danych ze złoża węgla brunatnego Drzewce w rejonie konińskim wykonano modele zmienności wartości opałowej. W pracy wykorzystano dwa zestawy danych – dane z otworów wykonanych na etapie dokumentowania złoża oraz dane z regularnej sieci otworów rozpoznania eksploatacyjnego. Te pierwsze służyły jako podstawa do modelowania a drugie dzięki dużej ilości obserwacji oraz znacznie większej gęstości sieci wykorzystano jako materiał porównawczy. Modele wykonano metodą krigingu zwyczajnego oraz metodą symulacji geostatystycznej w wersji sekwencyjnej symulacji warunkowej Gaussa (SGSIM) z wykorzystaniem ogólnie dostępnego programu S-GeMS (Remy i in. 2009).

Obydwie metody modelowania oprócz wartości średnich parametrów w węzłach sieci interpolacyjnej dostarczają informacji o wielkości błędu estymacji – odchylenia standardowego modelu. Więcej miejsca poświęcono zastosowaniu symulacji geostatystycznej, która w praktyce modelowania złóż w Polsce ze względu na dostępność odpowiednich narzędzi oraz stosunkowo duży nakład pracy jest narzędziem stosowanym sporadycznie (Jurek, Mucha, Wasilewska-Błaszczyk 2013, Jurdziak, Kawalec 2011).

Na podstawie przykładu przedstawiono sposób wykonania i interpretacji modeli wykonanych metodą krigingu zwyczajnego i metodą symulacji warunkowej; wykazano zalety symulacji w stosunku do krigingu zwyczajnego oraz przedstawiono przykłady zastosowania symulacji do rozwiązywania konkretnych zadań związanych z analizą złoża, projektowaniem jego zagospodarowania oraz do celów związanych ze sterowaniem jakością urobku. Jest to jedna z pierwszych prac w Polsce dotycząca zastosowania symulacji geostatystycznej do modelowania złóż węgla brunatnego.

Byłem autorem koncepcji, zakresu analiz i planu pracy. Przygotowałem materiał badawczy, wykonałem jego analizę statystyczną i geostatystyczną. Wykonałem modele złóż metodą krigingu zwyczajnego. Opracowałem metodę porównania i oceny modeli wykonanych dwiema różnymi metodami. Opracowałem przykład wykorzystania metody symulacji do analizy prawdopodobieństwa przekroczenia parametrów krytycznych. Opracowałem wyniki oraz wykonałem wszystkie ilustracje. Opracowałem tekst publikacji wraz z wnioskami. Swoją udział oceniam na poziomie 60%. Oświadczenie Współautora w załączeniu.

Naworyta W., Sypniowski Sz. (2013): O problemie sterowania jakością strugi urobku w kopalniach węgla brunatnego w kontekście właściwego rozpoznania parametrów jakościowych złoża

Publikacja odnosi się bezpośrednio do problematyki sterowania jakością strugi węgla w procesie eksploatacji na bazie informacji o złożu o różnym stopniu dokładności. Praca dotyczy planowania średnioterminowego.

Ideą publikacji była ocena przydatności materiału pomiarowego z dokumentacji geologicznej złoża do średnioterminowego sterowania jakością urobku w procesie eksploatacji. Analizie poddano średnie wartości jednego parametru węgla brunatnego – wartości opałowej. Analizowano parametr w blokach złoża, określonych granicami miesięcznego postępu frontów eksploatacyjnych. Analizy obejmują 40 miesięczny okres eksploatacji. Przedmiotem pracy było pole Bilczew na złożu Drzewce w rejonie konińskim.

Na podstawie dwóch źródeł informacji (dokumentacji geologicznej i rozpoznania eksploatacyjnego) wykonano modele złoża metodą krigingu i symulacji geostatystycznej. Porównano wartości średnie w miesięcznych blokach eksploatacyjnych.

Różnice pomiędzy wartościami średnimi na podstawie dokumentacji w stosunku do modelu referencyjnego są duże i mieszczą się w granicach 5-20%. W tym konkretnym przypadku wartości z dokumentacji geologicznej okazały się przeszacowane, zbyt optymistyczne. Z informacji pozyskanych w kopalniach węgla brunatnego wynika, że przeszacowanie niektórych parametrów, zwłaszcza w starszych dokumentacjach geologicznych jest zjawiskiem dość typowym i średnio wynosi 10%. Praktyczne znaczenie tej pracy ma informacja o skali niedokładności szacunków opartych na dokumentacjach geologicznych oraz o konieczności wykonywania rozpoznania eksploatacyjnego ze stropu pokładu węgla po zdjęciu nadkładu w celu dokładnego prognozowania parametrów urobku. Na podstawie informacji geologicznej można poczynić zaledwie pierwsze przymiarki do procesu sterowania eksploatacji. Dokładniejsze sterowanie strugą urobku umożliwi dopiero rozpoznanie eksploatacyjne. Warto tu podkreślić, że w tej pracy nie dokonano analizy dokładności rozpoznania eksploatacyjnego, wyniki tego rozpoznania przyjęto jako referencyjne. Problem dokładności rozpoznania eksploatacyjnego w porównaniu do badań laboratoryjnych strugi urobku był przedmiotem późniejszej pracy (Naworyta, Jagodziński 2015).

Byłem pomysłodawcą pracy; określiłem jej zakres; pozyskałem dane w KWB Konin i przygotowałem je do analiz. Wykonałem modele metodą krigingu i metodą symulacji geostatystycznej - metodą sekwencyjną Gaussa w wersji warunkowej. Wykonałem obliczenia wartości średniej w miesięcznych blokach eksploatacyjnych. Opracowałem tekst i wnioski wraz z ilustracjami.

Swój udział oceniam na 50%. Oświadczenie Współautora w załączeniu.

Naworyta W., Sypniowski Sz., Benndorf J. (2015): Planning for reliable coal Quality delivery considering geological variability: a case study in Polish lignite mining

W pracy przedstawiono zastosowanie dwóch metod modelowania - krigingu i symulacji geostatystycznej z wykazaniem ich wad i zalet w kontekście sterowania jakością urobku na etapie planowania operacyjnego eksploatacji złoża.

Analiza została wykonana na przykładzie wyeksploatowanej części Pola Bilczew złoża Drzewce z rejonu konińskiego. Publikacja jest kontynuacją wcześniejszych badań, które odnosiły się do sterowania jakością na etapie planowania średnioterminowego (Naworyta, Sypniowski 2013). Obydwie publikacje łączy problem analizy jakości strumienia węgla w kontekście jego zmienności w złożu oraz w zależności od sposobu jego urabiania. W obydwu publikacjach analizie poddano zmiany jakości węgla w funkcji postępów frontów eksploatacyjnych. Różnica polega na wielkości analizowanych postępów. W pierwszej (Naworyta, Sypniowski 2013) analizowano zmiany miesięczne w okresie ok. 4 lat eksploatacji, w drugiej (Naworyta, Sypniowski, Benndorf 2013) zmiany dobowe w okresie sześciu miesięcy.

Zmiany parametrów węgla eksploatowanego złoża wynikają z naturalnej przestrzennej zmienności parametrów złożowych. Ocena zmienności w procesie eksploatacji i w konsekwencji sterowanie jakością w celu utrzymania parametrów na żądanym poziomie możliwe jest tylko wtedy gdy ta zmienność parametru jest odpowiednio rozpoznana i zamodelowana w przestrzeni eksploatowanego złoża. To znowu wymaga zastosowania odpowiednich metod, dzięki którym model będzie w sposób wiarygodny odzwierciedlał rzeczywiste cechy złoża. W pracy pokazano konsekwencje zastosowania krigingu i symulacji geostatystycznej dla oceny zmienności wartości opałowej na etapie eksploatacji.

Ze względu na kształt złoża, zaprojektowany sposób eksploatacji oraz zmienność naturalną wartości opałowej węgla w postępach eksploatacji wykazano wahania jakości surowca w niemal regularnych 15-to dobowych cyklach. Biorąc pod uwagę niedoskonałość rozpoznania złoża, albo błędy wynikające z opróbowania rdzeni otworów rozpoznawczych wahania te w rzeczywistości mogą być znacznie większe niż wykazane na podstawie rozpoznania w trakcie dokumentowania złoża. Potwierdzają to praktyczne doświadczenia z kopalń węgla brunatnego. Wielkość możliwych odchyłeń na podstawie danych z rozpoznania eksploatacyjnego oszacowano dzięki zastosowaniu symulacji geostatystycznej. W przypadku sterowania jakością surowca znacznie lepsze rezultaty osiąga się stosując metody symulacyjne niż metodę krigingu. Ze względu na cechy wszystkich metod interpolacyjnych w modelu dochodzi do tzw. wygładzenia wartości bardzo wysokich i bardzo niskich. Kompensację tego efektu można uzyskać stosując skomplikowaną poprawkę Yamamoto albo wykonując model stosując symulację geostatystyczną. Poszczególne realizacje różnią się od siebie ale struktura każdej realizacji ujawniająca się w kształcie wariogramu jest podobna do struktury obserwacji. Zostało to pokazane w publikacji.

W pracy zaproponowano metodę umożliwiającą kompensację cyklicznych wahań parametru na etapie eksploatacji tego konkretnego złoża przez zastosowanie dwóch koparek urabiających węgiel z odpowiednim wzajemnym przesunięciem na froncie eksploatacyjnym albo też przez zastosowanie odpowiedniej wielkości placu homogenizacyjnego. Zaproponowanie jednego z dwóch rozwiązań możliwe jest tylko wtedy gdy złoże jest właściwie rozpoznane i wykonany został wiarygodny model zmienności jego parametrów.

Dla opracowania publikacji przygotowałem materiał pomiarowy, wyselekcjonowałem obszar złoża dla przeprowadzenia badań, zaproponowałem metodę badań, zakres pracy. Wykonałem analizy statystyczne i geostatystyczne na wybranej części złoża, wykonałem wszystkie ilustracje na podstawie modeli, opracowałem wyniki badań oraz wnioski. Swoją wkład w opracowanie publikacji oceniam na poziomie 65%. Oświadczenia współautorów w załączeniu.

Naworyta W. (2013) Analysis of the sulfur content in the Gubin lignite deposit for assessing the need for sorbent and the quantity of REA gypsum produced — Analiza zmienności zawartości siarki w węglu złoża Gubin pod kątem oceny zapotrzebowania na sorbent oraz produkcji REA-gipsu w planowanej elektrowni.

Na podstawie modelu zmienności miąższości pokładów węgla w złożu Gubin, modelu zmienności zawartości siarki w dwu przewidzianych do eksploatacji pokładach oraz na podstawie projektowanych postępów eksploatacyjnych obliczono ilość siarki w węglu w funkcji postępów eksploatacji złoża. Zmienność zawartości siarki oszacowano dla projektowanych dziesięciu 5-letnich postępów frontów eksploatacyjnych.

Przyjęcie w pracy postępów rocznych, ze względu na stopień rozpoznania złoża, nie przyniosłoby oczekiwanej poprawy dokładności przeprowadzonych szacunków. Modele zmienności parametrów w złożu policzono metodą kriginu blokowego. Na podstawie reakcji neutralizacji dwutlenku siarki z węglanem wapnia (sorbentem) i obliczeń stechiometrycznych wyliczono ilość sorbentu konieczną do całkowitego odsiarczenia spalin. Na podstawie panujących tendencji w energetyce opartej na węglu brunatnym przyjęto, że w projektowanej elektrowni zastosowana będzie mokra metoda wapienna. Produktem ubocznym tego procesu jest gips syntetyczny. W pracy obok ilości siarki w węglu wyliczono ilość sorbentu oraz ilość gipsu jaka będzie produkowana dzięki zastosowaniu instalacji odsiarczania spalin.

Analizy wykazały, że ilość siarki w funkcji postępu eksploatacji będzie się istotnie zmieniać. Szczególnie dużo siarki zawiera węgiel z pokładu IV, który zgodnie z projektem będzie eksploatowany równolegle z głównym pokładem II. Wyniki przedstawione w pracy mają znaczenie dla projektowanej elektrowni oraz instalacji odsiarczania spalin. Gips syntetyczny podobnie jak przy innych elektrowniach spalających węgiel brunatny może być wykorzystany jako surowiec do produkcji wyrobów gipsowych. Ze względu na zwiększoną ilość siarki w okresach eksploatacji pokładu IV konieczne będzie zaprojektowanie składowiska (złoża antropogenicznego) w celu magazynowania nadwyżek gipsu odpadowego.

Wyniki pracy zostały w praktyce wykorzystane w procesie formułowania założeń do projektu elektrowni na złożu Gubin przez spółkę PGE Gubin. Temat gospodarki gipsem syntetycznym przedstawiony w tej publikacji był kontynuowany a wnioski opublikowano w publikacji (Szlugaj, Naworyta 2015).

Mój wkład autorski w opracowanie publikacji wynosi 100%.

Wasilewska-Błaszczuk M., Naworyta W., (2015): Geostatystyczna analiza parametrów złoża węgla brunatnego w funkcji postępów projektowanej eksploatacji

W pracy przeanalizowano zmienność podstawowych parametrów złoża Gubin – wartości opałowej węgla oraz miąższości pokładów w funkcji projektowanych postępów frontów eksploatacyjnych. W swojej treści praca jest podobna do (Naworyta 2013), w której na podstawie zawartości siarki prognozowano ilość gipsu. Głównym celem wykonania tej pracy była odpowiedź na pytanie – jak będą zmieniać się parametry węgla w funkcji postępów eksploatacyjnych w przypadku równoległej eksploatacji dwóch pokładów – głównego pokładu II oraz głębiej położonego pokładu IV.

Równoległa eksploatacja dwóch pokładów węgla o różnych właściwościach jakościowych w praktyce jest szansą albo zagrożeniem dla efektywnego sterowania jakością łącznej wypadkowej strugi urobku. W przypadku złoża Gubin, w ramach zaprojektowanych postępów eksploatacyjnych możliwe jest skompensowanie dużych wahań jakości urabianego węgla (wartości opałowej) przez odpowiednie mieszanie węgla z dwóch pokładów. Dzięki naturalnym właściwościom pokładów skrajne parametry wartości opałowej jak i miąższości pokładów w procesie eksploatacji będą występowały naprzemiennie, co pokazano na wykresach. W okresach, w których wartość opałowa węgla II pokładu będzie niska, w pokładzie IV będzie urabiany węgiel o relatywnie wysokiej wartości opałowej, podobnie w przypadku miąższości pokładów. Taka naturalna zmienność parametrów ułatwi sterowanie jakością wypadkowej strugi węgla.

Należy jednak podkreślić, że praca dotyczy postępów 5-letnich, czyli charakteryzuje się niskim stopniem dokładności. Występuje efekt uśrednienia w dużych 5 letnich blokach eksploatacyjnych. Zwiększenie dokładności szacunków będzie możliwe dopiero po wykonaniu dodatkowych badań geologicznych. Na obecnym etapie rozpoznania złoża wykonywanie analiz w projektowanych jednorocznych postęпах frontów eksploatacyjnych nie przełoży się na poprawę dokładności wyników.

Na wykresach zestawiono wartości średnie w blokach eksploatacyjnych wraz z obszarami wiarygodności prognozy (błędu oszacowania wartości średniej). Pokazano również średnią wypadkową wartość opałową obliczoną jako średnią ważoną. Wagą dla tych obliczeń były masy węgla z poszczególnych pokładów II i IV składających się na łączną, wypadkową masę węgla.

Pomysł pracy narodził się przy opracowywaniu założeń do projektu elektrowni, która w przypadku zagospodarowania złoża będzie produkować energię z węgla złoża Gubin. Moim zdaniem do opracowania projektu elektrowni nie jest wystarczająca informacja o średnich wartościach parametrów i ich statystycznym rozkładzie. Bardzo istotna jest informacja o zmienności w funkcji eksploatacji i wynikających stąd możliwości bieżącego uśredniania strugi urobku. Byłem inicjatorem i pomysłodawcą publikacji. Określiłem jest zakres i treść. Przygotowałem dane z dokumentacji geologicznej złoża Gubin i opracowałem podstawowe statystyki. Opracowałem tekst publikacji i wnioski. Swój wkład w wykonanie publikacji oceniam na 50%. Oświadczenie Współautorki w załączeniu.

Naworyta W., (2015): Zastosowanie symulacji geostatystycznej w procesie analizy złoża pod kątem jego eksploatacji – przypadek złoża antropogenicznego

Praca dotyczy projektowania eksploatacji złoża, w tym przypadku złoża antropogenicznego, jakim było składowisko odpadów poprzemysłowych z kopalń węgla

kamiennego. W odpadach stwierdzono występowanie relatywnie dużej pozostałości węgla, która dochodziła miejscami nawet do 13%, średnio ok. 7%. Praca jest pokłosem analiz wykonywanych na zlecenie potencjalnego inwestora, zamierzającego prowadzić odzysk węgla z odpadów.

Mimo antropogenicznego charakteru złoża (składowiska) w zmienności głównego parametru odpadów - zawartości węgla stwierdzono duży udział zmienności nielosowej, kwalifikującej tę cechę złoża do analiz metodami geostatystycznymi. Problem stacjonarności parametrów został szerzej omówiony. Zmienność pozostałych parametrów węgla wykazywała zmienność losową, wyjątkiem była zawartość siarki w pozostałościach węglowych, w zmienności której widoczna była autokorelacja.

Analizy wykonałem z zastosowaniem symulacji Sekwencyjną Metodą Gaussa w wersji warunkowej z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania do modelowania złóż ISATIS firmy Geovariances z Fontainebleau. Procedura symulacji metodą Gaussa jest kilkietapowa. Wymaga transformacji danych do rozkładu normalnego oraz ponownej transformacji wyników do rozkładu pierwotnego. Wyniki symulacji (realizacje) należy poddać obróbce statystycznej. W publikacji omówiłem kolejne etapy procesu symulacji. Mimo dużego nakładu pracy symulacja geostatystyczna ma wiele zalet. Poszczególne realizacje wiernie oddają strukturę zmienności. Symulacja kompensuje istotną wadę metod interpolacyjnych, w tym również krigingu, jaką jest tzw. efekt wygładzania modelu w stosunku do obserwacji.

Wykonałem model zmienności zawartości węgla w odpadach wraz z odchyleniem standardowym modelu. Na podstawie realizacji symulacji obliczyłem prawdopodobieństwo przekroczenia przyjętego krytycznego poziomu analizowanej zawartości węgla w odpadach. Wykazałem obszary, w których ze względu na wysokie prawdopodobieństwo przekroczenia zawartości węgla na poziomie 7,5% eksploatacja węgla z odpadów będzie ekonomicznie uzasadniona.

Interesującym wynikiem pracy jest stwierdzenie udziału zmienności nielosowej w zawartości węgla w składowanych odpadach. Inne cechy tj. parametry samego węgla np. wartość opałowa, popielność generalnie wykazywały losowy charakter. Przedyskutowałem w pracy to zjawisko i przedstawiłem próbę jego wyjaśnienia.

Mój wkład w opracowanie publikacji wynosi 100%.

Wasilewska-Błaszczuk M., Naworyta W., (2015): Zaawansowane techniki geostatystyczne we wstępnym etapie projektowania zagospodarowania złoża

Na podstawie danych z nieeksploatowanego złoża węgla brunatnego Głowaczów w rejonie radomskim wykonano analizy odnoszące się do wstępnej fazy projektowania eksploatacji. Trzema różnymi metodami – metodą krigingu zwyczajnego, krigingu indyktorowego oraz metodą symulacji geostatystycznej wyznaczono granice złoża w oparciu o założoną krytyczną wartość miąższości pokładu.

Omówiono zastosowane metody oraz sposób ich stosowania do rozwiązania konkretnych zadań z zakresu analizy złoża i wstępnego projektowania eksploatacji. Poddano dyskusji dokładność i wiarygodność otrzymanych wyników. W wyznaczonych granicach złoża metodą krigingu oraz metodą symulacji geostatystycznej obliczono wielkość zasobów i wykazano różnice w zależności od zastosowanej metody i przyjętego poziomu krytycznego parametru miąższości pokładu złoża. Modele miąższości pokładu wykonane metodą krigingu zwyczajnego i symulacji geostatystycznej wykazują znaczne podobieństwo dla niskich

wartości brzeżnych miąższości pokładu (od 1 do 3 m), czego efektem są zbliżone obliczone zasoby węgla. Przy założonych wyższych wartościach brzeżnych pokładu węgla powyżej 5 m, obliczenia zasobów wykonane metodą krigingu są w stosunku do symulacji znacznie zaniżone; rozbieżności sięgają nawet kilkudziesięciu procent. Wynika to z efektu wygładzania charakterystycznego dla metod interpolacyjnych, również dla krigingu zwyczajnego.

Stosując metodę krigingu indyktorowego oraz symulacji wykonano modele probabilistyczne przedstawiające mapy prawdopodobieństwa przekroczenia założonej wartości brzeżnej miąższości złoża.

W procesie projektowania kopalń bazowanie na modelach złoża przez opisanie cech złożowych wartościami prawdopodobieństwa jest trudne, jednak dotychczasowe doświadczenia autorów wskazują, że wobec niedoskonałej informacji o złożu takie właśnie modele w sposób najbardziej rzetelny opisują złoża. Na ich podstawie nie tylko można projektować eksploatację ale również można opierać wycenę projektów górniczych uwzględniając ryzyko geologiczne wpływające z możliwych odchyłeń wartości parametrów złożowych od wartości najbardziej prawdopodobnych.

Byłem inicjatorem i pomysłodawcą publikacji, pozyskałem dane geologiczne złoża, wykonałem obliczenia metodą symulacji geostatystycznej Sekwencyjną Metodą Gaussa w wersji warunkowej, byłem autorem tekstu publikacji i wniosków.

Swój wkład autorski szacuję na poziomie 50%. Oświadczenie Współautorki w załączeniu.

Naworyta W., Jagodziński Z. (2015): Ocena dokładności prognozowania jakości surowca na przykładzie wieloodkrywkowej kopalni węgla brunatnego

Publikacja jest kontynuacją tematyki przedstawionej w pracach: Naworyta, Sypniowski 2013, Naworyta, Sypniowski, Benndorf 2015.

Ocenie poddano dokładność prognozowania parametrów jakościowych węgla brunatnego w oparciu o wyniki rozpoznania eksploatacyjnego złóż. Przedmiotem analiz były średniomiesięczne wartości parametrów – wartość opałowa, popielność, zawartość siarki całkowitej oraz zawartość piasku w węglu w stanie surowym, eksploatowanym w czterech odkrywkach KWB Konin – ze złoża Pątnów IV (O/Józwin IIB), Drzewce, Tomisławice oraz złoża Lubstów w latach 2008-2010. Parametry prognozowane na podstawie otworów rozpoznania eksploatacyjnego w rzeczywistych miesięcznych postępach frontów eksploatacyjnych porównano z wartościami parametrów łącznej strugi węgla w pomierzonych elektrowni.

Dokładność prognozowania okazała się różna dla różnych parametrów. Niektóre odchylenia miały charakter systematyczny, co można było tłumaczyć efektem przesuszenia węgla w procesie urabiania i transportu. Największe wahania zaobserwowano dla zawartości piaski.

Mimo dużych wahań wartości parametrów węgla w poszczególnych złożach, w procesie urabiania, transportu i homogenizacji ulegają one znacznemu uśrednieniu. Różnice pomiędzy skrajnymi wartościami parametrów w dostawach do elektrowni są o ok. 50% mniejsze niż wynikałoby to z prognoz opartych na badaniach złożowych. Wartości parametrów węgla w dostawach do elektrowni są na ogół wyższe niż wynikające z prognoz opartych na analizach złożowych, co prawdopodobnie jest efektem selektywnej eksploatacji złóż oraz częściowego osuszenia węgla. Najbardziej dokładne prognozy odnoszą się do wartości opałowej (odchylenia do 5%) i zawartości siarki w węglu (odchylenia do 10%), a

najmniej dokładne do zawartości piasku w węglu (różnice nawet do 100%), co ma związek z naturalną zmiennością tych parametrów obserwowaną w warunkach złożowych. Dla potwierdzenia tej tezy zbadano czy obserwowana zmienność parametrów w złożu identyfikowana metodą semiwariogramów ma wpływ na dokładność prognozowania. Analizowano cechy charakterystyczne wariogramów badanych parametrów złoża. Najniższą wartość udziału zmienności nielosowej w ogólnej zmienności parametru wykazano dla zawartości piasku w węglu. Duża losowość w zmienności zawartości piasku w węglu może być przyczyną niskiej dokładności prognozowania tego parametru i w konsekwencji dużych różnic między wartościami prognozowanymi na podstawie obserwacji złoża i wartościami pomierzonymi w elektrowni.

Praca wnosi informacje o rzeczywistej dokładności prognoz jakości strugi węgla wykonanych na złożach w wyniku rozpoznania eksploatacyjnego. Wyniki wskazują na granice dokładności prognozowania, które są różne dla różnych parametrów węgla i wynikają z ich naturalnej zmienności a także z metodyki pomiaru.

Byłem pomysłodawcą i inicjatorem publikacji. Na podstawie dostarczonych przez Współautora danych o rzeczywistych postępach eksploatacji oraz masach węgla wydobytych w poszczególnych miesiącach w czterech odkrywkach, na czterech złożach, wykonałem obliczenia prognozowanych wartości średnich parametrów węgla na złożach oraz prognozowanej wartości średniej ważonej parametrów łącznej strugi węgla. Wyniki porównałem z pomiarami wykonanymi w elektrowni. Dane te również otrzymałem z Kopalni za pośrednictwem Współautora. Opracowałem tekst publikacji, wnioski i rysunki. Swoją rolę oceniam na poziomie 60%. Oświadczenie Współautora oraz moje w załączeniu.

Inne publikacje z tej samej dziedziny

Wymienione wyżej wybrane do oceny prace stanowią wyciąg z większego cyklu prac, które stanowią ciąg odnoszący się do mojej głównej dziedziny badawczej. Wyniki prac zostały opublikowane w wydawnictwach: *Górnictwo Odkrywkowe*, *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN*, *Kwartalniku IGSMiE PAN* *Polityka Energetyczna*, *czasopiśmie Minerals* i w innych. Prace w większości były przedmiotem wygłaszanych referatów na konferencjach: *Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej*, *Aktualia i perspektywy gospodarki surowcami mineralnymi* oraz *Metodyka rozpoznawania i dokumentowania złóż kopalni oraz geologicznej obsługi kopalń*, organizowanych przez *Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* w Krakowie oraz *Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor-Instytut* we Wrocławiu. Wybrane i reprezentatywne dla tego obszaru badań publikacje zestawiono w kolejności ich wydania.

1. **Naworyta W.**, Mazurek S., (2010): *Modelowanie cenowe złoża węgla brunatnego Gubin jako wstęp do właściwej gospodarki surowcowej*, *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, nr 79, s. 299-314
2. **Naworyta W.**, Mazurek S., (2010): *Zastosowanie parametru cenowego jako wstęp do projektowania zagospodarowania górniczego złóż węgla brunatnego*, *Polityka Energetyczna*, t. 13, z. 2, s. 341-353
3. **Naworyta W.**, Benndorf J., (2011): *Studium porównawcze metod modelowania geostatystycznego na przykładzie jednego ze złóż węgla brunatnego*, *Górnictwo Odkrywkowe*, R. 52, nr 1-2, s. 37-45
4. **Naworyta W.**, Benndorf J., (2011): *Vergleichende Studie verschiedener geostatistischer Modellansätze unter Nutzung von in situ Aufnahmen in der Bewertung*

von Braunkohlenvorkommen, [w] Energie und Rohstoffe 2011, Wissenschaftlichen Schriftenreihe im Markscheidewesen TU Bergakademie Freiberg, nr 25, s. 22-27

5. **Naworyta W.**, Sypniowski Sz., (2012): *Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy projektowania kopalni*, Polityka Energetyczna, t. 15, z. 3, s. 119-133
6. **Naworyta W.**, Sypniowski Sz., (2013): *Gubin lignite mine – the biggest mining investment in Poland in 30 years: challenges during planning and design*, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, Montreal, Canada
7. **Naworyta W.**, Wasilewska-Błaszczak M. (2014): *Analiza parametrów złoża węgla brunatnego dla potrzeb projektowania elektrowni*, Polityka Energetyczna, t. 17, z. 4, s. 127-136
8. Szlugaj J., **Naworyta W.** (2015): *Analiza zmian dostępnych źródeł gipsu w Polsce w świetle rozwoju odsiarczania spalin w elektrowniach konwencjonalnych*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t. 31, z. 2, s. 93-107
9. Benndorf J. i in. **Naworyta W.** (2015): *RTRC-Coal: Real-Time Resource Reconciliation and Optimization for exploitation of coal deposits*, Minerals – Open Access Mining & Mineral Processing Journal, mdpi, vol. 5, z. 3, s. 546-569, DOI: 10.3390/min5030509,
10. **Naworyta W.**, (2016): *Zastosowanie symulacji geostatystycznej do oceny deficytów rozpoznania złoża*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 57, nr 2.

Informacje o praktycznym zastosowaniu wyników analiz przedstawionych w publikacjach

Publikacje z roku 2007 dotyczące gęstości sieci otworów rozpoznania operacyjnego dla realizacji sterowania jakością węgla w trakcie eksploatacji są efektem pracy wykonanej na zlecenie KWB Konin pt. „*Analiza geostatystyczna doboru gęstości sieci rozpoznawczej otworów jakościowych dla wybranych złóż dla parametrów zawartości siarki i zawartości piasku*”.

Wyniki prac odnoszących się do tzw. modelowania cenowego czyli modelowania parametrów złóż z wykorzystaniem parametrów syntetycznych opartych na algorytmach cenowych zostały wykorzystane w praktyce m.in. w zleconej przez jedną z kopalń węgla brunatnego pracy pt. „*Wdrożenie wraz ze szkoleniem systemu planowania eksploatacji i sterowania wydobywaniem w funkcji ceny kopaliny*”. Praca została wykonana w 2010r. przez dwuosobowy zespół pod moim kierownictwem. W jej ramach opracowano modele parametrów jakościowych i strukturalnych czterech złóż węgla brunatnego oraz tzw. modele cenowe z użyciem dwóch algorytmów C_j i C_m . Do modelowania wykorzystano narzędzia geostatystyczne – głównie kriging zwyczajny i uniwersalny. W opracowaniu przedstawiono możliwość synchronizacji i optymalizacji eksploatacji węgla jednocześnie w kilku złożach w taki sposób aby efekt ekonomiczny eksploatacji był możliwie najlepszy (Naworyta, Mazurek 2010 – dwie publikacje).

Modele cenowe przedstawione w publikacjach zostały wykorzystane w praktyce w procesie projektowania eksploatacji węgla ze złoża Gubin na etapie wyboru optymalnej części złoża przeznaczonej do eksploatacji. Opracowanie zostało wykonane w 2012r. przez zespół pod moim kierownictwem.

Opublikowane analizy zmienności parametrów złoża Gubin w funkcji projektowanej eksploatacji zostały wykorzystane do formułowania założeń dla projektu elektrowni przy złożu.

Kontynuacja badań

Przedstawiona problematyka była przedmiotem kilku prac magisterskich opracowanych pod moim nadzorem w roli promotora. Aktualnie problem modelowania złóż i sterowania jakością strugi urobku jest tematem międzynarodowego projektu współfinansowanego z europejskich środków funduszu Węgla i Stali pod nazwą *Real-Time Reconciliation and Optimization in large open pit coal mines (RTRO-Coal)*. W projekcie uczestniczą Uniwersytet Techniczny w Delft w Holandii, Akademia Górnicza we Freibergu w Niemczech, koncern górniczo-energetyczny RWE w Niemczech, koncern górniczo-energetyczny MIBRAG w Niemczech oraz Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie w dwuosobowym zespole pod moim kierownictwem. Mój udział w projekcie jest konsekwencją wcześniej wykonanych prac badawczych oraz współpracy z naukowcami z wymienionych jednostek naukowych i koncernów. Wyniki analiz wykonywanych w ramach projektu RTRO-Coal mają być wdrożone i wykorzystane do optymalizacji eksploatacji w kopalniach węgla brunatnego koncernu górniczo-energetycznego RWE, w kopalniach węgla brunatnego koncernu MIBRAG. Mogą być również zastosowane w istniejących i projektowanych polskich kopalniach węgla brunatnego np. w projektowanej kopalni Gubin.

W publikacji: Benndorf J. i in. **Naworyta W.** (2015): *RTRO-Coal: Real-Time Resource Reconciliation and Optimization for exploitation of coal deposits*, Minerals – Open Access Mining & Mineral Processing Journal, mdpi, vol. 5, z. 3, s. 546-569, przedstawiono założenia projektu RTRO-Coal, stan zaawansowania oraz wyznaczone cele. Kolejne publikacje w ramach projektu RTRO-Coal znajdują się w fazie opracowania. Projekt zakończy się w 2017. W ramach zakontraktowanych działań planowane jest wydanie monografii.

W opracowaniu jest **monografia** na temat zastosowania symulacji geostatystycznej w procesie projektowania górniczego zagospodarowania złóż. W monografii, na tle podstaw geostatystyki przedstawione zostaną dwie metody symulacji geostatystycznej – metoda Turning Bands i Sekwencyjna Symulacja Gaussa. Pokazany zostanie mechanizm działania tych metod ze wskazaniem różnic, wad i zalet. Główną częścią pracy będą obszary zastosowania symulacji ilustrowane przykładami. Monografia jest w końcowym stadium edycji.

Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Działalność naukowo-badawczą, której wyrazem są opublikowane przeze mnie prace naukowe można podzielić na kilka grup tematycznych. Pierwsza i wiodąca to omówiona wyżej analiza i modelowanie złóż węgla brunatnego z użyciem narzędzi geostatystycznych oraz projektowania eksploatacji z uwzględnieniem sterowania jakością surowca.

Do drugiej grupy należą publikacje odnoszące się do problematyki wpływu górnictwa na szeroko pojęte środowisko. Znajdują się tu prace na temat rekultywacji terenów pogórnicznych w górnictwie odkrywkowym i podziemnym, uwarunkowań środowiskowych eksploatacji górniczej, wpływu eksploatacji złóż na społeczeństwo itp. Zainteresowanie tymi zagadnieniami wynika ze specjalności studiów magisterskich oraz codziennych doświadczeń zakładów górniczych, z którymi współpracuję. W praktyce górniczej od uwarunkowań środowiskowych zależy możliwość rozpoczęcia lub kontynuacji działalności eksploatacyjnej.

Problemy i doświadczenia opisywane w publikacjach miały najczęściej swoje źródło w pracach wykonywanych na rzecz przemysłu górniczego. Do drugiej grupy tematycznej można zaliczyć również publikacje odnoszące się do problemu kompleksowego zagospodarowania złóż wraz z zagospodarowaniem kopalni towarzyszących.

Trzecią grupę stanowią prace będące kontynuacją analiz wykonywanych w ramach pracy doktorskiej. Dotyczą one oceny niepewności prognozy wpływu eksploatacji podziemnej na powierzchnię terenu. Ze względu na podjęcie pracy w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego po zakończeniu studiów doktoranckich w Akademii Górniczej we Freibergu nie były kontynuowane. Wyniki tych prac są jednak cytowane.

Do czwartej grupy zaliczam inne publikacje będące efektem prac dla przemysłu górniczego i jego otoczenia, a nie mieszczące się w trzech wymienionych wyżej grupach tematycznych. Tu znajdują się prace dotyczące uwarunkowań formalno-prawnych działalności górniczej, wyceny złóż, wyceny kosztów likwidacji kopalni i inne.

Głównym poligonem badawczym były czynne kopalnie węgla brunatnego KWB Konin, KWB Turów oraz złoża niezagospodarowane, w szczególności złożo Gubin, jak i złożo Głowaczów ze złożami satelickimi w powiecie radomskim oraz złożo Piaski w powiecie konińskim. Publikacje nie ograniczają się do tematyki związanej z węglem brunatnym. W pracach odniesiono się również do złóż i kopalni surowców skalnych jak również do złóż antropogenicznych i obiektów unieszkodliwiania odpadów pogórnich.

Grupa II

Wybrane publikacje zestawiono w kolejności wydania w rozbiciu na trzy podgrupy.

Problematyka rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórnich

1. Uberman R., **Naworyta W.** (2005): *Próba oceny stanu i potrzeb w zakresie rekultywacji i rewitalizacji terenów pogórnich w regionie małopolskim*, Górnictwo i Geoinżynieria, AGH im St. Staszica w Krakowie, R. 29, z. 4, s. 207-217
2. **Naworyta W.** (2007): *Analiza i ocena rekultywacji terenu zwałowiska odpadów górniczych Skrzyszów*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 49, nr 5-6, s. 147-152
3. **Naworyta W.** (2007): *Klasyfikacja sposobów rekultywacji oraz czynników determinujących ich wybór na przykładzie rekultywacji terenów poeksploatacyjnych KWB "Konin"* [w]: *Rekultywacja terenów pogórnich i waloryzacja krajobrazu w konińskim okręgu wydobywania węgla brunatnego*, publikacja powstała w ramach programu INTERREG IIIC realizującego projekt ReRegions, s. 53-69
4. Gołda T., **Naworyta W.** (2007): *Indicator of reclamation success based on the annual increase of total nitrogen content* [w]: *Regeneration in regions affected by mining – ways to sustainable development* (dok. elektr.), International conference 17-20.4.2007, Most, Czech Republic
5. **Naworyta W.** (2013): *Jeszcze raz krytycznie o kierunkach rekultywacji i ich wyborze*, Górnictwo i Geologia XIX Nr 136, Studia i Materiały Nr 43, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, s. 141-155
6. **Naworyta W.** (2013): *Aktualne problemy oraz trendy w rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie skalnym*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 54, nr 5-6, s. 203-210
7. Borec A., Ciepliński A., Kozioł W., Łochańska D., Machniak Ł., **Naworyta W.**, Stryszewski M. (2013): *Scenariusze technologiczne pozyskiwania i zagospodarowania*

surowców skalnych w województwie małopolskim: praca pod red. W. Kozioła w ramach projektu „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania surowców skalnych”, Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor-Instytut, Wrocław (również dla woj. śląskiego, opolskiego i podkarpackiego)

8. **Naworyta W.**, Mrówczyńska H. (2014): *Koncepcja zagospodarowania terenów poeksploatacyjnych kopalni Turów*, Monografia pokonferencyjna VIII Międzynarodowego Kongresu Górnictwa Węgla Brunatnego, s. 305-312
9. **Naworyta W.**, Rostański K. (2015): *Propozycja metody postępowania w sprawie rewitalizacji dużych terenów poeksploatacyjnych – studium przypadku Kopalni Węgla Brunatnego Turów*, [w] praca zbiorowa pod red. nauk. Jana Skowronka, IETU; CBDGP, s. 299-310
10. **Naworyta W.**, (2015): *Węgiel brunatny w Polsce* [w]: Wydobycie węgla brunatnego i rekultywacja terenów pokopalnianych w regionie lubuskim, monografia pod red. Andrzeja Greinerta, Zielona Góra, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, s. 11-27
11. **Naworyta W.**, (2015): *Charakterystyka jakościowa węgla brunatnego z regionu lubuskiego*, [w]: Wydobycie węgla brunatnego i rekultywacja terenów pokopalnianych w regionie lubuskim, monografia pod red. Andrzeja Greinerta, Zielona Góra, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, s. 86-92
12. **Naworyta W.**, (2015) *Perspektywy wydobycia i zagospodarowania węgla brunatnego w regionie lubuskim*, [w]: Wydobycie węgla brunatnego i rekultywacja terenów pokopalnianych w regionie lubuskim, monografia pod red. Andrzeja Greinerta, Zielona Góra, Instytut Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, s. 158-174

Problematyka uwarunkowań środowiskowych i społecznych zagospodarowania złóż kopalin

1. **Naworyta W.** (2009): *Wpływ uwarunkowań środowiskowych na możliwość racjonalnej gospodarki zasobami złóż węgla brunatnego w Polsce*, Polityka Energetyczna, t. 12, z. 2/2, s. 423-433
2. **Naworyta W.** (2010): *Uwarunkowania społeczne zagospodarowania złóż kopalin metodą odkrywkową*, Górnictwo i Geologia XIII Nr 130, Studia i Materiały Nr 37, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, s. 183-190
3. **Naworyta W.** (2011): *Analiza uwarunkowań geologiczno-górnicznych oraz ograniczeń zewnętrznych dla zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin*, Polityka Energetyczna t. 14, z. 2, s. 291-304
4. **Naworyta W.**, Badera J. (2012): *Diagnoza uwarunkowań społeczno-gospodarczych dla projektowanego zagospodarowania złoża Gubin*, Polityka Energetyczna, t. 15, z. 3, s. 107-118
5. **Naworyta W.** (2012): *Zagospodarowanie złoża Gubin. Czy warto? Dlaczego?*, Stenogram wystąpienia w Senacie Rzeczypospolitej Polskiej (dok. elektr.), [w]: Rola i miejsce węgla brunatnego w krajowej energetyce XXI wieku, Komisja Gospodarki Narodowej, Senat RP, Warszawa

6. **Naworyta W.** (2013): *Prognoza wpływu kopalni odkrywkowej na krajobraz jako jeden z etapów oceny oddziaływania na środowisko – propozycja metody i przykład zastosowania*, Przegląd Górniczy, t. 69, nr 1, s. 33-42
7. **Naworyta W.** (2013): *Nowa kopalnia węgla brunatnego w zgodzie z zasadami ekorozwoju – czy to w ogóle możliwe?*, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, wyd. WUG w Katowicach, nr 4/2013, s. 13-19
8. **Naworyta W.** (2015): *Gdy milczenie nie jest złotem: znaczenie konsultacji społecznych w górniczym procesie inwestycyjnym*, Surowce i Maszyny Budowlane, 2015, nr 1., s. 14-20

Problematyka kompleksowego wykorzystania złóż kopalin

1. Kulczycka J., Uberman R., **Naworyta W.** (2012): *Korzyści makro- i mikroekonomiczne z wykorzystania kopalin towarzyszących i odpadów wydobywczych w górnictwie węgla brunatnego*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 83, s. 107-119
2. **Naworyta W.** (2013): *Analiza możliwości kompleksowego zagospodarowania złoża węgla brunatnego Gubin, kopalin towarzyszących oraz odpadowych surowców mineralnych*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, nr 150, Inżynieria Środowiska nr 30, s. 112-123
3. Uberman R., **Naworyta W.** (2014): *Projekt zagospodarowania złoża podstawą dla kompleksowej i racjonalnej gospodarki zasobami kopalin*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 55, nr 2-3, s. 5-10

Publikacje odnoszące się do uwarunkowań środowiskowych i społecznych eksploatacji surowców, szczególnie węgla brunatnego zostały wykorzystane w działalności promocyjnej na rzecz budowy kompleksu górniczo-energetycznego opartego na zasobach złoża Gubin. Szerzej na ten temat w ostatniej części autoreferatu.

Grupa III

Publikacje dotyczą prognozowania wpływu oddziaływania eksploatacji podziemnej na powierzchnię terenu. Do tego celu opracowano algorytm sumujący wpływy pojedynczych wybranych elementów złoża. Każdy wybrany pod ziemią element złoża wywołuje lokalne osiadanie gruntu zależne od parametrów złoża, parametrów górotworu, jednostkowego zasięgu wpływu itp. Do generowania parametrów mających wpływ na cechy osiadania gruntu zastosowano metodę symulacji geostatystycznej. Przy pomocy autorskiego oprogramowania wykonanego w ramach pracy doktorskiej udało się symulować przebieg parametrów osiadania powierzchni. W efekcie uzyskano najbardziej prawdopodobny przebieg parametrów niecki osiadania (osiadanie, przesunięcie poziome, odkształcenie poziome) oraz zakres możliwych odchylenia od najbardziej prawdopodobnego przebiegu. Dzięki temu możliwe jest prognozowanie prawdopodobieństwa przekroczenia krytycznych wartości. Wypracowana metoda sprawia, że prognozowane oddziaływania eksploatacji podziemnej są bliższe zjawiskom obserwowanym w naturze. Po objęciu stanowiska adiunkta w Katedrze Górnictwa Odkrywkowego tematyka ta została zaniechana.

1. **Naworyta W.**, Menz J., Sroka A. (2005): *Assessment of the accuracy of ground movement elements prediction using simulation method*, International Mining Forum 2005, A.A. Balkema Publishers, s. 123-136

2. **Naworyta W.** Sroka A. (2005): *Ocena niepewności prognozy wskaźników deformacji terenu metodą symulacji geostatystycznej*, [w]: Problemy eksploatacji górniczej pod terenami zagospodarowanymi, praca zbiorowa pod red. Jerzego Kwiatka, GIG Katowice, s. 374-388
3. **Naworyta W.** (2007): *Gebirgskinematische Analyse unter Nutzung der räumlichen Statistik*, Monografia w serii Zeszytów Naukowych Instytutu Miernictwa Górniczego i Geodezji Akademii Górniczej we Freibergu, z. 4/2007 (wydanie pracy doktorskiej)

Grupa IV

Pozostałe publikacje powstałe w wyniku prowadzonych prac, których tematyka nie mieści się w trzech opisanych grupach w tym: problemy formalno-prawne eksploatacji górniczej, wycena złóż, wycena kosztów likwidacji i inne. Wybrane publikacje z tej dziedziny w kolejności wydania:

1. Uberman R., **Naworyta W.** (2006): *Określenie wysokości ewentualnych roszczeń mogących powstać w wyniku odkrywkowej eksploatacji złóż*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi IGSMiE PAN, t. 22, z. 2, s.123-135
2. Eriksson N., Hjelmar O., Walder I., Bendz D., **Naworyta W.** (2007): *Classification of mining waste facilities* (dok. elektr.), European Commission, DG Environment, Opracowanie zlecone przez Komisję Europejską dla wdrożenia w krajach UE Dyrektywy w sprawie odpadów z przemysłu górniczego.
3. **Naworyta W.** (2010): *Wybrane problemy szacowania kosztów likwidacji kopalń odkrywkowych na podstawie własnych doświadczeń*, Górnictwo i Geoinżynieria, AGH w Krakowie, R. 34, z. 3, s. 131-140
4. Uberman R., **Naworyta W.** (2011): *Analiza i prognozowanie wielkości odszkodowań za szkody spowodowane eksploatacją węgla brunatnego*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 81, s. 165-175
5. Uberman R., **Naworyta W.:** (2013): *Dyskusja na temat podatków lokalnych od gruntów poeksploatacyjnych poddanych rekultywacji*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 85, s. 325-334
6. **Naworyta W.** (2013): *Analiza wybranych zagranicznych kompleksów górniczo-energetycznych opartych na węglu brunatnym w kontekście projektu Gubin*, Polityka Energetyczna, t. 16, z. 4, s. 175-188
7. Uberman R., **Naworyta W.** (2014): *Ocena stopnia ograniczenia wartości użytkowej gruntów dla potrzeb kierunku rekultywacji*, Mining Science, vol. 21 nr 1., s. 227-237
8. Uberman Ryszard., Uberman Robert, **Naworyta W.** (2012): *Wartość złóż antropogenicznych i metody ich wyceny*, Górnictwo Odkrywkowe, R. 53 nr. 1-2, s. 20-24
9. Uberman R., **Naworyta W.** (2015): *Zabezpieczenia prawno-finansowe dla naprawy skutków działalności górniczej w środowisku*, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN, nr 91, s. 217-226

Sumaryczny impact factor według listy Journal Citation Reports (JCR) zgodnie z rokiem opublikowania – 3,436

Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (WoS) – 5 (1 czerwca 2016r.)

Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) – 2 (1 czerwca 2016r.)

Wojciech Nawczyk.

Literatura

- [1] Akin H., Siemens H. 1988, *Praktische Geostatistik: Eine Einführung für den Bergbau und die Geowissenschaften*. Springer Verlag, Berlin.
- [2] Bartuś T., 2012 – Anizotropia zmienności głównych parametrów jakości węgla brunatnego w polu Belchatów, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 28, z. 2, s. 5–29.
- [3] Bartuś T., Słomka T., 2009 – Geostatystyczna estymacja parametrów jakości węgla brunatnego w polu Belchatów wykorzystująca znajomość zmienności lokalnej. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi* t. 25, z. 2, IGSMiE PAN, Kraków, 5–22.
- [4] Benndorf, J., 2013a - Application of efficient methods of conditional simulation for optimising coal blending strategies in large continuous open pit mining operations. *International Journal of Coal Geology*, vol.: 112, no., pp.: 141–153.
- [5] Benndorf, J., 2013b - Investigating in situ variability and homogenisation of key quality parameters in continuous mining operations, *Mining Technology*. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. Transactions: Section A, 122 (2), 78-85.
- [6] Chiles J-P., Delfiner P. (1999): *Geostatistics*, Wiley-Press, New York.
- [7] Cressie N. (1991): *Statistics for Spatial Data*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley & Sons, INC., New York u.a.
- [8] do szacowania parametrów polskich złóż węgla brunatnego, *Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN*, Nr 85
- [9] Goovaerts, P., 1997 - *Geostatistics for natural resources evaluation*, Oxford University Press.
- [10] Grudziński Z. (1997) – Koncepcja system cen dla węgla brunatnego, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 13, z. 3, IGSMiE PAN, Kraków
- [11] Isaaks E., Srivastava R. (1989): *Applied geostatistics*, Oxford Univ. Pr., New York.
- [12] Journel, A. G., Huijbregts, C. J., (1978): *Mining Geostatistics*, New York: Academic Press.
- [13] Jurdziaik L., Kawalec W. (2011): Ocena ryzyka geologicznego w górnictwie węgla brunatnego metodą symulacji warunkowej, *Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej*, IGSMiE PAN, Kraków, s. 893-908
- [14] Jurek J., Mucha J., Wasilewska-Błaszczak M., 2013, *Przegląd zastosowań geostatystyki*
- [15] Kędziola L., Mastej W., 2007 – Jednorodność parametrów kopaliny testowana metodą geostatystyczną – prezentacja działania oprogramowania na danych z KWB „Belchatów”, *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, WUG, nr 6, 23–25.
- [16] Kozula R., Mazurek S. (1996): Wstępna ocena stopnia rozpoznania podstawowych parametrów złożowych konińskich złóż węgla brunatnych w blokach geologicznych metodą krigingu, *Górnictwo Odkrywkowe* Nr 3, s. 78-85
- [17] Matheron G. (1973) The intrinsic random functions and their application: *Advances in Applied Probability*, v. 5, s. 439- 468.
- [18] Matheron G., 1962–1963 – *Traité de géostatistique appliquée*. t. 1 (1962), s. 334, t. 2 (1963), s. 172, Editions Technip., Paris.
- [19] Mazurek S. (1997) Cena kopaliny jako główny parametr złożowy, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 13, z. 1. IGSMiE Kraków
- [20] Mucha i in. 2004 – Mucha J., Słomka T., Mastej W., Bartuś T., Jończyk W., Frankowski R., 2004 – Modelowanie zmienności i dokładność oszacowania parametrów jakościowych złoża węgla brunatnego Belchatów (pole Belchatów). *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, WUG, nr 5 (117), 14–15
- [21] Mucha J. (2002): *Struktura zmienności zawartości [Zn] i [Pb] w śląsko-krakowskich złożach rud Zn-Pb*, *Studia Rozprawy Monografie*, Polska Akademia Nauk – Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Kraków
- [22] Mucha J., Wasilewska M., 2005 – Dokładność interpolacji zawartości siarki i popiołu w wybranych pokładach węgla kamiennego GZW, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, t. 21, z. 1. S. 5-21
- [23] Namysłowska-Wilczyńska B. (1986): Zastosowanie metody wariogramów do oceny zmienności złoża rud miedzi, *Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej* nr 48, Konferencje nr 20. Wrocław
- [24] Namysłowska-Wilczyńska, B. (2006): *Geostatystyka. Teoria i zastosowania*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s. 256
- [25] Nieć M. (1990): *Geologia kopalniana*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa
- [26] Nieć M., Kokesz Z. (1988): *Metody geostatystyczne w rozpoznawaniu i dokumentowaniu złóż (przewodnik metodyczny)*. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- [27] Remy N., Boucher A., Wu J., 2009 – *Applied Geostatistics with S-GeMS*. Cambridge University Press, Cambridge.