



JAROSŁAW SZLUGAJ*, WOJCIECH NAWORYTA**

Analiza zmian podaży gipsu w Polsce w świetle rozwoju odsiarczania spalin w elektrowniach konwencjonalnych

Wprowadzenie

W ostatnich kilku dekadach na naszych oczach dokonały się duże, wręcz rewolucyjne zmiany w gospodarce surowcami mineralnymi. Zmiany te mają związek z wdrażaniem na szeroką skalę rozwiązań chroniących środowisko w branży energetycznej. Pierwsza dokonała się w latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku i dotyczyła górnictwa siarki. W wyniku wdrożenia na szeroką skalę odsiarczania ropy naftowej i gazu ziemnego uzyskano uboczne produkty zawierające siarkę, które znalazły zastosowanie w przemyśle chemicznym. Ich wysoka podaż skutkowałą spadkiem cen siarki rodzimej, co w konsekwencji doprowadziło do likwidacji krajowego górnictwa tego surowca. Druga duża zmiana dokonuje się obecnie i również ma związek z siarką. W procesie odsiarczania spalin w elektrowniach konwencjonalnych spalających węgiel kamienny lub brunatny uzyskuje się produkty uboczne. W zależności od metody odsiarczania są to mieszaniny popiołów i gipsu albo czysty gips, który z racji pochodzenia zwany jest desulfogipsem albo gipsem syntetycznym¹. Gips uzyskuje się w instalacjach odsiarczania spalin metodą mokrą wapienną.

* Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Zakład Badań Rynku Surowcowego i Energetycznego, Kraków; e-mail: szlugaj@min-pan.krakow.pl

** Dr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Kraków; e-mail: naworyta@agh.edu.pl

¹ W budownictwie i energetyce, obok tych określeń jest powszechnie używana, wywodząca się z terminologii niemieckiej nazwa „reagips”, a niekiedy również „gips techniczny”.

W elektrowniach, gdzie ta metoda została wdrożona, wśród ubocznych produktów spalania węgla obok pyłów wychwytywanych na elektrofiltrach uzyskuje się pełnowartościowy surowiec gipsowy (Uberman i Naworyta 1998). Obecnie na rynek trafia duża ilość taniego gipsu syntetycznego, który najczęściej przerabiany jest bezpośrednio przy elektrowni na gipsowe materiały budowlane. Równolegle ze zwiększoną podażą desulfogipsu obserwuje się zwiększony popyt na sorbent wapienny. Podobnie jak w latach dziewięćdziesiątych nastąpiło załamanie produkcji siarki rodzimej, tak obecnie kopalnie gipsu naturalnego znalazły się w trudnej sytuacji.

W artykule poruszono problemy związane ze zmianami dostępnych źródeł gipsu, a w szczególności poddano ocenie wpływ podaży desulfogipsu na rynek gipsu naturalnego. Z rozmysłem zaniechano omawiania problematyki produkcji i wykorzystania innych siarczanowych surowców wtórnych, takich jak mieszaniny pyłowo-gipsowe (tzw. desulfomateriały), powstające w wyniku odsiarczania spalin metodami półsuchymi lub w kotłach fluidalnych czy fosfogipsy, będące produktem ubocznym procesu produkcji nawozów fosforowych. Na tle danych historycznych oraz na podstawie studium przypadku projektowanej elektrowni na węgiel brunatny przedstawiono problematykę prognozowania podaży krajowego gipsu syntetycznego.

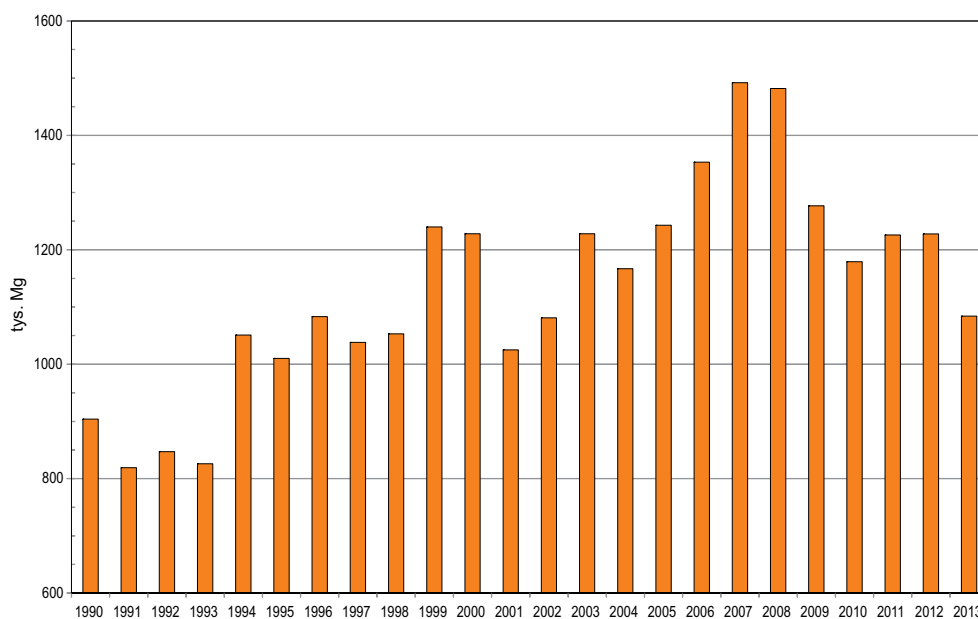
1. Produkcja gipsu naturalnego

Polska dysponuje dużymi zasobami gipsu i anhydrytu, związanymi z mioceniowymi i cechsztyńskimi formacjami ewaporatowymi. Według Bilansu Zasobów Złóż Kopalni w Polsce, zasoby 15 udokumentowanych złóż, według stanu na 31 grudnia 2013 r., liczyły ponad 261 milionów Mg (BZZK 2014). Największa baza zasobowa związana jest z utworami morskimi miocenu północnego obrzeżenia zapadliska przedkarpacciego (niecka nidziańska i wschodnia część zapadliska w województwie podkarpackim). Zasoby złóż płytko występujących w tym regionie są oceniane na miliardy Mg, zaś eksploatowanych, a także rozpoznanych pod względem geologicznym, wynoszą około 182 mln Mg (BZZK 2014). Na obszarze Dolnego Śląska skały siarczanowe występują w niecce północnosudeckiej, na terenie monokliny przedsudeckiej i w peryklinie Żar. Ze względu na korzystne warunki zalegania znaczenie gospodarcze mają przede wszystkim anhydryty i gipsy niecki północnosudeckiej. Łączne zasoby eksploatowanych tutaj złóż, a także rozpoznanych pod względem geologicznym, wynoszą około 72 milionów Mg (BZZK 2014).

Spośród 15 udokumentowanych złóż gipsu i anhydrytu eksploatowanych jest obecnie pięć, z czego trzy w niecce północnosudeckiej – Lubichów, Nowy Łąd i Nowy Łąd–Pole Radłówka, a dwa w niecce nidziańskiej – Borków-Chwałowice i Leszcze. Największymi producentami naturalnych surowców gipsowych są ZPG „Dolina Nidy” w Gackach, dostarczające rocznie 400–720 tys. Mg ze złoża Leszcze oraz Rigips Saint Gobain–Stawiany w Szarbkowie, wydobywające ze złoża Borków-Chwałowice około 260–560 tys. Mg/rok. Kopalnie Lubichów i Nowy Łąd należące do KGA „Nowy Łąd” Sp. z o.o. w Niwnicach,

pozyskują głównie anhydryt w ilości 90–250 tys. Mg/rok oraz około 30 tys. Mg/rok najwyższej jakości białych gipsów (BZZK).

Łączna produkcja roczna gipsu i anhydrytu w Polsce w latach 1990–2013 zmieniała się w szerokim zakresie 800–1500 tys. Mg (rys. 1). W okresie transformacji gospodarki w latach 1991–1993 utrzymywała się na najniższym poziomie, niewiele przekraczającym 800 tys. Mg/rok. Swoje apogeum osiągnęła w latach 2007–2008, kiedy wyniosła niemal 1,5 mln Mg/r. W latach 2009–2013 ujawnił się trend spadkowy, a wielkość produkcji osiągnęła niewiele ponad 1 mln Mg/r wracając do poziomu z lat 2001–2002 (rys. 1).



Rys. 1. Wydobywanie gipsu i anhydrytu w Polsce w latach 1990–2013 według BZZK

Fig. 1. Gypsum and anhydrite mining in Poland in the years 1990–2013 by BZZK

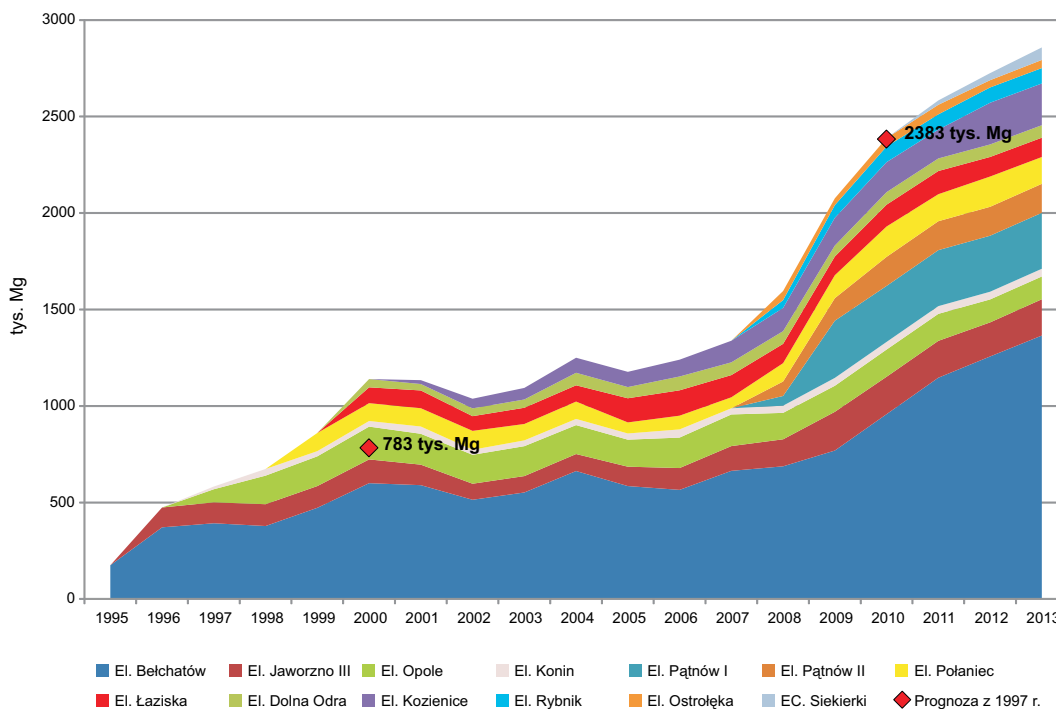
2. Produkcja gipsu syntetycznego

Produkcja gipsu syntetycznego w Polsce rozpoczęła się w 1994 r., kiedy oddano do użytku pierwszą instalację odsiarczania spalin mokrą metodą wapienną (dalej IOS) w Elektrowni Bełchatów. W kolejnych kilkunastu latach IOS zbudowano w dwunastu następnych elektrowniach. Ich zdolności produkcyjne na koniec 2013 roku wynosiły około 3,9 mln Mg gipsu rocznie. Obecnie producentami gipsów syntetycznych w Polsce są:

- ◆ PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA – Elektrownie Bełchatów, Opole i Dolna Odra,

- ◆ Tauron Wytwarzanie SA – Elektrownie Jaworzno III i Łaziska,
- ◆ ZE Pątnów-Adamów-Konin SA – Elektrownie Konin, Pątnów I oraz Pątnów II,
- ◆ GDF SUEZ Energia Polska SA – Elektrownia Połaniec,
- ◆ ENEA Wytwarzanie SA – Elektrownia Kozienice,
- ◆ ENERGA SA – Elektrownia Ostrołęka,
- ◆ EDF Polska – Elektrownia Rybnik,
- ◆ PGNiG Termika SA – Elektrociepłownia Siekierki.

Instalację odsiarczania w elektrowni **Bełchatów** uruchomiono w 1994 r. Przeprowadzone w kolejnych latach inwestycje oraz modernizacje istniejących instalacji spowodowały, że obecnie elektrownia ta odsiarcza spaliny we wszystkich dwunastu blokach. Łączna zdolność produkcyjna wynosi 1400 tys. Mg desulfogipsu rocznie. W 2011 r. po oddaniu do użytku nowego bloku nr 14 o mocy 858 MW, zdolność produkcyjna desulfogipsu wzrosła do prawie 2000 tys. Mg/r, a rzeczywista produkcja roczna sięga niemal 1300 tys. Mg (rys. 2). W elektrowni **Jaworzno III** instalacja odsiarczania została uruchomiona w 1996 r., a jej sukcesywna rozbudowa w następnych latach pozwala obecnie na odsiarczanie spalin we wszystkich sześciu blokach elektrowni. Łączne zdolności produkcyjne wynoszą 240 tys. Mg/rok desulfogipsu, a produkcja w ostatnich latach sięga poziomu 200 tys. Mg/rok. Plany inwestycyjne w elektrowni **Opole** przewidywały budowę instalacji odsiarczania, które



Rys. 2. Struktura produkcji gipsu syntetycznego w Polsce w latach 1995–2013 (dane producentów)

Fig. 2. The structure of the synthetic gypsum production in Poland in the years 1995–2013 (producers data)

pozwołyby otrzymywać do 350 tys. Mg/rok desulfogipsu. Z uruchomionej w 1997 r. instalacji uzyskuje się aktualnie około 150–170 tys. Mg gipsu rocznie. W 1997 r. została oddana do eksploatacji instalacja w elektrowni **Konin** i objęła dwa spośród ośmiu bloków energetycznych. Jej wydajność wynosi maksymalnie 70 tys. Mg/r desulfogipsu. Produkcja wyniosła maksymalnie 42,5 tys. Mg/r, a w ostatnich latach utrzymuje się na dwukrotnie niższym poziomie.

Instalacja odsiarczania w elektrowni **Połaniec** została przekazana do eksploatacji w 1999 r. Początkowo obejmowała cztery bloki, od roku 2008 odsiarczanie spalin prowadzone jest we wszystkich ośmiu blokach elektrowni. Rocznie produkuje się tam około 160 tys. Mg gipsu. Maksymalne zdolności produkcyjne szacowane są na około 180 tys. Mg/rok. W elektrowni **Łaziska** instalację uruchomiono w 2000 r. Zbudowano ją dla trzech bloków energetycznych o mocy 225 MW każdy i jednego bloku 230 MW. Pozostałe dwa bloki odsiarczane są metodą półsuchą o sprawności około 85%. Produkcja desulfogipsu sięga 125 tys. Mg/rok, a szacowana zdolność produkcyjna to około 140 tys. Mg.

Zdolność produkcyjna IOS w elektrowni **Dolna Odra** wynosi 100 tys. Mg/rok desulfogipsu. Produkcja sięga maksymalnie 72 tys. Mg/rok. W elektrowni **Kozienice** budowa IOS prowadzona była trzyetapowo; od 2010 r. zdolność produkcyjna sięga 240 tys. Mg/rok, a produkcja rzeczywista przekroczyła 156 tys. Mg w 2013 r. W elektrowni **Ostrołęka** IOS została uruchomiona w 2008 roku, jej zdolność produkcyjna wynosi 80 tys. Mg/rok; wielkość produkcji w ostatnich latach nie przekroczyła 50 tys. Mg/rok gipsu. W elektrowni **Rybnik** zdolność produkcyjna IOS wynosi 100 tys. Mg/rok, od 2008 r. funkcjonuje na czterech blokach energetycznych. Na pozostałych czterech odsiarczanie prowadzone jest metodą półsuchą. Roczna wielkość produkcji desulfogipsu w ostatnich latach nie przekraczała 80 tys. Mg/rok. W elektrowniach na węgiel brunatny **Pątnów I** oraz **Pątnów II** budowę IOS ukończono z początkiem 2008 r. Elektrownia Pątnów I wyposażona jest w dwie instalacje umożliwiające pracę czterech z sześciu zainstalowanych bloków o mocy 200 MW każdy, natomiast Elektrownia Pątnów II to nowy blok o mocy 474 MW. Łączne zdolności produkcyjne kształtują się na poziomie około 540 tys. Mg/rok, a produkcja rzeczywista nie przekracza 450 tys. Mg/rok, Elektrociepłownia **Siekierki** IOS odsiarcza spaliny z ośmiu kotłów (na czternaście istniejących) i została uruchomiona z końcem 2010 r. Zdolność produkcyjna wynosi 80 tys. Mg/rok, a produkcja w 2013 r. wyniosła 65 tys. Mg. Produkcję desulfogipsu w poszczególnych elektrowniach w latach 1994–2013 przedstawiono na rysunku 2.

W okresie wdrażania technologii odsiarczania w polskich elektrowniach konwencjonalnych w latach 1995–2000 produkcja gipsu syntetycznego wykazywała silny trend wzrostowy, zahamowany w latach 2001–2006 kiedy ograniczono produkcję energii elektrycznej. Aby sprostać nowym normom emisji gazów oraz zobowiązaniom zawartym w traktacie akcesyjnym po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej w latach 2006–2011 prowadzono intensywne prace, w wyniku których powstały instalacje w kolejnych zakładach, a zdolności produkcyjne gipsu z instalacji odsiarczania uległy podwojeniu, osiągając poziom około 3,9 mln Mg/rok, co skutkowało rekordową podażą tego surowca w ilości niemal 2,8 mln Mg/rok w ostatnich latach.

3. Zagospodarowanie gipsu syntetycznego

Instalacje mokrego odsiarczania spalin działające w polskich elektrowniach charakteryzują się wysoką sprawnością, około 95%. Otrzymywany w nich gips syntetyczny jest materiałem o zdefiniowanym, utrzymywanym w wąskich granicach zmienności składzie chemicznym i ograniczonej zawartości wilgoci, a także materiałem o stabilnym składzie ziarnowym (Wons i Niziurska 2013). Gipsy syntetyczne spełniają kryteria jakościowe ustalone przez stowarzyszenie Eurogypsum. Wyjątkiem jest wyraźnie niższa białość gipsów z odsiarczania spalin w elektrowniach opalanych węglem brunatnym, co jednak nie przekreśla możliwości ich użycia w większości zastosowań, poza najbardziej szlachetnymi odmianami spoiw i sztukaterii gipsowych (Szlugaj i Galos 2006).

Siarczanowe surowce wapieniowe są powszechnie stosowane w przemyśle materiałów budowlanych. Gips surowy używany jest jako regulator czasu wiązania cementów powszechnego użytku, zaś po częściowym odwodnieniu (gips prażony, półhydrat, gips półwodny) stanowi materiał wiążący, podstawowy składnik spoiw gipsowych i mieszanek tynkarskich. Duże ilości gipsu półwodnego wykorzystywane są do produkcji płyt gipsowo-kartonowych. Stanowi również surowiec do wytwarzania prefabrykowanych gipsowych elementów budowlanych i sztukatorskich (Szlugaj i Galos 2006). W ostatnich latach zwiększyło się wykorzystanie gipsu syntetycznego w produkcji podłoży glebowych do uprawy pieczarek, gdzie również wykorzystuje się gipsy surowe.

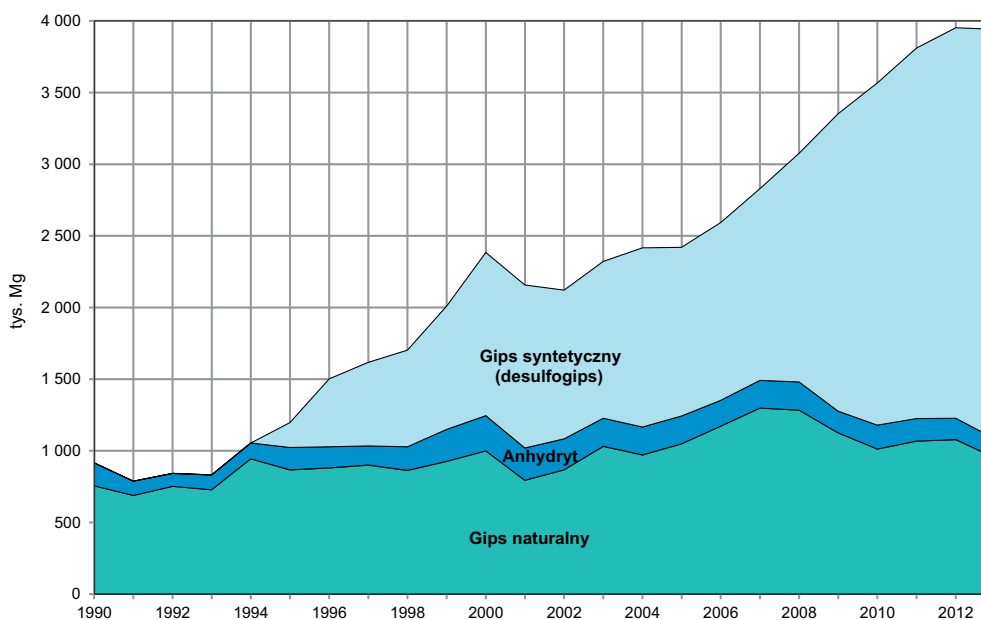
Na podstawie informacji pozyskanych z poszczególnych elektrowni, są one w stanie zagospodarować niemal cały wytworzony gips syntetyczny. Jest on najczęściej wykorzystywany przez producentów materiałów budowlanych w zakładach zlokalizowanych w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Koncern Knauf produkuje wyroby gipsowe w Bełchatowie, Jaworznie i Opolu, firma Atlas wykorzystuje gips z elektrowni w Koninie i Pątnowie, Kreisel w Bełchatowie i Ostrołęce, Franspol w Połańcu i Koninie, Piotrowice w Rybniku, Megaron w Szczecinie przy elektrowni Dolna Odra i szeregu innych mniejszych producentów (Bilans Gospodarki... 2014). Lokalizacja użytkowników gipsu syntetycznego blisko miejsca ich wytwarzania pozwala ograniczyć koszty transportu surowca gipsowego. Wyjątkiem są cementownie i inni producenci materiałów budowlanych, a także wytwórcy podłoży glebowych, których zakłady nie zawsze znajdują się w sąsiedztwie elektrowni wytwarzających gips syntetyczny.

Pewne nadwyżki gipsu powstają w elektrowni Bełchatów, która niewykorzystany surowiec lokuje na tymczasowym składowisku na wierzchołku byłego zwałowiska zewnętrznego kopalni Bełchatów. W przypadku zapotrzebowania surowiec się eksploatuje i sprzedaje.

4. Produkcja gipsów syntetycznych na tle eksploatacji gipsów naturalnych

Do roku 1994 jedynym źródłem surowców siarczanowych wapniowych w Polsce były złoża naturalnych gipsów i anhydrytów, z których pozyskiwano 800–1000 tys. Mg surowca rocznie. Zapoczątkowana w roku 1994 podaż gipsu syntetycznego diametralnie zmieniła obraz rynku. W latach 1995–2000 produkcja desulfogipsów zrównała się z produkcją gipsów naturalnych na poziomie około 1100–1200 tys. Mg/rok. W latach 2008–2011 podaż gipsu syntetycznego rosła w tempie kilkudziesięciu procent rocznie, co było efektem oddawania do użytku nowych IOS, skutkując wzrostem produkcji do rekordowych niemal 2800 tys. Mg w 2011 r., a lata 2012–2013 przyniosły stabilizację podaży na tym poziomie (rys. 2). Równolegle podaż gipsu naturalnego w tym czasie uległa znacznemu wyhamowaniu. Od roku 2008 notowana jest trwała przewaga podaży gipsu syntetycznego nad gipsem naturalnym, a w roku 2013 produkcja desulfogipsu była ponad 2,5-krotnie większa od produkcji gipsu i anhydrytu naturalnego (rys. 3).

Produkcja surowców gipsowych – gipsu naturalnego, anhydrytu i desulfogipsu w latach 1995–2000 wzrosła ponad dwukrotnie, osiągając wielkość niemal 2400 tys. Mg, a udział gipsu syntetycznego w całkowitej produkcji zwiększył się do 47,8% (rys. 3). Zanotowany w latach 2001–2002 spadek podaży łącznej do 2100 tys. Mg miał związek z kryzysem branży budowlanej, jak również z modernizacją ZPG Dolina Nidy. W latach 2003–2007 łączna



Rys. 3. Struktura produkcji gipsów i anhydrytów w Polsce w latach 1990–2013

Fig. 3. The structure of the gypsum and anhydrite production in Poland in the years 1990–2013

podaż surowców gipsowych wzrosła do 2800 tys. Mg, a udział gipsu syntetycznego w całkowitej produkcji pozostał na niezmiennym poziomie 47,2%. W latach 2008–2011 produkcja łączna surowców gipsowych systematycznie rosła, osiągając poziom niemal 3800 tys. Mg/rok, po czym w latach 2012–2013 ustabilizowała się na tym poziomie. W 2013 r. udział gipsu syntetycznego w całkowitej produkcji wyniósł 71,8%.

5. Perspektywy produkcji gipsu syntetycznego w Polsce

Na podstawie danych historycznych i prognoz rozwoju krajowej energetyki można oszacować rozwój krajowej podaży desulfogipsów, jednak nie można tego zrobić stosując zwykłą analizę trendu, uzależniając produkcję gipsu od mocy elektrowni. Duży przyrost podaży desulfogipsów w ostatnich 20 latach wiązał się z procesem dostosowania istniejących elektrowni do wymogów ochrony środowiska. Prognozę opartą na tym procesie dla lat 2000, 2010 i 2020 wykonano w 1997 r. (Uberman i Naworyta 1997). Po 17 latach można zweryfikować jej trafność. W 2000 r. rzeczywista podaż desulfogipsów na poziomie 1140 tys. Mg okazała się wyższa od prognozowanej 783 tys. Mg, jednak już w 2010 r. produkcja rzeczywista (2394 tys. Mg) i średnia wartość prognozowana (2380 tys. Mg) były niemal identyczne. Na rok 2020 wartość prognozy z 1998 r. wynosi średnio 2920 tys. Mg (od 2800 do 3030 tys. Mg). Jeżeli w najbliższej przyszłości pojawią się kolejne bloki energetyczne z instalacją odsiarczania spalin metodą mokrą wapienną (tab. 4) to produkcja desulfogipsu może znacznie przewyższyć wartość prognozy z 1997 r.

Tendencje w następnych latach będą zależały od wielu czynników, m. in. od ilości energii, jaka będzie produkowana w Polsce, oraz od struktury produkcji prądu elektrycznego tzw. mixu elektrycznego. Nawet gdyby te informacje były obecnie dostępne to oszacowanie ilości podaży desulfogipsu wciąż nastęrcza spore problemy. Jego ilość zależy przede wszystkim od zawartości siarki w węglu. Dlatego dla elektrowni opartych na węglu kamiennym dokładna prognoza oparta wyłącznie na zainstalowanej mocy nie jest możliwa, bo nie jest pewne z jakich źródeł będzie pozyskiwany węgiel. Inaczej jest w przypadku elektrowni spalających węgiel brunatny. Te budowane są przy złożach, których parametry jakościowe są rozpoznane, wśród nich również zawartość siarki w węglu. Przykład takiej prognozy dla projektowanej elektrowni przedstawiono w kolejnym rozdziale.

Obecnie w Polsce czynnych jest 55 ciepłych elektrowni zawodowych, które wytwarzają około 90% krajowej energii elektrycznej. Prawie 60% spala węgiel kamienny, a około 38% węgiel brunatny. Elektrownie na węgiel kamienny zlokalizowane są generalnie na Górnym Śląsku, tylko nieliczne w innych regionach kraju, np. Połaniec, Kozienice, Dolna Odra, Ostrołęka. Elektrownie na węgiel brunatny zlokalizowane są bezpośrednio w sąsiedztwie eksploatowanych złóż.

Ze względu na wieloletnie zapóźnienia, polski sektor energetyczny wymaga znacznych inwestycji w kierunku uruchomienia nowych mocy wytwórczych i sieci przesyłowych. Obecnie 48% czynnych kotłów i 44% turbozespołów ma ponad 30 lat, a około 30% kotłów

i około 32% turbozespołów między 20 a 30 lat. Zgodnie z założeniami przyjętej przez Radę Ministrów Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku (Polityka... 2009), w latach 2011–2020 planuje się wycofanie ponad 7 tys. MW mocy wytwórczych w elektrowniach systemowych, a w latach 2021–2030 kolejne 7,3 tys. MW. Do głębokiej modernizacji przeznaczona jest około 6,1 tys. MW do roku 2015. Istnieje jednak duże zagrożenie, że po wprowadzeniu zaostrzonych standardów emisji do atmosfery dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu już od 2016 r. nastąpi konieczność wyłączenia z pracy bloków o łącznej mocy około 7 tys. MW (tab. 1).

Tabela 1. Planowana i prognozowana likwidacja i modernizacja mocy wytwórczych brutto w elektrowniach systemowych (MW) (Polityka... 2009)

Table 1. Planned and projected liquidation and modernization of units in polish power plants (MW) (Polityka... 2009)

	2011–2015	2016–2020	2021–2025	2026–2030
Ogółem				
♦ wycofania	2 898	4 125	2 805	4 527
♦ głęboka modernizacja	4 204	–	–	–
Elektrownie na węglu kamiennym				
♦ wycofania	1 825	2 785	2 805	4 527
♦ głęboka modernizacja	444	–	–	–
Elektrownie na węglu brunatnym				
♦ wycofania	1073	1 340	–	–
♦ głęboka modernizacja	3 760	–	–	–

W dokumencie Polityka energetyczna Polski do 2030 r. określono plany przyrostu nowych mocy wytwórczych w latach 2011–2020 na poziomie około 4,58 tys. MW, a od stworzenia mocy po głębokiej modernizacji na poziomie około 5,3 tys. MW (tab. 2).

Realizacja wymienionych założeń obarczona jest dużą niepewnością związaną m.in. z przyszłymi rozwiązaniami w sferze energetyki i ochrony środowiska, w tym z zasadami rozdziału darmowych uprawnień do emisji CO₂. Warto nadmienić, że wśród zainteresowanych rozwojem nowych mocy w krajowej elektroenergetyce, poza czterema największymi grupami energetycznymi (PGE, TAURON, ENEA, ENERGA) znajdują się również zagraniczni inwestorzy działający na rynku polskim (Mitsui, GDF Suez, CEZ, EdF, Fortum), a także podmioty niezwiązane dotąd bezpośrednio z branżą elektroenergetyczną, jak PGNiG, PKN Orlen, Lotos, KGHM czy Kulczyk Holding.

W kontekście wymienionych założeń w najbliższych latach krajowe zdolności produkcyjne gipsu syntetycznego powinny utrzymać się na dotychczasowym poziomie około 3,9 mln Mg/rok. Prowadzone i planowane prace modernizacyjne w poszczególnych elek-

rowniach nie doprowadzą do zmniejszenia potencjału wytwórczego gipsu. Aktualnie buduje się instalacje odsiarczania spalin w czterech nowych blokach energetycznych na węgiel kamienny (tab. 3), w wyniku czego w perspektywie 2020r. zdolności produkcyjne desulfogipsu w Polsce mogą wzrosnąć o około 1,25 mln Mg i przekroczyć poziom 4 mln Mg/rok. Oprócz wymienionych projektów budowane są również inne nowe bloki, jednak bez mokrej instalacji odsiarczania spalin.

W perspektywie najbliższych lat około 2025 r. możliwa jest budowa dwóch zupełnie nowych elektrowni na węgiel kamienny – Elektrowni Północ w miejscowości Rajkowy na Pomorzu Gdańskim o planowanej mocy 2×1000 MW (potencjalny inwestor Kulczyk Holding) oraz Elektrowni Wola (na terenie zlikwidowanej KWK Czeczott) o mocy 1000 MW, gdzie potencjalnym inwestorem jest Kompania Węglowa SA oraz koncern Mitsui. W kon-

Tabela 2. Zdeterminowane przyrosty/odtworzenia wytwórczych mocy brutto w elektrowniach systemowych (Polityka... 2009)

Table 2. Planed increase and restoration of polish power plants capacity (Policy... 2009)

	2011–2015	2016–2020
Ogółem		
◆ nowe moce/odtworzenia	1 980	2 600
◆ po głębokiej modernizacji	5 332	–
Elektrownie na węglu kamiennym		
◆ nowe moce/odtworzenia	1 380	1 700
◆ po głębokiej modernizacji	1 392	–
Elektrownie na węglu brunatnym		
◆ nowe moce/odtworzenia	–	500
◆ po głębokiej modernizacji	3 940	
Gaz ziemny	200	400

Tabela 3. Bloki energetyczne w budowie z instalacjami mokrego odsiarczania spalin

Table 3. The power plant units with a wet limestone FGD – under construction

Elektrownia	Rodzaj paliwa	Moc bloku energetycznego [MW]	Szacunkowa zdolność produkcyjna gipsu [tys. Mg]	Rok zakończenia budowy
Kozienice	węgiel kamienny	1 075	350	2017
Jaworzno III	węgiel kamienny	910	300	2019
Opole	węgiel kamienny	2×900	600	2017–2018

Źródło: Internet 1

sekwencji zdolność produkcyjna gipsu syntetycznego mogłaby wzrosnąć o kolejne 800–1000 tys. Mg do około 5 mln Mg rocznie.

Ze względu na ryzyko ekonomiczne związane z przydziałami limitów na emisję CO₂ do atmosfery zawieszono prace projektowe nad nowym blokiem o mocy 1000 MW w Elektrowni Ostrołęka (Energ SA). Podobnie, koncern EDF wstrzymał plany budowy nowego bloku o mocy 900 MW w Elektrowni Rybnik.

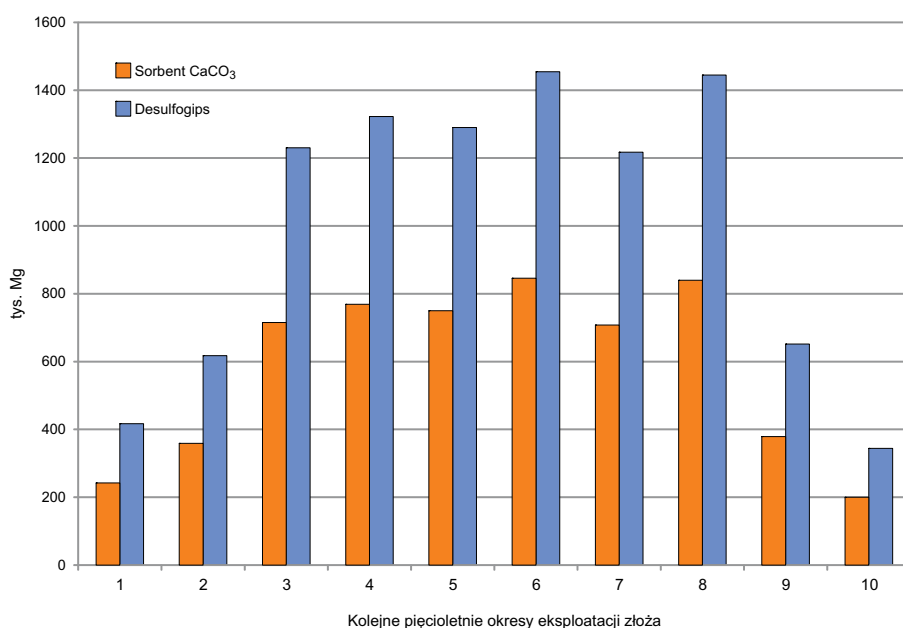
6. Prognoza produkcji desulfogipsu na podstawie jednego ze złóż węgla brunatnego – studium przypadku

Dla zobrazowania metody prognozowania ilości produkowanych desulfogipsów w elektrowni spalającej węgiel brunatny przedstawiono studium przypadku projektowanej elektrowni na złożu Gubin. Jeżeli projekt dojdzie do skutku to elektrownia zgodnie z publikowanymi planami PGE Gubin rozpocznie produkcję energii elektrycznej w roku 2030. W tym czasie istniejące elektrownie na węgiel brunatny będą wkraczały w ostatnią dekadę działalności. Projektowana elektrownia w Gubinie zastąpi obecne źródła na węgiel brunatny, wśród nich, co istotne w kontekście produkcji reagipsu, największego producenta energii i pośrednio również desulfogipsu – elektrownię Bełchatów.

W publikacji (Naworyta 2013) na podstawie dokumentacji geologicznej (Bogacz i in. 2009) oraz projektu kopalni (Projekt... 2012) oszacowano zawartość siarki w węglu w kolejnych pięcioletnich okresach eksploatacji. Ilość siarki w węglu podawanym do elektrowni zależy od kierunku postępów eksploatacji złoża i można ją oszacować z dokładnością, na jaką pozwala stopień rozpoznania złoża. W złożu Gubin planuje się eksploatację dwóch pokładów, dlatego prognoza uwzględni strugę węgla do elektrowni, na którą składają się odpowiednie proporcje mas węgla z obydwu pokładów. Analizy zmienności zawartości siarki w złożu wykonano metodami geostatystycznymi (Naworyta 2013). Założono, że spaliny będą odsiarczane metodą moką wapienną. Kilkustopniową reakcję jaka zachodzi w instalacji odsiarczania można w uproszczeniu zapisać równaniem:



Na podstawie równania reakcji (1) obliczono stechiometryczne stosunki mas siarki, sorbentu oraz produktu czyli desulfogipsu. Na rysunku 4 pokazano prognozę produkcji średniorocznych ilości desulfogipsu, jakie w wyniku odsiarczania będą powstawały w IOS w kolejnych pięcioletnich okresach eksploatacji z założeniem, że siarka zawarta w węglu zostanie zneutralizowana w całości. Rzeczywista ilość gipsu odpadowego będzie mniejsza, ponieważ niektóre związki siarki zostaną zatrzymane w procesie odpylania spalin i nie będą brały udziału w procesie odsiarczania. Mimo to z analiz wynika, że projektowana elektrownia na złożu Gubin będzie miała znaczny udział w krajowej produkcji gipsu. Będzie to podaż zmienna, wynikająca ze zmiennej zawartości siarki w przestrzeni eksplo-



Rys. 4. Prognoza średniorocznej produkcji gipsu syntetycznego i zapotrzebowania na sorbent w elektrowni opalanej węglem brunatnym ze złoża Gubin

Fig. 4. The forecast of average annual synthetic gypsum production and the demand for limestone sorbent in the planned power plant on lignite deposit Gubin

atowanego złoża. W pierwszej i w ostatniej dekadzie produkcja desulfogipsu będzie się kształtowała na poziomie od 400 do 600 tys. Mg, jednak wzrośnie w środkowych dekadach eksploatacji do 1200–1400 tys. Mg. Nie nastąpi jednak znacząca koincydencja produkcji gipsu syntetycznego ze strumieniami tego surowca od innych producentów ponieważ w latach 2040 nastąpi proces wygaszania obecnie funkcjonujących elektrowni opartych na węglu brunatnym, w tym największego producenta prądu i pośrednio gipsu syntetycznego – elektrowni Bełchatów.

Podsumowanie i wnioski

Jak dotąd produkowany w elektrowniach gips syntetyczny był niemal w całości wykorzystywany na bieżąco. Jednak w ostatnich dwu latach wystąpił problem z nadpodażą tego surowca. Problem dotyczy dwóch stron – producentów gipsu naturalnego oraz elektrowni. Kopalnie borykają się ze zbytem, a elektrownie muszą zagospodarować surowiec, który w świetle prawa jako uboczny produkt spalania węgla jest odpadem. W tym kontekście po raz kolejny powraca problem tzw. złóż antropogenicznych. Pojęcie to tylko na krótko zagościło w przepisach polskiego prawa. Wszystko na to wskazuje, że produkcja gipsu syntetycznego nie będzie miała tak długo jak węgiel pozostanie głównym surowcem do

produkcji energii elektrycznej w kraju. Powstające corocznie masy desulfogipsu prawdopodobnie nie znajdują w pełni zastosowania w przemyśle materiałów budowlanych. Aby nie marnować surowca konieczne byłoby znalezienie rozwiązań prawnych, które skłaniałyby elektrownie do magazynowania gipsu w taki sposób, aby jego eksploatacja w przyszłości była możliwa. Dzisiaj takich rozwiązań brakuje.

Na podstawie przedstawionej pracy można wyprowadzić następujące wnioski:

- ◆ Produkcja desulfogipsów w elektrowniach stosujących odsiarczanie metodą moką wapienną począwszy od roku 1994 sukcesywnie rośnie i przekroczyła podaż gipsów naturalnych wydobywanych w polskich kopalniach.
- ◆ Ze względu na przestarzały park wytwórczy w krajowej energetyce, konieczność likwidacji przestarzałych bloków, potrzebę budowy nowych elektrowni oraz obostrzenia klimatyczne trudno dzisiaj tworzyć wiarygodne prognozy dotyczące kształtowania się rynku desulfogipsów w następnych dekadach.
- ◆ W przypadku pojedynczych elektrowni spalających węgiel brunatny określenie ilości produkowanego gipsu syntetycznego jest możliwe, a prognozy oparte na oszacowaniu zawartości siarki w złożu w powiązaniu z planami wydobywania cechują się wysoką wiarygodnością zależną od stopnia rozpoznania złoża.
- ◆ Ze względu na dużą podaż gipsu syntetycznego i pojawiające się na rynku nadwyżki istnieje potrzeba wznowienia dyskusji na temat złóż antropogenicznych dla umożliwienia selektywnego składowania i przyszłego wykorzystania tego surowca.
- ◆ Wdrożenie odsiarczania w elektrowniach konwencjonalnych zachwiało rynkiem gipsu naturalnego wydobywanego w kopalniach odkrywkowych; jednocześnie spowodowało wysokie zapotrzebowanie na sorbent – mączkę wapienną.

Wdrożenie na szeroką skalę odsiarczania spalin w krajowym sektorze energetycznym spowodowało zmiany na rynku surowców naturalnych. O ile producenci gipsu naturalnego muszą się liczyć z niekorzystną zmianą na rynku tego surowca, wynikającą z dużej podaży taniego gipsu syntetycznego, to jednocześnie dla zaspokojenia potrzeb elektrowni znacznie wzrósł popyt na mączkę wapienną. Dla uzyskania wysokiej skuteczności procesu odsiarczania konieczna jest skała wapienna o dużej zawartości CaCO_3 . Wzrost zapotrzebowania na ten surowiec w ostatnich dwóch dekadach jest wprost proporcjonalny do produkcji gipsu. Zgodnie z równaniem reakcji (1) dla wyprodukowania jednej tony desulfogipsu konieczne jest 0,58 Mg czystego węgla wapnia. Wynika stąd, że zapotrzebowanie na czysty wapień na potrzeby odsiarczania wzrosło w latach 1994–2013 od 100 tys. Mg do ponad 1,6 mln Mg. Jest to kolejny uboczny efekt praktycznego wdrażania środków ochrony środowiska, mający swój wyraz w gospodarce surowcami mineralnymi. Analiza popytu i podaży wapienia w powiązaniu z produkcją energii elektrycznej i odsiarczaniem spalin powinna być przedmiotem osobnej publikacji.

LITERATURA

- Bilans Gospodarki Surowcami Mineralnymi Polski i Świata 2012* – praca zbiorowa pod redakcją T. Smałkowskiego, R. Neya i K. Galosa. Wyd. PIG-PIB Warszawa 2014.
- Bogacz i in. 2009 – Bogacz, A., Sawicka, K., Sokołowski, M. i Kwaśniewska, S. 2009. *Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża węgla brunatnego Gubin w kategorii B + C1 + C2*. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie, CAG PIG nr 3090/2009, Warszawa.
- BZZK 2014 – *Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce według stanu na 31 XII 2013 r.* – praca zbiorowa pod redakcją M. Szuflickiego, A. Malon i M. Tymińskiego. Wyd. PIG-PIB Warszawa 2014 (oraz edycje wcześniejsze).
- Internet 1 – <http://www.cire.pl/>
- 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. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 29, z. 4, s. 47–58.
- Naworyta, W. i Sypniowski, S. 2012. Zagospodarowanie złoża węgla brunatnego Gubin – wybrane problemy projektowania kopalni. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 15, z. 3.
- Polityka... 2009 – *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku*. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z 10 listopada 2009 r.
- Projekt... 2012 – *Projekt Zagospodarowania Złoża węgla brunatnego Gubin*. Fundacja dla AGH, Kraków, nie publik.
- Szlugaj, J. i Galos, K. 2006. Źródła i użytkowanie gipsów syntetycznych z odsiarczania spalin w Polsce. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management* t. 22, z. spec. 1. Wyd. IGSMiE PAN Kraków 2006.
- Uberman, R. i Naworyta, W. 1997. *Prognoza ilości odpadów z instalacji odsiarczania w elektrowniach i elektrociepłowniach opalanych węglem kamiennymi i brunatnym – Suplement do pracy pt. Możliwości otrzymania REA-gipsu na bazie krajowych surowców energetycznych*, nie publik.
- Uberman, R. i Naworyta, W. 1998. Odpadowe surowce mineralne z instalacji odsiarczania spalin w elektrowniach opalanych węglem brunatnym jako baza surowcowa dla produkcji wyrobów gipsowych. *Sympozja i Konferencje* nr 33, IGSMiE PAN Kraków.
- Wons, T. i Niziurska, M. 2013. *Analiza jakości gipsów syntetycznych z krajowych instalacji odsiarczania spalin metodą mokrą wapienną stosowanych jako substytut gipsu naturalnego do produkcji wyrobów budowlanych*. Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Krakowie.

ANALIZA ZMIAN PODAŻY GIPSU W POLSCE W ŚWIETLE ROZWOJU ODSIARCZANIA SPALIN W ELEKTROWNIACH KONWENCJONALNYCH

Słowa kluczowe

gospodarka surowcami mineralnymi, gips, gips z odsiarczania, odsiarczanie

Streszczenie

Dwadzieścia lat temu w elektrowni Bełchatów uruchomiono pierwszą w Polsce instalację odsiarczania spalin metodą mokrą, w której jako produkt uboczny otrzymuje się pełnowartościowy gips syntetyczny. W konsekwencji zobowiązań międzynarodowych odsiarczanie wdrożono stopniowo w wielu innych krajowych elektrowniach. W wyniku odsiarczania metodą mokrą wapienną na rynku surowców budowlanych pojawiły się duże ilości gipsu syntetycznego. Artykuł jest próbą oceny zmian

na rynku gipsu w Polsce jakie dokonały się w wyniku tego procesu. Przedstawiono stan zasobów gipsu naturalnego oraz wydobycie w ostatnich dwóch dekadach. Poddano analizie proces wdrażania systemów odsiarczania w krajowych elektrowniach z podaniem zdolności produkcyjnej i produkcji rzeczywistej gipsów syntetycznych. Omówiono sposób zagospodarowania otrzymywanych gipsów syntetycznych. Porównano produkcję gipsów naturalnych i syntetycznych w ostatnim dwudziestoleciu. Na podstawie oficjalnych planów rozwojowych polskiej energetyki przedstawiono prognozę podaży gipsów z odsiarczania w najbliższej dekadzie. W studium przypadku na przykładzie projektowanej kopalni węgla brunatnego przedstawiono metodę prognozowania podaży gipsu z instalacji odsiarczania spalin w elektrowni opalanej węglem z tego złoża. W podsumowaniu podkreślono, że zmiany w pozyskaniu związków siarki są efektem postępu technologicznego, którego głównym motorem jest potrzeba ochrony środowiska naturalnego.

ANALYSIS OF THE CHANGES IN POLISH GYPSUM RESOURCES IN THE CONTEXT OF FLUE GAS DESULFURIZATION IN CONVENTIONAL POWER PLANTS

Keywords

mineral resources management, gypsum, synthetic gypsum, desulfurization

Abstract

Twenty years ago in the Belchatow power plant in Poland the first flue gas desulfurization (FGD) were launched, in which as a byproduct a synthetic gypsum is obtained. In accordance with international commitments the desulfurization has been implemented gradually in many other domestic power plants. As a result of introduced wet limestone scrubbing method large quantities of synthetic gypsum appeared on the construction materials market. This article is an attempt to assess changes in the market of gypsum in Poland as an effect of the flue gas desulfurization. The state of the gypsum mining in past two decades has been presented. The process of the implementation of FGD along with potential and real gypsum production in polish power plants has been described. The utilization of synthetic gypsum from power plants were discussed. The production of natural and synthetic gypsum in the last two decades has been compared. Using official plans of the development of polish energy production the forecast of the synthetic gypsum in the next years has been made. In the case study basing on one lignite deposit, which development is planned, the forecast of the future synthetic gypsum production from FGD in the planned lignite power plant has been made. In the summary were emphasized that the changes in the mineral resources management, especially sulfur compounds, are the result of the technological progress, which the main driving force is the need of environment protection.