

Rekultywacja terenów kopalni odkrywkowych i ich wykorzystanie budowlane

Lech Wysokiński¹



The reclamation of open cast mines areas and their usage for construction purposes. Prz. Geol., 58: 912–917.

A b s t r a c t. The rules of open cast mines areas reclamation are presented in the article. The difficulties of long-term prognosis have been taken into account. The properties of the soils on the heaps were considered for the possibility of their usage for construction purposes (nowadays for wind farms). As an example of Bełchatów Opencast Mine was presented.

Keywords: reclamation, degraded areas, wind farms

Górnictwo węgla brunatnego mimo tradycji sięgających XIX w. rozwinęło się w Polsce dopiero po II wojnie światowej – powstały wtedy kopalnie w Koninie, Adamowie, Bełchatowie, kontynuowano też wydobywanie w Turoszowie. Węgiel – wydobywany niekiedy ze znacznych głębokości (np. Bełchatów 200–300 m) – wykorzystywany był i jest jako paliwo do produkcji energii elektrycznej. Jednym z problemów związanych z odkrywkową eksploatacją i spalaniem węgla brunatnego jest negatywny wpływ tych procesów na środowisko przyrodnicze. Eksploatacja powoduje naruszenie powierzchni terenu, trwałe i przejściowe zmiany w systemie wód powierzchniowych i podziemnych, z kolei w wyniku spalania powstają odpady – popioły z elektrowni.

Działania górnicze zawsze wnoszą w geologię i środowisko czynnik nieodwracalności. Jeśli wydobywamy i wykorzystujemy złoża nie można mówić o ich odnawialności; ogromne zmiany dotyczą też przekształceń krajobrazu. Dlatego też bardzo istotne jest podejmowanie działań związanych z rekultywacją. Perspektywą, którą realnie zakładamy, jest na ogół 50 lat. Jednak nawet dla tak krótkiego okresu czasu nie sposób dziś przewidzieć jak zmienią się warunki, potrzeby i zagrożenia. Jako metodę naukową stosuje się często prognozę delficką. Wykonywanie tych prognoz rozpoczęto w latach 60. XX w., świat ma więc doświadczenie w ich stosowaniu. W ocenach i we wnioskach należy brać pod uwagę zmiany, które następują w czasie.

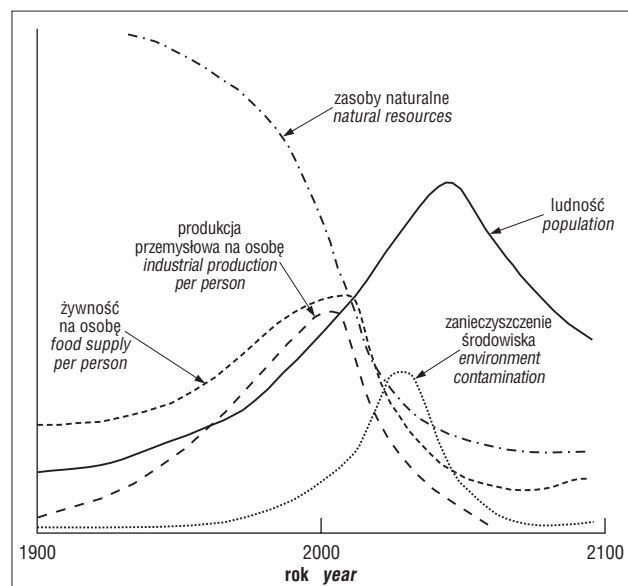
Przykładem prognozy delfickiej z raportu rzymskiego z 1970 r. jest wykres przedstawiony na ryc. 1. Prognoza wykonana 20 lat później (ryc. 2) ukazuje złagodzony obraz przyszłości świata, związany ze zrównoważonym rozwojem i z uwzględnieniem czynników ekologicznych sygnalizowanych w poprzednim raporcie.

Układając programy rekultywacji trzeba brać pod uwagę zmiany, jakie w ciągu 50 lat mogą nastąpić w otoczeniu poszczególnych kopalni, na obszarze Polski i na świecie. Przyjmowane są różne scenariusze, ze wszystkich jednak wynika, że zapotrzebowanie na energię nie zmaleje w ciągu tego czasu tak, by kopalnie trzeba było zamykać. Wariant rozwoju świata lub nawet jego stagnacji (ale nie klęski) zakłada, że potrzeby energetyczne będą rosły.

Alternatywą dla Polski w latach 70. XX w. mógł być rozwój energetyki jądrowej, ale z różnych względów do

tego nie doszło. Na świecie powstały w tym czasie 443 reaktory jądrowe, w tym 150 w Europie (głównie we Francji). Jedynie 27 z nich ma mniej niż 10 lat, aż 106 ma ponad 30 lat, 200 – ponad 20 lat. Życie elektrowni jądrowej liczone jest na 40 lat. Czy zatem w miejscu Elektrowni Bełchatów będzie elektrownia jądrowa? Na dzień dzisiejszy główną przeszkodą są lokalne trzęsienia ziemi związane z kopalnią – elektrownie jądrowe są wrażliwe na wstrząsy.

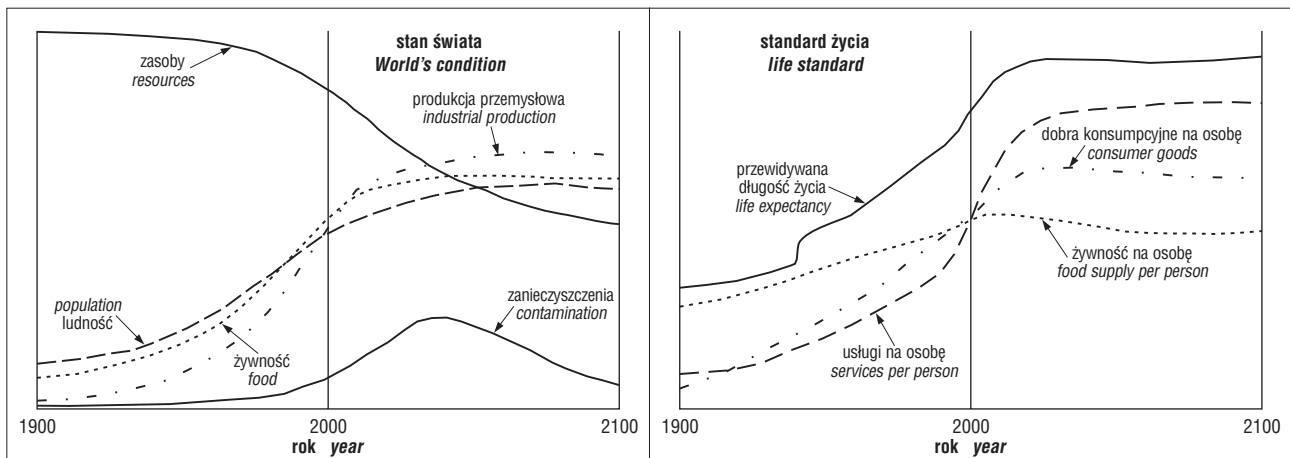
Świat i Polska wchodzi w kryzys energetyczny, związany m.in. z koniecznością modernizacji istniejących elektrowni. Światowe zasoby energii do 2050 r. muszą być podwojone – dotyczy to głównie krajów trzeciego świata, Chin i Indii. W Polsce 90% energii pochodzi z węgla kamiennego i brunatnego, przy czym ponad połowa tej energii zużywana jest na ogrzewanie budynków i potrzeby komunalne. Jak będzie wyglądała przyszłość energetyki – trudno dokładnie stwierdzić. Obecnie kładzie się duży nacisk na odnawialne źródła energii. Do końca 2010 r. ma z nich



Ryc. 1. Prognoza dla świata z raportu rzymskiego 1972 r. (wg Kozłowskiego, 2008)

Fig. 1. Prognosis for the world from Roman Report, 1972 (after Kozłowski, 2008)

¹Institut Techniki Budowlanej, Zakład Geotechniki i Fundamentowania Ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa; l.wysokinski@itb.pl



Ryc. 2. Prognoza dla świata z roku 1992, widoczne skutki zmiany spowodowane w tym czasie i uwzględnienie czynnika ekologicznego (Meadows, 1995 wg Kozłowskiego, 2008)

Fig. 2. Prognosis for the world from 1992, visible effects of changes and ecology factor taken into account (Meadows, 1995 after Kozłowski, 2008)

pochodzić 7,5% energii w Polsce (obecnie 3,5%), do 2020 r. planuje się, że będzie to 14%. Dyrektywy UE wymagają 20%. Następna dekada w Polsce (*Polityka energetyczna Polski do roku 2025*) powinna więc być spożytkowana na rozwój odnawialnych źródeł energii i modernizację przemysłu energetycznego.

W materiałach rządowych (*Polityka ekologiczna...; Polityka energetyczna Polski do roku 2025*) można znaleźć deklarację zniesienia barier prawnych odnoszących się do udostępniania złóż węgla kamiennego i brunatnego oraz nacisk na zmniejszenie zużycia energii. Należy w tym miejscu przypomnieć, że energochłonność PKB w ciągu ostatnich 10 lat spadła o ok. 30%, ale ciągle jeszcze jest dwa razy wyższa niż średnia zachodnioeuropejska.

Uwarunkowania ekonomiczne i geopolityczne sprawiły, że w latach 70. XX w. Polska zaczęła wykorzystywać swoje zasoby. W świetle dzisiejszej praktyki oraz dokumentów rządowych (*Polityka ekologiczna...; Polityka energetyczna Polski do roku 2025; Polityka energetyczna Polski do roku 2030*) należy podtrzymać słuszność podjętych wtedy decyzji, przyjmując jednak dalekosiężną perspektywę i biorąc pod uwagę inne realia ustrojowe. Obecnie, przy rozwoju zrównoważonym, zwraca się większą uwagę na całe życie danego obiektu – od jego powstania aż do pełnej rekultywacji. Być może w przyszłości kryteria ekologiczne będą ulegały dalszym zmianom i zaostrzeniom, ale bełchatowski czy koniński okręg przemysłowy – nawet po zakończeniu eksploatacji – z dużym prawdopodobieństwem nadal będą stanowić na mapie Polski ważne elementy gospodarki. Sercem tego układu będzie zapewne jakiś obiekt energetyczny, związany z już istniejącą infrastrukturą i sieciami przesyłowymi.

Na pytanie, jak będzie wyglądała Polska za 50 lat i jak najbardziej efektywnie wykorzystać tereny po kopalniach odkrywkowych zdegradowane działalnością przemysłową, odpowiedź niełatwo – można tylko planować działania, które z dzisiejszego punktu widzenia wydają się najwłaściwsze. Dyrektywy unijne (2009/28/EC) o energii odnawialnej, która ma być w Polsce wykorzystywana, powodują, że jest to dziś głównie energia z wiatru. Energia geotermalna, po którą kraj nasz z pewnością sięgnie w przyszłości, wymaga większych nakładów inwestycyjnych. Z kolei tzw. biała energia – energia wodna nie ma niestety w Polsce większych szans na rozwój.

Perspektywa, że w miejscu dziś działających elektrowni opalanych węglem brunatnym w przyszłości też będą działać jakieś obiekty energetyczne – jądrowe, geotermalne czy inne – jest realna. Główny problem stanowią już istniejące i przyszłe powierzchnie zwałowisk, które muszą zostać wykorzystane i zagospodarowane.

Tereny zdegradowane przez kopalnie węgla brunatnego zajmują znaczną powierzchnię, która dla największych obszarów wydobywania wynosi odpowiednio – Adamów ok. 5680 ha, Bełchatów 9800 ha, Konin 12400 ha, Turów 5100 ha. Pozostałe tereny zdegradowane pokrywają łącznie ok. 33 tysiące ha (Żuk & Kasztelewicz, 2008).

Wykorzystywanie tych obszarów było planowane dotychczas w dwóch kierunkach:

- leśnym – np. Góra Kamięńsk (zwałowisko kopalni Bełchatów ok. 1500 ha wysokość 195 m), Turów ok. 2200 ha;
- wodnym – zbiorniki wodne kopalń zagłębia konińskiego i adamowskiego (Adamów 150 ha, Turów – w projekcie – ok. 1800 ha, Konin ok. 110 ha i dodatkowo projektowane 475 ha), kopalnia Bełchatów – odległa perspektywa (po 2050 r.), ma powstać ok. 32 000 ha zbiornik o pojemności 2400 km³, którego wypełnianie wodą zajmie ok. 60 lat (gdzie skieruje się do niego wody Warty – ok. 20 lat).

Nowym kierunkiem, który pojawił się stosunkowo niedawno, jest kierunek budowlany. Wcześniej nie był on brany pod uwagę przy projektowaniu, głównie ze względu na złożone warunki formowania zwałów, relatywnie krótki czas od momentu zakończenia zwałowania oraz dużą wysokość nasypów.

Charakterystyka gruntów zwałowanych

Skład zwałowisk zależy od budowy geologicznej nadkładu złoża i jest inny w płytkich kopalniach okręgu konińskiego, inny w Bełchatowie czy Turosszowie (Cała i in., 2004; Rybicki i in., 2005). Właściwości gruntów zwałowanych zależą m.in. od technologii zwałowania, metod i długości transportu, sposobu układania gruntów na składowisku, pogody. Budowa zwałowiska przedstawiona jest na rycinie 3.

Zwałowanie odbywa się przez zrzucanie gruntów ze zwałowarki ze znacznej wysokości, dzięki czemu od razu

dochodzi do ich zagęszczenia. Dalej proces kompaktacji przebiega już samoczynnie na zwałowisku. Pierwotna struktura naturalnych utworów spoistych i piaszczystych ulega całkowitemu zniszczeniu na skutek ich transportu taśmociągami oraz zrzucania z dużej wysokości. Powstaje bezładna struktura gruntów piaszczystych, gliniastych, a także organicznych, mułkowatych z pewnym udziałem węgla, które w poszczególnych partiach zwałowiska wymieszane są w różnych proporcjach (ryc. 4).

Litologia. Budowa poszczególnych zwałowisk, mimo znacznej zmienności materiału, wykazuje wiele wspólnych cech. Na podstawie badań przeprowadzonych na składowiskach rejonu bełchatowskiego i adamowskiego – traktowanych jako badania rozpoznawcze do głębokości 30 m p.p.t. – stwierdzono, że przeważają na nich utwory piaszczyste, wśród których występują gniazda, przewarstwienia lub soczewki plastycznych osadów gliniastych i pylastych. Czasem w obrębie dominującego typu litologicznego zdarzają się również domieszki warstw węglowych. Osady piaszczyste są częściowo zapyłone, a gliniaste zapiaszczone. Zarówno w piaszczystych, jak i gliniastych osadach pochodzących z tych zwałowisk występują okruchy iłów trzeciorzędowych. Przestrzenne rozmieszczenie różnych litologicznie osadów nie wykazuje charakteru warstwowego, lecz bezładność. Miąższość gruntów piaszczystych w punktach, w których dokonano pomiarów, wynosi 20–30 m. Utwory te wykazują największe poziome rozprzestrzenienie. Na podstawie badań wynika, że udział frakcji piaszczystej w nadkładzie to ok. 80%, oczywiście w pewnych partiach może być on nieco inny, ale generalnie na całym składowisku udział frakcji piaszczystej w gruntach zwałowanych odpowiada jej udziałowi w nadkładzie.

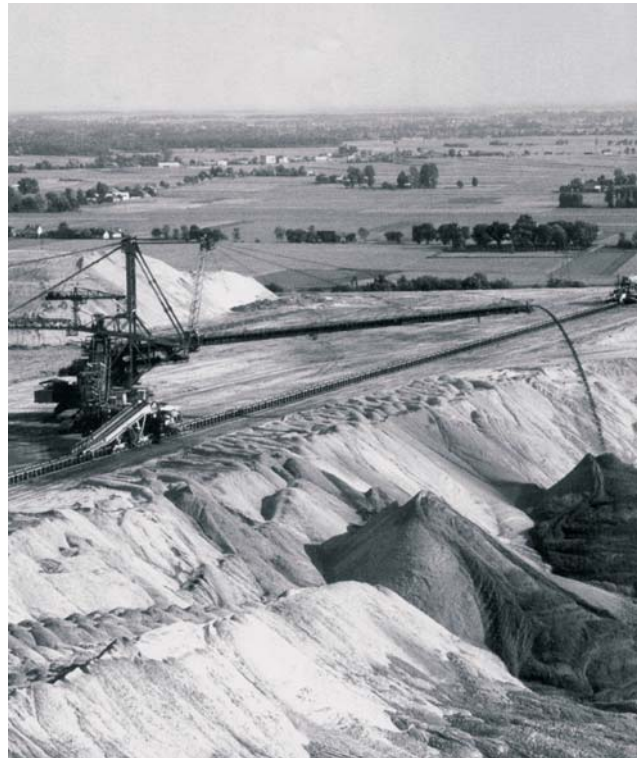
Drugorzędym pakietem litologicznym występującym na omawianym obszarze są rozmaite osady gliniaste i mułkowe. Średni skład gruntów zwałowych zagłębia konińskiego odpowiada – wg klasyfikacji stosowanej dotychczas w Polsce – piaskom gliniastym. Grunty te uważane były dotychczas za grunty spoiste, choć w rzeczywistości jest to grupa przejściowa wykazująca cechy zarówno gruntów sypkich jak i spoistych. W klasyfikacjach stosowanych w różnych krajach grunty takie uznaje się przeważnie za piaski. Podobnie klasyfikuje je nowa norma PN-EN-14688.

Podstawową charakterystyką, istotną dla zagospodarowania zwałowisk, jest ich osiadanie. Całkowitą wielkość osiadania szacuje się na 1,5% wysokości zwałowiska, co stanowi ponad 200 cm w przypadku zwałowisk bełchatowskich i 80–100 cm w przypadku zwałowisk konińskich, które zasypują płytsze odkrywkę. Osiadanie przebiega z różną szybkością. Z pomiarów wiadomo jednak, że ok. 80–85% osiadań całkowitych ($t = \infty$) zachodzi w okresie kilkunastu miesięcy od zakończenia zwałowania.

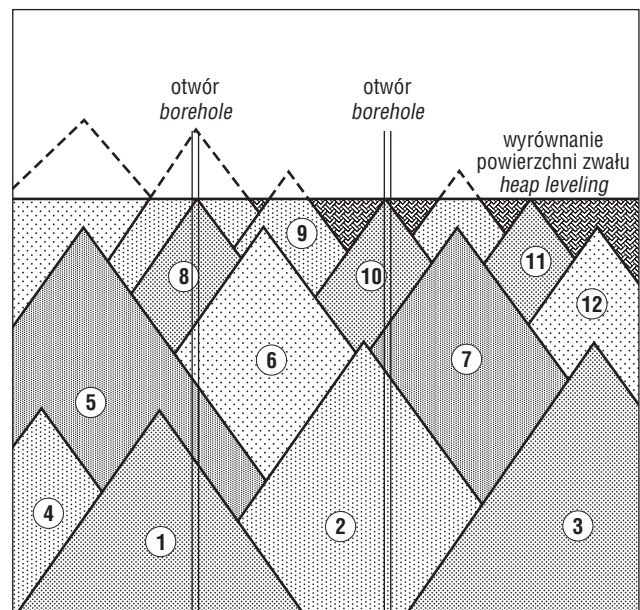
Z informacji uzyskanych w dziale geologiczno-mierniczym KWB *Bełchatów* wynika, że w trzech punktach obserwacyjnych usytuowanych na zwałowisku zewnętrznym (190 m) wartość osiadań wynosiła od 0,29 do 0,49 m. Zwałowanie rozpoczęto w latach 70. XX w. i podana wartość dotyczy lat 1994–2004. Dokładniejsze rozwinięcie akapitu znajduje się w podrozdziale Osiadania.

Z archiwalnych badań geologicznych zwałowiska zewnętrznego bełchatowskiego wiadomo, że występują w nim tylko zawieszane wody gruntowe. Odbudowa zwierciadła wód gruntowych odbywa się powoli i nie obserwuje się na razie dodatkowych osiadań z tego powodu. Wynika to z dobrej wodoprzepuszczalności charakteryzującej znaczną część zwa-

łowanych gruntów, co pozwala na migrację opadów atmosferycznych w głębsze partie. Występowanie wód zawieszonych związane jest z pylastymi i ilastymi przewarstwieniami w obrębie zwałowiska. Wody zawieszane mogą występować na różnych głębokościach, a drogi ich spływu mogą być skom-



Ryc. 3. Budowa składowiska zewnętrznego. Bełchatów. Układanie materiału odbywa się w formie stożków pod kątem stoku naturalnego (około 40°). Fot. z archiwum KWB *Bełchatów*
Fig. 3. The construction of external heap in Bełchatów. The deposition in cones with the angle of natural slope (about 40°). Photo from the archives of *Bełchatów* Opencast Mine



Ryc. 4. Układ gruntów w zwałie (schemat); 1–12 stożki zbudowane z różnych partii gruntów: wymieszane piaski, pyły, iły, w zależności od aktualnego urabiania nadkładu (Wysokiński, 2007)
Fig. 4. Set of soils in the heap (scheme); 1–12 cones built from various parts of soils: mixed sands, silts, clays in dependence on current overburden (Wysokiński, 2007)

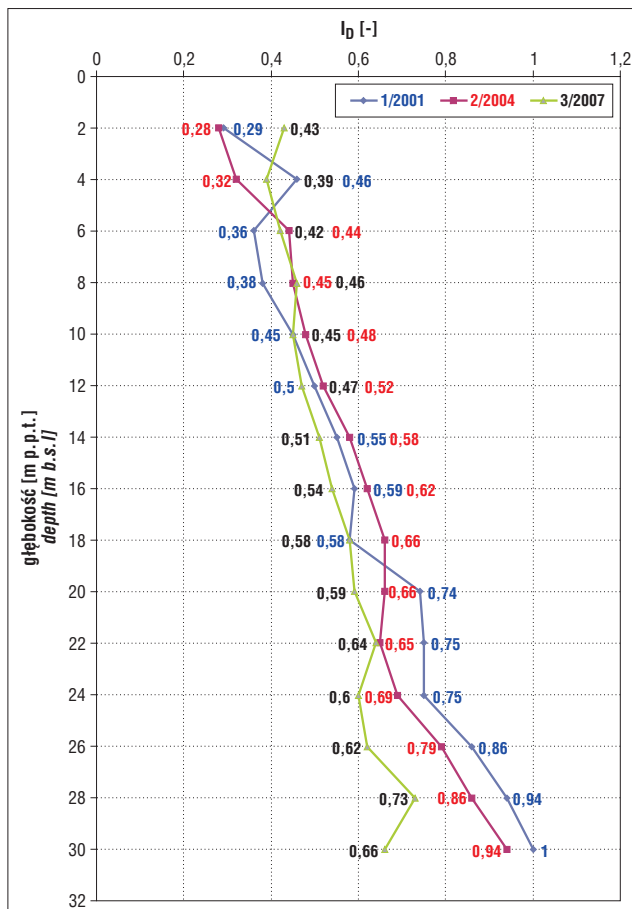
plikowane – są uzależnione od przepuszczalności materiału występującego w zwale, w obrębie którego istnieją obszary uprzywilejowane – np. kanały zwirowe. Wzdłuż tych kanałów obserwuje się lokalne zjawiska deformacji filtracyjnych. Wody migrujące, w przeciwieństwie do wód zawieszonych, same „wytwarzają” swoje drogi spływu.

Wyniki obserwacji zwałowiska siarkowego rekultywowanego w Machowie, prowadzonych w innych warunkach, podaje Woźniak (1995).

Nośność. W rozpoznawanie warunków geologiczno-inżynierskich dużo informacji wnoszą wyniki sondowań dynamicznych, jednakże w gruntach spoistych interpretacja tych sondowań praktycznie nie jest stosowana – ze względu na zbyt małą dokładność.

Wyniki sondowań statycznych i dylatometrycznych przeprowadzonych na badanych terenach potwierdziły wskaźniki i parametry określone na podstawie sondowania dynamicznego (ryc. 5).

Brak doświadczenia w badaniach gruntów zwałowych i ich korelacji ogranicza precyzyjną analizę wyników. Mimo to, przyjmując „bezpieczne” interpretacje, można uznać, że wyniki sondowań wskazują na postępujące z głębokością poprawianie się właściwości gruntów i że na głębokości ok. 20 m nośność gruntów zwałowych jest wystarczająca do przeniesienia obciążeń od elektrowni na całym terenie zwałowiska.



Ryc. 5. Interpretacja wyników sondowań dynamicznych wykonanych sondą DPSH. Wyniki podane dla gruntów zwałowanych w latach 2001–2007

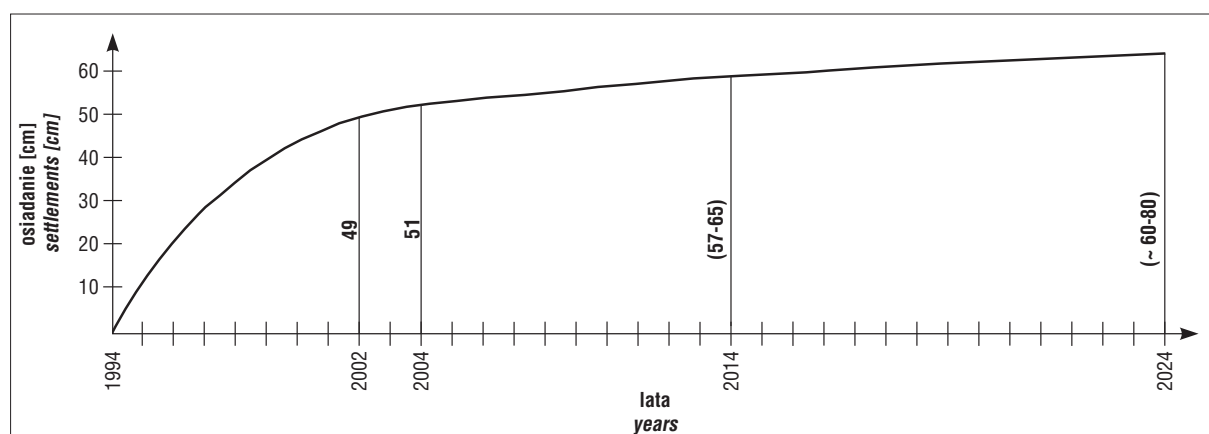
Fig. 5. Interpretation of dynamic soundings results from DPSH probe for soils being heaped from 2001–2007

W niekorzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich, jakie zostały stwierdzone, każdy z wybranych sposobów fundamentowania wiąże się ze znacznym podniesieniem kosztów i wydłużeniem procesu inwestycyjnego w stosunku do posadawiania w naturalnych warunkach gruntowych. Grunty zwałowe nie zezwalają na ciągłą interpretację przekrojów, nawet przy odległości między otworami wynoszącej 20 m. Zmienność właściwości jest zbyt duża. Dlatego też warunki geotechniczne odpowiednie dla projektowanych obiektów należy ustalać na podstawie średnich zależności statystycznych gwarantujących, że fundament będzie współpracował z tym zróżnicowanym podłożem. Bardzo zmienny ośrodek, jakim jest grunt zwałowany, praktycznie nie daje możliwości przewidywania jakichkolwiek prawidłowości co do przebiegu granic warstw i stanowi istotne utrudnienie interpretacji, ale stwarza możliwość stosowania prostych uśrednień zależności, co związane jest z „losowością ośrodka”.

Obecnie, spośród dostępnych metod wykorzystania alternatywnych źródeł energii, najczęściej stosowane są elektrownie wiatrowe. Istotnym zjawiskiem, które należy wziąć pod uwagę, jest więc przekazywanie obciążeń z konstrukcji wieży elektrowni wiatrowej na grunt. Sama konstrukcja nie wywiera dużych obciążeń, ale ze względu na momenty od wiatru fundament jest krawędziowo obciążony dużymi naciskami. Nie mamy w tym zakresie dużych doświadczeń, ale należy podkreślić, że grunty zwałowane są wrazliwie na obciążenia dynamiczne – co wynika z ich dużej porowatości – i mają wysoki potencjał zagęszczalności, zatem łatwiej niż grunty naturalne będą się zagęszczać i osiadać pod wpływem drgań turbin wywołanych przez wiatr. W przypadku konstrukcji drgających obserwuje się stopniowe zagęszczanie gruntów występujących w podłożu. Stopień zagęszczenia gruntów pod tymi konstrukcjami powinien wynosić $I_D \approx 0,8$, podczas gdy na zwale wynosi on jedynie ok. 0,5. Obciążenia od fundamentu są raczej quasi dynamiczne, więc nie można tych wartości przenosić bezpośrednio.

Osiadanie. Oszacowanie dokonane w 2007 r. (Wysocki, 2007) określa wartość osiadań zwału bełchatowskiego na ok. 1 cm/rok. Średnia wartość osiadań nie jest istotna dla pracy konstrukcji turbiny wiatrowej, ważne są jednak różnice osiadań, które mogą doprowadzić do pochyleń turbiny. Na rycinie 6 przedstawiony jest wykres, który obrazuje prognozę osiadań w logarytmicznej zależności od czasu, wyznaczoną na podstawie trzech dobrze udokumentowanych obserwacji.

Badania powierzchni zwału bełchatowskiego w 1982 r., gdy kończyło się zwałowanie zewnętrzne, pozwoliły zaobserwować istnienie szeregu drobnych form zapadawych o wymiarach 10–25 m i głębokości do 1,5 m. Pojawienie się takiej formy zapadliskowej obecnie, po ponad 20 latach, jest bardzo mało prawdopodobne. Jednakże tego typu zjawiska, spowodowane głównie przenikaniem wody w głąb zwału, są nadal możliwe. Na wypadek powstania zapadlisk, których wymiarów i częstotliwości występowania nie można przewidzieć – a które mogłyby wystąpić pod fundamentem elektrowni wiatrowych – należy wprowadzić zabezpieczenia stwarzające możliwość wyrównania osiadań. Jako doraźne środki zaradcze można stosować rozmaite metody geotechniczne polegające np. na uszczelnianiu i wzmacnianiu podłoża. O wystąpieniu niespodziewanych osiadań powinien informować system monitoringu, który należy założyć na wszystkich elektrowniach wiatrowych.



Ryc. 6. Prognozowana krzywa osiadań zwału bełchatowskiego (Wysokiński, 2007)

Fig. 6. Estimated settlements curve of Belchatów external heap (Wysokiński, 2007)

W przypadku stwierdzenia nierównomiernego osiadania elektrowni wiatrowej należy wykonać prostowanie wieży wiatraka. Zabiegi tego typu były już wielokrotnie wykonywane – szereg skutecznych realizacji można prześledzić zarówno na świecie, jak i w Polsce.

Problemy likwidacji wyrobisk odkrywkowych

W dniu 27 kwietnia 2004 r. przyjęty został przez Radę Ministrów dokument pt. *Program Rządowy dla terenów poprzemysłowych*, którego zasadniczym celem jest stworzenie warunków i wykreowanie mechanizmów sprzyjających zagospodarowaniu terenów poprzemysłowych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Bezpośrednimi celami programu są:

- opracowanie systemu zarządzania terenami zdegradowanymi służącego rewitalizacji i przywróceniu do obrotu gospodarczego terenów zdegradowanych działalnością przemysłową oraz ograniczeniu procesu zajmowania niezdegradowanych terenów pod inwestycje przemysłowe,
- rozwój sektora przedsiębiorstw zajmujących się rekultywacją terenów zdegradowanych i związane z tym powstanie nowego segmentu rynku pracy.

Rekultywacja ma na celu odtworzenie elementów terenu, rozumiane jako zadbanie o walory krajobrazowe, poprawę jakości wód gruntowych oraz umożliwienie wykorzystania i użytkowania terenu.

Każdy przypadek rekultywacji terenu zdegradowanego wymaga indywidualnego podejścia i projektu. Tymczasem system praw i zarządzeń, który obecnie obowiązuje – i który można uznać za poprawny dla średnich warunków i średnich obiektów – jest nieodpowiedni jako metoda rozwiązywania jednostkowego dużych problemów. Stosowanie we wszystkich sytuacjach tych samych zasad rekultywacji, bez uwzględnienia specyficznych uwarunkowań – głównie skali problemu i zagrożeń – jest błędem. Nietypowe problemy powinny być rozpatrywane indywidualnie. Powinna być również stworzona możliwość odstępstw od przepisów, uzasadniona dobrym rozpoznaniem i wyraźną potrzebą odrębnego traktowania danego przypadku.

Zgodnie z powyższym konieczne wydaje się np. przygotowanie „ustawy bełchatowskiej”, która obejmowałaby zagadnienia związane z rekultywacją rejonu wyrobiska *Bełchatów*. Niektóre z dotychczasowych projektów i działań, mimo odległej perspektywy, mogą wpłynąć na przy-

szle problemy dotyczące rekultywacji. O ile np. kierunek wodny wydaje się właściwy, gdy mamy do czynienia z mniejszymi odkrywkami, to zalanie całej odkrywki *Bełchatów*, zaproponowane w niektórych opracowaniach, wymaga dokładniejszego rozważenia. Według planów, bezpośrednio po zakończeniu wydobywania wyrobiska powinny mieć głębokość ok. 280 m, a ich przygotowanie do napełnienia wodą nastąpi do 2049 r. Głębokość jezior wyniesie ok. 100 m, gdyż planuje się, aby dna projektowanych zbiorników znalazły się ponad stropem wysadu solnego. Przewiduje się, że wypełnianie wodą wyrobisk w sposób naturalny może zająć ok. 60 lat. Czas ten można skrócić do ok. 20 lat dzięki dodatkowemu zasilaniu zbiorników wodami pochodzącymi spoza leja depresyjnego, np. wodami Warty (Żuk & Kasztelewicz, 2008).

Po wydobywaniu węgla pozostał ubytek ok. 1800 mln m³. Pustka poeksploacyjna ma wymiary 25 x 1,5 km i ok. 50 m głębokości. Na zwałach zewnętrznych odłożono 1350 mln m³ utworów nadkładu, co powiększa rozmiar ubytku o dalsze 40 m głębokości. Łącznie, w wyniku deficytu mas, ubytek wyniesie więc ok. 90 m.

Na zwałowisku znajduje się również składowisko popiołów i żużli, których masa jest równa ok. 10% masy wyeksploatowanych węgla.

Rekultywacja omawianej odkrywki w dużej mierze zależy od tego, co w przyszłości stanie się z elektrownią. Jednak na to pytanie nie ma dziś jeszcze odpowiedzi. Nowy obiekt elektrowni, związany z odkrywką *Szczerców*, jest dopiero w budowie. Co z nim będzie za 30 lat? Starą elektrownię po 60 latach pracy (w 2040 r.) pewnie będzie trzeba rozebrać ze względu na jej wyeksploatowanie i przestarzałą technologię.

Tereny po eksploatacji węgla kamiennego trzeba w tej chwili w pełni rekultywować – to samo będzie dotyczyło zagłębia bełchatowskiego. Przyszli budowniczcy – rekultywatorzy muszą uwzględnić, że:

- kształt powierzchni skarp determinuje ich dostępność, a tym samym możliwość ich wykorzystania. Układ zboczy powinien mieć charakter tarasowy i stosunkowo łagodne nachylenie. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń zakłada się, że ok. 1/4 powierzchni nadaje się do upraw rolniczych i leśnych. Jest to ważne, bo zrehabilitowany teren musi być z całą pewnością „zielony”;
- powierzchnia terenu powinna być w miarę możliwości płaska – sfałdowana utrudnia użytkowanie i powoduje

gromadzenie się wody w zagłębieniach. W takich miejscach grunt nabiera niekorzystnych właściwości, a nagromadzona woda stwarza zagrożenie osuwiskowe. Głównym, a zarazem trudnym do wyeliminowania problemem jest erozja. Przy nachylonej powierzchni i bardzo podatnych na erozję wymieszanych gruntach woda żłobi głębokie kaniony i rynny;

- system odwodnienia kopalni jest obecnie w równowadze. Lej depresyjny – zajmujący powierzchnię ok. 600 km² – nie powiększa się już znacznie, chociaż nadal ok. 300 studni wypompowuje dziennie 500 tys. m³ wody – w ciągu roku daje to łącznie 200 mln m³;
- woda, która jest pompowana ze studni odwadniających, to woda najlepszej jakości nadająca się do picia. Dlaczego mamy odprowadzać ją do brudnych rzek? Litry wody na świecie kosztuje obecnie ok. 1 zł, a cena ta z pewnością będzie rosła. Być może to właśnie woda będzie stanowiła główny element, wokół którego skupi się proces rekultywacji Bełchatowa – ze względu na istniejącą już infrastrukturę (studnie) kopalnia węgla może być zamieniona w „kopalnię wody” zaopatrującą znaczną część obywateli Polski.

Z punktu widzenia technicznego nie można zaniechać całkowicie pompowania wody wokół odkrywki Bełchatów po zakończeniu jej eksploatacji, gdy będzie pracowała już tylko odkrywka Szczerców. Dotyczy to zwałowania wewnątrz odkrywki Bełchatów nadkładu pochodzącego z odkrywki Szczerców. Zatem jeszcze przez co najmniej kilkanaście lat zarówno zbocza, jak i zasypywane dno odkrywki powinny być suche.

Należy jednak pamiętać, że zjawiska związane z powrotem wody do osuszanych odkrywek wywołują szereg niekorzystnych procesów – osuwiska, erozję, podtopienia. Kąt nachylenia zboczy suchych i zawodnionych jest inny, obserwuje się więc duże zmiany linii brzegowej.

Rekultywacja Bełchatowa postępująca w kierunku rekreacyjnym także wydaje się dzisiaj odpowiednia. W centralnej Polsce brak jest terenów rekreacyjnych – pozostały po odkrywce wykop, napełniony częściowo wodą, może stać się regionalnym, a nawet ogólnopolskim centrum sportu i rekreacji. Władze kopalni zdają się zresztą doskonale to rozumieć – z myślą o miłośnikach sportów zimowych przygotowano trasę zjazdową, zaopatrzoną w nowoczesną infrastrukturę i zaplecze gastronomiczno-hotelarskie. Obecnie rozważane jest przekształcenie tego obszaru górniczego w największy w Polsce ośrodek sportu i rekreacji. Projekt zakłada kompleksowe zagospodarowanie dostępnego terenu, na którym powstać miałyby m.in. kryte narciarstwo, hipodromy i autodromy, tory wyścigowe, sztuczne tory wodne z plażami i przystaniami żaglowymi i motorowodnymi, a także park technologiczny (Żuk & Kasztelewicz, 2008).

W miejscu tym będzie można spędzać czas w kontakcie z wodą i zielenią. Tak może być po całkowitym zakończeniu eksploatacji. Tereny pokopalniane Bełchatów mogą mieć walory uzdrowiskowe, co wiąże się z występującymi w ich obrębie solankami. Zrekultywowany teren mógłby potencjalnie „przyjąć” nawet 50–60 tys. osób. Zakładając, że baza noclegowa miałaby obsługiwać 10–20 tys. osób trze-

ba by wybudować ok. 100 hoteli. Zieleń, która miałaby pojawić się na terenie pokopalnianym, należy kształtować jako zieleń parkową. Nasadzenia trzeba rozpocząć jak najwcześniej, by drzewostan w momencie napełnienia zbiornika wodą był dojrzały.

Z takiego scenariusza wynikają jeszcze dwa wnioski. Pierwszy dotyczy wody pochodzącej ze studni wokół odkrywki Bełchatów, która jest wyśmienitą wodą konsumpcyjną. Należy ją butelkować i rozprowadzać po kraju, co w wydatny sposób może przyczynić się do zmniejszenia ogólnych kosztów związanych z rekultywacją. Polska, podobnie jak cały świat, będzie może niedługo musiała zmierzyć się z problemem niedoboru dobrej wody konsumpcyjnej. Wodę taką trzeba oszczędzać. W kranie może być woda techniczna, ale dobra woda konsumpcyjna prawdopodobnie będzie wkrótce tylko butelkowana.

Drugi wniosek dotyczy etapów rekultywacji. Wynika z niego, że rekultywacja odkrywki będzie długim procesem, który obejmuje kilkadziesiąt lat. Zatem należy projektować kolejne etapy włączania poszczególnych elementów zagospodarowania, a więc – tak jak w przypadku Bełchatowa – pierwsza powinna być tzw. faza „sucha”, dopiero po 20–30 latach „mokra” itd.

Literatura

- CAŁA M., FLISIAK J. & RYBICKI S. 2004 – Modelowanie oddziaływania odkrywkowej eksploatacji w Kopalni Bełchatów na wysad solny Dębiny. [W:] Geotechnika i budownictwo specjalne. XXVII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej. Zakopane, 14–19 marca 2004 r. Wydawnictwo KGBiG AGH.
- Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources.
- KOŁODZIEJSKI J. (red.) 1995 – Koncepcja Polityki i przestrzennego zagospodarowania kraju – Polska 2000 plus. Raport CUP, Warszawa.
- Polityka ekologiczna państwa w latach 2009–2012 z perspektywą do roku 2016. [http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_11/8183a2c86f4d7e2cdf8c3572bba0bc6.pdf]
- Polityka energetyczna Polski do roku 2025. (Monitor Polski Nr 42, poz. 562)
- Polityka energetyczna Polski do roku 2030. Projekt ministra gospodarki z dnia 04.09.2008 r. [<http://www.mg.gov.pl/NR/rdonlyres/8C3B84AA-C9EF-471A-9B33-A66E2C700CC0/37509/PEPwer3210092007.pdf>]
- RYBICKI S., HELIOS-RYBICKA E. & HERZIG J. 2005 – Rekultywacja wyrobiska poeksploatacyjnego KWB Turów mieszaniną gruntów nadkładu i popiołów elektrowniowych – problemy geotechniczne i środowiskowe. *Górn. Odkryw.*, 6: 58–63.
- WOŹNIAK H. 1995 – Cechy strukturalno-teksturalne i właściwości fizyczno-mechaniczne zwałowych gruntów spoistych z nadkładu kopalni Machów. *Tech. Poszuk. Geol.*, 2: 13–17.
- WYSOKIŃSKI L. 2007 – Problemy posadowienia elektrowni wiatrowych na zwałowisku zewnętrznym kopalni Bełchatów. [W:] Sesja jubileuszowa z okazji 70-lecia urodzin prof. dr. hab. in. Lecha Wysokińskiego: Warszawa–Bełchatów, 30 maja–1 czerwca 2007 r.
- WYSOKIŃSKI L. 2008 – Rekultywacja terenów przemysłowych na przykładzie rejonu bełchatowskiego. 54. Konferencja Naukowa – Zrównoważony rozwój w budownictwie. Problemy naukowo-badawcze budownictwa. Białystok–Krynica, 21–26 września 2008 r.
- ŻUK S. & KASZTELEWICZ Z. 2008 – Rekultywacja i zagospodarowanie terenów pogórnich węgla brunatnego. *Dodatek lobbingowy do Rzeczpospolitej*. 9 września 2008 r.

Praca wpłynęła do redakcji 28.06.2010 r.

Po recenzji akceptowano do druku 26.07.2010 r.