

Systemy maszynowe w górnictwie odkrywkowym.

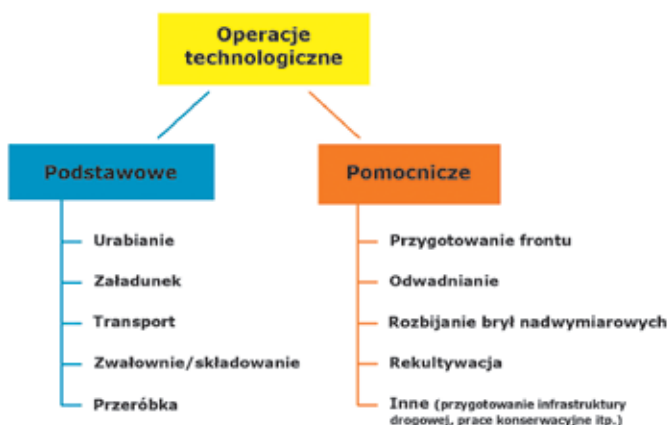
Cz. 1. Maszyny w górnictwie polskim

tekst: **mgr inż. ADRIAN BORCZ**, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, **prof. dr hab. inż. WIESŁAW KOZIOŁ**, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego Oddział Katowice; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Od zarania ludzkości górnictwo odkrywkowe obok podstawowych czynności koniecznych do przetrwania w pewnym stopniu stanowiło podstawę codziennego życia człowieka. Postępujący rozwój przyczyniał się do konieczności tworzenia nowych narzędzi oraz ich usprawniania. Sukcesywne zwiększanie wydobycia podstawowych i strategicznych surowców wymagało również modyfikacji techniki i technologii górniczej, czyli narzędzi i sposobów ich wykorzystania. Wydobycie z rozwojem wzajemnie się napędzały aż do czasów nam współczesnych, kiedy to w skali globalnej górnictwo odkrywkowe stanowi ogromne źródło surowców różnego zastosowania, w dobie „myślących” maszyn, które bez ingerencji człowieka wykonują zaplanowane zadanie.

Systemy i technologie eksploatacji

Eksploatacja kopaliny związana jest z szeregiem czynności koniecznych do wykonania w złożu i w jego otoczeniu, które w rezultacie prowadzą do pozyskiwania kopaliny. Charakterystycznym elementem górnictwa odkrywkowego jest zdejmowanie nadkładu o różnych grubościach i składzie oraz urabianie kopaliny i jej transport do miejsca przeznaczenia. Ponadto wykonywane są operacje dodatkowe, które wspomagają główny proces eksploatacji (ryc. 1).



Ryc. 1. Operacje technologiczne stosowane w górnictwie odkrywkowym

W zależności od wielu czynników, np. rodzaju kopaliny i jej właściwości fizykomechanicznych, głębokości zalegania, wielkości zalegającego nad nią nadkładu, a także możliwości technicznych i ekonomicznych, maszyny i urządzenia są dobierane celowo w sposób uporządkowany, tak aby mogły utworzyć odpowiedni ciąg wydobywczy – układ technologiczny.

Wiele różnych czynników, w tym wielkość i zasięg prac związanych z eksploatacją, tj. sposób urabiania i rodzaj transportu materiału skalnego, pozwala podzielić technologie na:

- 1) ciągłe,
- 2) cykliczne,
- 3) mieszane (kombinowane), wynikające z ich odpowiedniego połączenia (ryc. 2).

W Polsce technologie ciągłe związane są przede wszystkim z wydobyciem węgla brunatnego i kopaliny okruszowej eksploatowanych na lądzie, jak i spod wody (kruszywa), natomiast układy cykliczne i mieszane w pozostałych kopalniach, choć nie jest to regułą. W światowym górnictwie odkrywkowym dominują technologie cykliczne, które osiągają wydajności polskich kopalni węgla brunatnego i znacznie większe. Na przykład, krajowa kopalnia surowców wapiennych osiąga wydobycie rzędu 2,0 mln t w ciągu roku i jest to wielkość zdejmowanego nadkładu, jaką osiągają np. kopalnie odkrywkowe miedzi usytuowane w Ameryce Południowej w skali tygodnia (!).

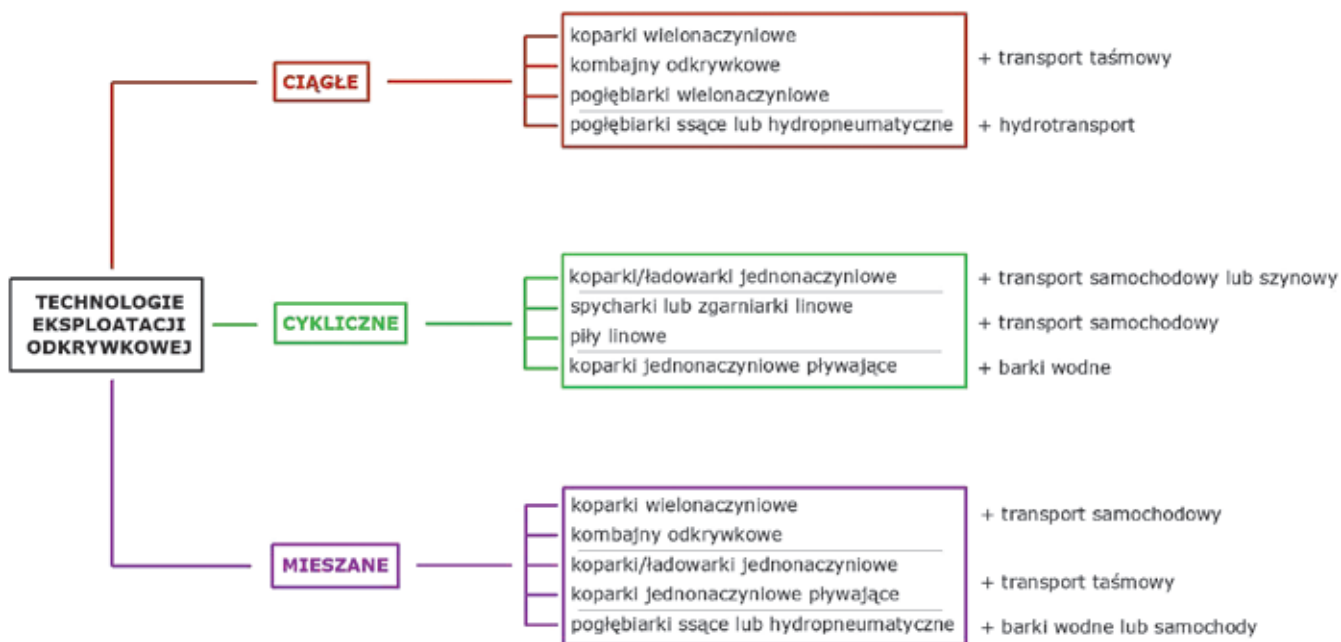
Wielkość prowadzonych w kopalniach prac przyczynia się do powstawania różnych podziałów odkrywkowej eksploatacji, a wśród nich wyróżnić można podział na cztery podstawowe technologie [6]:

- 1) ziemne o dużej koncentracji wydobycia,
- 2) ziemne o małej koncentracji wydobycia,
- 3) skalne,
- 4) podwodne.

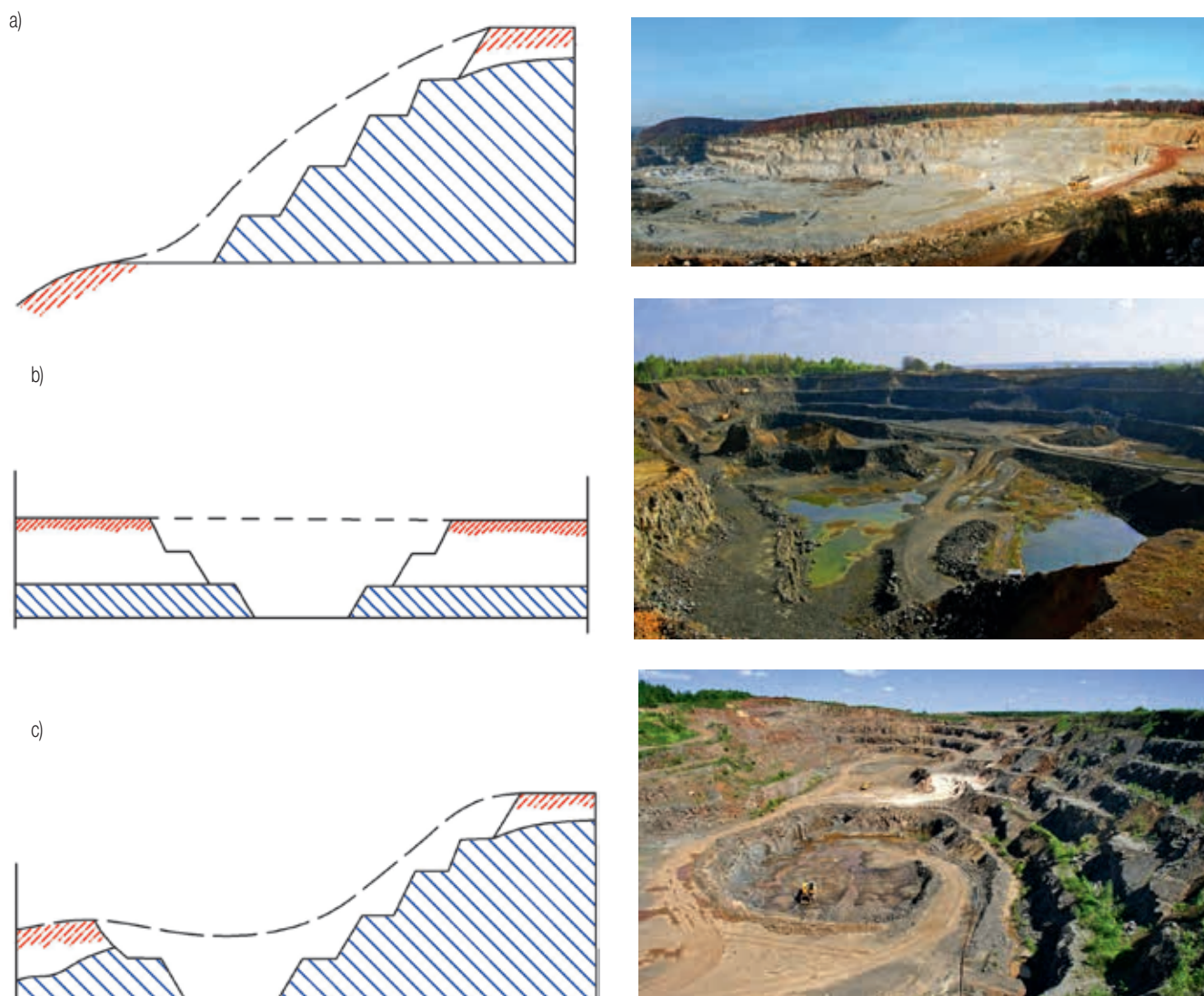
Krajowe górnictwo odkrywkowe o dużej koncentracji jest przede wszystkim związane z wydobyciem węgla brunatnego, gdzie zdejmuje się rocznie setki milionów metrów sześciennych nadkładu oraz wydobywa dziesiątki milionów samego węgla, a dawniej także przy eksploatacji piasków podsadzkowych do zastosowania w górnictwie podziemnym węgla kamiennego.

Druga technologia to przede wszystkim eksploatacja kruszyw naturalnych piaskowo-żwirowych, piasków przemysłowych, glin ogniotrwałych i ceramicznych itp., w której stosowane są maszyny o widocznie mniejszych zdolnościach przerobowych.

W technologii górnictwa skalnego, stosowanego przede wszystkim przy urabianiu związłych skał do produkcji kruszyw łamanych (w tym do drogownictwa), kamieni budowlanych,



Ryc. 2. Maszyny stosowane do urabiania i transportu kopalin w technologiach górnictwa odkrywkowego [5]



Ryc. 3. Rodzaje wyrobisk odkrywkowych: a) stokowe – kopalnia wapienia [8], b) względne – kopalnia bazaltu (fot. A. Borcz), c) stokowo-względne – kopalnia gipsu [11]

kruszyw z zastosowaniem w przemyśle cementowo-wapiennym, gipsowym czy hutniczym, stosuje się przede wszystkim materiały wybuchowe (MW).

Ostatnia grupa związana jest głównie z kruszywami naturalnymi i sporadycznie piaskami przemysłowymi, których eksploatacja prowadzona jest z użyciem maszyn usytuowanych na lądzie bądź na powierzchni wody, pod której lustrem zlokalizowane jest złożo. Kopaliny eksploatowane odkrywkowo usytuowane są na różnych głębokościach. Ma to szczególne znaczenie z uwagi na występowanie poziomów wodonośnych w różnych warstwach geologicznych. Rodzaj kopaliny i zawodnienie obszaru jej występowania warunkują, czy kopalnia wymaga odwadniania w celu prowadzenia suchej eksploatacji na lądzie, czy kopalina będzie urabiana bezpośrednio spod wody.

Ze względu na lokalizację wyrobisk względem powierzchni terenu kopalnie odkrywkowe dzieli się na: a) stokowe, b) wgłębne oraz c) stokowo-wgłębne (ryc. 3).

Wyrobiska stokowe i stokowo-wgłębne stosuje się głównie przy eksploatacji różnego typu surowców skalnych (kruszyw, kamieni blocznych itp.). Natomiast wyrobiskami wgłębnymi eksploatuje się węgiel brunatny, surowce ilaste itp.

Najgłębsze kopalnie w Polsce (jak KWB Bełchatów) mają głębokość powyżej 300 m, natomiast w górnictwie światowym najgłębsze kopalnie osiągają głębokość nawet ok. 1000 m.

Urabianie

Z przedstawionego podziału zauważyć można, że elementem w znacznym stopniu decydującym o wyborze układów maszynowych (technologicznych) jest m.in. urabialność kopaliny. Jeżeli rozpatrzmy jeszcze inne czynniki, jak np. wielkość planowanego wydobycia oraz uwarunkowania i ograniczenia techniczne, organizacyjne, ekonomiczne, środowiskowe, to możemy wyróżnić kilka sposobów urabiania kopaliny:

- 1) mechaniczne,
- 2) za pomocą MW,
- 3) hydrauliczne,
- 4) inne, np. termiczne.

Pierwszy sposób związany jest z urabianiem przede wszystkim skał oraz gruntów słabo i średnio zwięzłych za pomocą specjalnie do tego przystosowanych bądź uniwersalnych maszyn, które mogą być wykorzystane do różnych zadań w tej samej kopalni. Jak już wcześniej wspomniano, kopaliny mogą być różnie usytuowane względem poziomu wód, dlatego ogólny podział maszyn do urabiania mechanicznego kopaliny z uwzględnieniem tego czynnika przedstawia się następująco:

a) eksploatacja lądowa: jednożyłkowe koparki pod- oraz nadsiębierne oraz ładowarki, koparki wielonaczyniowe (łańcuchowe i kołowe), kombajny powierzchniowe, spycharki i spycharko-zrywarki, młoty hydrauliczne, zrywaki mimośrodowe i inne,

b) eksploatacja podwodna: pogłębiarki (pływające) lub koparki jednoczerpakowe (pracujące z ładu): żyłkowe, zgarniarkowe, chwytakowe, wieloczerpakowe (kubelkowe), zgarniarki linowe, pogłębiarki hydrauliczne (ssące), hydrauliczno-mechaniczne, hydrauliczno-pneumatyczne.

O doborze typu stosowanych maszyn decyduje kilka czynników, w tym przede wszystkim urabialność, parametry wytrzymałościowe skał i gruntów, parametry techniczne i technologiczne związane z możliwościami dobieranych maszyn i sposobami ich

pracy w caliznie, np. wielkość zabioru, a także różne czynniki zewnętrzne, np. klimatyczne, związane z porą roku.

Z praktyki wynika, że górna granica urabiania mechanicznego przypada na ok. 80 MPa wytrzymałości skał na ściskanie. Zatem efektywniejsze pod kątem urabiania skał zwięzłych i bardzo zwięzłych jest urabianie z użyciem MW. Z uwagi głównie na niskie koszty jednostkowe wydobycia jest to powszechnie stosowany sposób i jeżeli nie istnieją żadne ograniczenia, to często rozpatrywany jest jako podstawowa technologia wydobycia, stosowana głównie w kopalniach zwięzłych surowców skalnych, tj. bazalty, granity, porfiry, wapień i margle, dolomity, piaskowce itp.

Hydrauliczne sposoby urabiania stosowane są w przypadku prowadzenia eksploatacji średnio i łatwo urabialnych kopaliny, które zalegają poniżej zwierciadła lokalnie występujących wód podziemnych.

Urabianie termiczne z użyciem palnika termicznego stosowane jest w przypadku skał magmowych wydobywanych na bloki, które zawierają minimum 15% kwarcu. Kwarc pod wpływem doprowadzenia odpowiednio dużej ilości ciepła zwiększa swoją objętość, rozsadzając skałę wzdłuż linii działania palnika. Jest to jednak rzadko stosowana metoda, szczególnie z uwagi na generowany przez palnik duży hałas.

Maszyny stosowane w górnictwie polskim

W polskim górnictwie odkrywkowym stosowane są układy technologiczne składające się z bardzo szerokiego wachlarza maszyn oferowanych przez różnych światowych producentów, tj. Caterpillar, Doosan, Hitachi, JCB, Komatsu, Volvo i innych. Są to często maszyny modułowe, tzn. takie, w których np. dla koparki hydraulicznej istnieje podstawowa jednostka z możliwą zmianą osprzętu poprzez szybkozłączca itd. Obecnie nie posiadamy już polskich producentów tego typu maszyn. Wcześniej m.in. spycharki i ładowarki produkowała cywilna część HSW (Huty Stalowa Wola), jednak od lutego 2012 r. należy ona do chińskiego koncernu Liugong Machinery Poland (Doosan) – obecnie koparki, ładowarki, wozidła itp. Polska może ponadto szczycić się produkcją od lat 80. XX w. koparek Brawal z serii 1600 i 4000 przez Zakłady Mechaniczne Bumar-Łabędy SA w Gliwicach, które zasłynęły z odzyskiwania energii kinetycznej – było to rozwiązanie prekursorskie, jeśli chodzi o technologie hybrydowe, w późniejszym okresie zaczęto również produkować koparki BOLA LB600. Ich produkcję jednak zakończono w ostatnich latach [7].

W przypadku krajowych kopalni węgla brunatnego sytuacja wygląda nieco inaczej. Jako podstawowe w procesie eksploatacji stosowane są maszyny o znacznie większych wydajnościach. Wynika z tego konieczność zaprojektowania, a następnie skonstruowania maszyny dla konkretnych warunków złożowych – wyróżnić tutaj można takich producentów, jak Kopex-Famago czy Fugo. Proces projektowania i powstawania koparki trwa kilka lat. Koparki takie jednak są przystosowane do prowadzenia eksploatacji przez kilkadziesiąt lat w stałych warunkach złożowych, a w razie ich zmienności są modyfikowane, a także unowocześniane przez wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań współczesnej inżynierii, np. automatyzacji, pozycjonowania maszyn i skanowania przodków wydobywczych.

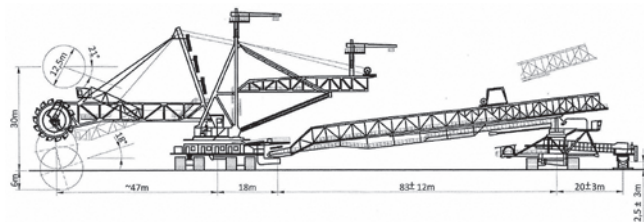
Generalnie, osiągnięte przez oferowane maszyny wydajności są silnie powiązane z ich gabarytami. Krajowe kopalnie węgla brunatnego pracują w układach ciągłych. Eksploatacja prowadzona jest za pomocą największych stosowanych w polskim górnictwie

wielonaczyniowych koparek kołowych i łańcuchowych, odpowiednio zestrojonych z ciągłym transportem technologicznym, czyli układem przenośników taśmowych, na odcinkach kilku-, kilkunastu kilometrów, a zwałowanie zdejmowanego nadkładu odbywa się przy użyciu zwałowarek – układ KTZ (koparka – taśmociąg – zwałowarka) – rycina 4.w



Ryc. 4. Układ KTZ w kopalni węgla brunatnego, fot. A. Borcz [10, 12]

Koparki wielonaczyniowe, zarówno kołowe, jak i łańcuchowe, osiągają wydajność od kilkuset do kilkunastu tysięcy metrów sześciennych na godzinę. Wynika to z konstrukcji ich narzędzi urabiających, na których regularnie rozmieszczone są czerpaki o różnych pojemnościach. Pomimo małej mobilności ich konstrukcja umożliwia osiąganie dużych poziomych i pionowych zasięgów pracy (ryc. 5).



Ryc. 5. Schemat koparki KWK 2000 [3]

Bardzo małe koparki (np. w kopalniach surowców okruchowych lub ilastych) mają pojemność naczynia poniżej 1 m³, a ich wydajność teoretyczna waha się w przedziale ok. 600–3000 m³/h, natomiast w przypadku koparek znajdujących się w kopalniach węgla brunatnego czerpaki osiągają wielkość nawet powyżej 6 m³ (wydajność nawet ok. 20 000 m³/h) – rycina 6.



Ryc. 6. Koło czepakowe koparki wielonaczyniowej kołowej w kopalni węgla brunatnego, fot. A. Borcz



Ryc. 7. Jednonaczyniowa koparka: a) hydrauliczna podziemna – Caterpillar 365C, b) hydrauliczna nadsiębierna – O&K RH3-E (fot. A. Borcz), c) mechaniczna (linowa) – Skoda E-303 [2], d) zgarniakowa – Nobas UB 1254 [9]

W kopalniach tych stosowane są również inne, znacznie mniejsze maszyny, których zadaniem jest wspomaganie procesu wydobywczego, m.in. poprzez przygotowywanie frontów roboczych, porządkowanie wyrobisk, a także pracujących w trudnych warunkach złożowych, gdy warstwy nadkładowe stanowią trudno urabialne grunty i skały. W tym przypadku często zachodzi również konieczność wykorzystania techniki strzelniczej.

Mniejsze maszyny, stosowane np. w górnictwie skalnym kruszyw łamanych, to głównie jednonaczyniowe koparki hydrauliczne podziemne i rzadziej stosowane nadsiębierne. Koparki mechaniczne (linowe) pomimo swojego wieku stosowane są jeszcze w wielu krajowych kopalniach, choć przez ostatnich kilka lat sukcesywnie wypierają je hydrauliczne koparki i ładowarki (ryc. 7 i 8). Obecność dużej liczby koparek i ładowarek jednonaczyniowych w przemyśle budowlanym oraz wydobywczym świadczy o ich powszechnym zastosowaniu w pracach związanych z ładowaniem, transportowaniem mas ziemnych oraz urobku, a także z bezpośrednim urabianiem mechanicznym złóż skał okruchowych.

Jednonaczyniowe koparki i ładowarki pracujące w polskich kopalniach możemy podzielić według wielkości naczynia roboczego (tab. 1).

Tab. 1. Zestawienie wielkości jednonaczyniowych koparek i ładowarek w Polsce [4]

Koparka	Pojemność tyżki [m ³]	Ładowarka	Pojemność tyżki [m ³]
mała	< 1	lekka	0,5–2
średnia	1–3	średnio ciężka	2–5
duża	3–10	ciężka	5–10
bardzo duża	> 10	bardzo ciężka	> 10

Kolejnym trendem obserwowanym od kilku lat w przemyśle górnictwym jest wypieranie koparek przez ładowarki. Z uwagi na ich dużą mobilność stosowane są jako maszyny uniwersalne do załadunku luźno usypanego materiału skalnego w przodkach wydobywczych bądź na placach składowych itp.



Ryc. 8. Jednoślukowa ładowarka na podwoziu oponowym – Caterpillar 990K, fot. A. Borcz

Pośród stosowanych w Polsce koparek i ładowarek z uwagi na skalę wydobycia wiele z nich to maszyny małe bądź średnie. Najczęściej osiągają pojemność łyżek ok. 2–6 m³, a ich masa własna wynosi od 30 do 120 t – koparki oraz od 15 do 50 t – ładowarki.

Urobiony bezpośrednio bądź z użyciem innych technologii materiał skalny w przypadku układów cyklicznych ładowany jest na samochody technologiczne (wozidła) – rycina 9. Zaletą tego rodzaju transportu jest przede wszystkim mobilność, dzięki czemu możliwe jest przestawianie układów wydobywczych na różne partie złoża, wynikające ze zmienności parametrów kopaliny. Wykorzystywane w kraju samochody mają ładowność 30–80 t, z czego najczęściej stosowane są te, których ładowność sięga 30–40 t. Jest to zależne przede wszystkim od pojemności łyżek jednoznaczniowych koparek i ładowarek. Istnieją również inne kryteria, np. związane z zależnością masy własnej koparki i ładowności samochodów.



Ryc. 9. Wozidła w kopalni wapienia: a) sztywnoramowe – Komatsu HD605, przegubowe – Volvo A35D, fot. A. Borcz

W praktyce przyjmuje się, że do skrzyni wozidła ładuje się od trzech do pięciu (czasem sześciu) łyżek koparki lub ładowarki, co wynika z kryterium wytrzymałościowo-konstrukcyjnego i ma na celu niedopuszczenie do nadmiernych uderzeń wysypywanego urobku do skrzyni wozidła – rycina 10.



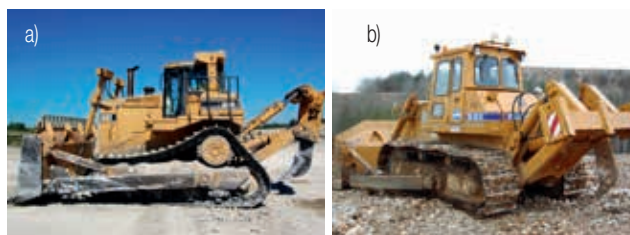
Ryc. 10. Współpraca koparki podsiębiernej Volvo z samochodem Białez w kopalni wapienia, fot. A. Borcz

W przypadku, gdy występują np. ograniczenia społeczne, środowiskowe lub inne, które uniemożliwiają urabianie złóż zwięzłych za pomocą MW, stosowane są technologie mechanicznego urabiania, w tym z wykorzystaniem frezujących kombajnów powierzchniowych czy spycharek z zamontowanym zrywakiem (ryc. 11 i 12).



Ryc. 11. Kombajn frezujący Wirtgen 2200 z bezpośrednim ładowaniem urobionej kopaliny na wozidło, fot. M. Sikora

Jednak zastosowanie kombajnów odkrywkowych typu Wirtgen ma swoje ograniczenia wynikające z wytrzymałości na ściskanie. Przyjmuje się, że graniczna wartość wynosi 120 MPa.



Ryc. 12. Spycharka z zamontowanym zrywakiem: a) Caterpillar D9R, b) Stalowa Wola TD-25 G, fot. A. Borcz



Ryc. 13. Mechaniczne urabianie skał z użyciem a) zrywaka wibracyjnego [4], b) młota hydraulicznego, fot. A. Borcz

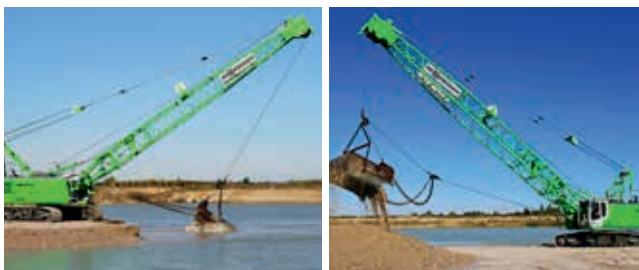
Kopalnie kruszyw naturalnych piaskowo-zwirowych to kopalnie zarówno łądowe, wodne, jak i mieszane. Stosowane w nich maszyny dostosowane są do warunków złożowych, w tym do lokalnych wód gruntowych. Generalnie koparki hydrauliczne tej samej klasy co ładowarki mają większe siły urabiania, jednak w eksploatacji złóż piasków przemysłowych stosowane są często te drugie. Wynika to z faktu prowadzenia prac w luźnej caliznie skalnej, tzn. ładowarka nabiera piasek bezpośrednio ze złoża oraz przyzm usypywanym naturalnie z piasku obsuwającego się na powierzchnię po skarpie, na której pracuje ładowarka (ryc. 14). Ładowarka w lepszym stopniu dostosowuje się do szybko postępującego frontu roboczego, dzięki czemu, jeżeli współpracuje z przenośnikiem taśmowym jako środkiem od-

stawy urobionego surowca, szybciej i sprawniej manewruje na odcinku ściana wydobywczą – odstawa, szczególnie gdy z czasem odległość ta się zwiększa wraz z postępem eksploatacji.



Ryc. 14. Praca ładowarki XCMG ZL50G podczas eksploatacji złoża piasków, fot. A. Borcz

Eksploatacja tego typu złóż jednak często prowadzona jest spod lustra wody, zwłaszcza gdy istnieją ograniczenia do odwadniania złoża, bądź gdy taka operacja kompletnie by się nie opłacała – złoża tego typu często są zlokalizowane przy zbiornikach śródlądowych i ciekach (np. rzeki) bądź poziomy wodonośne znajdują się płytko pod powierzchnią terenu, na którym powstała kopalnia. Do ich eksploatacji stosowane są różne maszyny, które usytuowane są na lądzie bądź na wodzie, gdzie zaznaczyć należy, iż do urabiania kopalni spod wody wyróżnić można znacznie więcej maszyn, w tym hydropneumatycznych.



Ryc. 15. Koparka zgarniakowa w kopalni kruszyw zwirowych eksploatowanych spod wody [13]

Podsumowanie i wnioski

Polska jest jednym z krajów Europy, w których wydobywa się stosunkowo dużo kopalni. W naszym kraju znaczną przewagę odznaczają się kopaliny pochodzące z eksploatacji w odkrywkowych zakładach górniczych – łącznie ponad 350 mln t rocznie, a najliczniejsze spośród nich to naturalne kruszywa piaskowo-zwirowe i kruszywa łamane oraz węgiel brunatny wraz ze zdejmowanym w dużych ilościach nadkładem [1]. Urabianie kopalni odbywa się mechanicznie za pomocą powszechnie stosowanych maszyn, tj. jednożyłkowych koparek czy ładowarek, koparek wielonaczyniowych, spycharko-zrywarek i innych. Surowce bardziej związane podlegają zastosowaniu materiałów wybuchowych jako środka odpajającego caliznę skalną, należy jednak pamiętać, że nie zawsze możliwe jest ich stosowanie.

Za wyborem odpowiedniej technologii stoi wiele uwarunkowań, w tym m.in. technicznych, ekonomicznych, środowiskowych. Jeżeli jednak wziąć pod uwagę sytuacje, w których na drodze do utworzenia ciągu technologicznego w jednej bądź w większej liczbie linii produkcyjnych nie występują żadne ograniczenia, to inwestor może stosować dowolnie przez siebie wybrane maszyny, dzięki którym inwestycja będzie rentowna. Obecnie wiele kopalni związanych surowców skalnych stosuje do urabiania złóż materiały wybuchowe jako jeden z najtańszych sposobów do pozyskiwania kopalni. Pomimo że mechaniczne urabianie daje wyższe, a czasem nawet kilkakrotnie większe nakłady jednostkowe (w zł/t kopaliny), to w pewnych warunkach pozwala uzyskać porównywalne wyniki jak z użyciem MW. Oczywiście należy wspomnieć, że istotnym kryterium przy doborze systemów maszynowych jest planowana wielkość wydobywania, która pociąga za sobą dobór wielkości i liczby maszyn o odpowiednich zdolnościach przerobowych w liniach produkcyjnych.



Ryc. 16. Pogłębiarka wieloczerpakowa w kopalni kruszyw zwirowych eksploatowanych spod wody, fot. A. Borcz

Literatura

- [1] Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce. PiG. Warszawa 2013.
- [2] Bęben A.: *Legendarne maszyny*. „Surowce i Maszyny Budowlane” 2010, nr 2, s. 66–71.
- [3] Kasztelewicz Z.: *Koparki wielonaczyniowe i zwałowarki*. *Technologia pracy*. Kraków 2012.
- [4] Kasztelewicz Z.: „Zastosowanie mechanicznych i pomocniczych metod urabiania w górnictwie odkrywkowym” (praca niepublikowana). Konferencja Szkoła Górnictwa Odkrywkowego. AGH, II edycja. Kraków, 21–22 marca 2013.
- [5] Koziół W. et al.: *Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych*. *Zadanie 4.6.9. Wytyczne wyboru efektywnych układów wydobywczych w górnictwie surowców skalnych*. AGH. Kraków 2012.
- [6] Wiśniewski S.: *Projektowanie kopalń*. Cz. 1. *Kopalnie odkrywkowe*. Politechnika Wrocławska. Wrocław 1980.
- [7] <http://bumar.gliwice.pl/>
- [8] <http://commons.wikimedia.org/>
- [9] <http://heavyequipment.com>
- [10] <http://inapcache.boston.com>
- [11] www.krzemienie.pl
- [12] www.kwbbelchatow.pgegiel.pl
- [13] www.sennebogen.com

