

2023

# Transformacja sektora węglowego w Polsce



Platforma  
Przemysłu  
Przyszłości

2023

# Transformacja sektora węglowego w Polsce



Warszawa, dn. 05-01-2023

Materiał przygotowany w ramach prac Think Tanku Fundacji Platforma Przemysłu Przyszłości

Opracowali:

dr hab. inż. Aleksander Gwiazda, prof. PŚ

dr inż. Małgorzata Olender-Skóra

dr inż. Michał Stawowiak

Redakcja:

dr Piotr Kryjom

Copyright by Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości



Fundacja Platforma Przemysłu Przyszłości  
ul. Malczewskiego 24  
26-609 Radom



## Przedmowa

Oddajemy w Państwa ręce kolejną publikację dotyczącą transformacji sektora węglowego. Niniejszy raport powstał w ramach prac Think Tanku powołanego przez Platformę Przemysłu Przyszłości. Tym razem postanowiliśmy skoncentrować się na zmianach zachodzących w sektorze węglowym na świecie i w Polsce. W publikacji dokonaliśmy przeglądu najważniejszych regionów węglowych na świecie, a na ich podstawie opracowaliśmy założenia do modeli transformacji branży. Równocześnie podjęliśmy próbę scharakteryzowania polskiego sektora węglowego i jego miejsca w Europejskim Zielonym Ładzie. Publikacja zawiera zidentyfikowane dobre praktyki w zakresie wykorzystania cyfryzacji do podnoszenia efektywności działania przedsiębiorstw branży węglowej. Cyfryzacja sektora węglowego w najbliższych latach stanie się jednym z kluczowych czynników wpływających na ten sektor. Wynika to z kierunków zmian, które zaproponowała Komisja Europejska w ramach założeń Europejskiego Zielonego Ładu w 2019 roku i szerzej ONZ w ramach paryskiej konferencji klimatycznej w 2015 roku. W tym przypadku cyfryzacja ma stać się nośnikiem wartości zmiany w sektorze węglowym, a technologie z nią związane mają wzmocnić jej efekt środowiskowy.

Z tym wyzwaniem będzie także mierzył się w najbliższych latach polski sektor węglowy. W ramach nowej perspektywy finansowej UE 2021-27 Komisja Europejska wraz z państwami członkowskimi chce przeznaczyć na ten cel potężne środki finansowe. Niniejszy raport jest próbą włączenia się do publicznej debaty na temat kierunku i kształtu transformacji sektora węglowego w Polsce i wykorzystania do tego celu cyfryzacji.

Równocześnie chciałbym podziękować autorom za zaangażowanie i przekazaną wiedzę. Mam nadzieję, że wspólny wysiłek związany z opracowaniem raportu spotka się z Państwa życzliwym zainteresowaniem i pozytywnym odbiorem.

dr Piotr Kryjom  
Zastępca Dyrektora  
Dział Strategii i Rozwoju



# Spis treści

Streszczenie .....	6
Summary .....	7
<b>Część I</b>	
<b>Transformacja sektora węglowego w Polsce.....</b>	<b>8</b>
Wstęp .....	9
<b>1. Mapa regionów węglowych na świecie .....</b>	<b>12</b>
1.1. Australia .....	13
1.2. Brazylia .....	14
1.3. Chiny .....	15
1.4. Czechy .....	18
1.5. Francja .....	20
1.6. Indonezja .....	21
1.7. Kolumbia .....	22
1.8. Niemcy .....	23
1.9. Wietnam .....	24
1.10. Rosja .....	26
1.11. Ukraina .....	28
Podsumowanie .....	29
<b>2. Charakterystyka sektora górniczego w Polsce.....</b>	<b>32</b>
2.1. Zużycie węgla kamiennego w Polsce .....	32
2.2. Zapotrzebowanie na węgiel kamienny w Polsce .....	33
2.3. Zastosowanie węgla kamiennego w polskich realiach .....	33
2.4. Geneza powstania węgla kamiennego na terenie Polski .....	33
2.5. Występowanie, zasoby oraz złoża węgla kamiennego w Polsce .....	34
2.6. Wydobycie węgla kamiennego w Polsce .....	35
2.7. Eksport oraz import węgla kamiennego w Polsce .....	36
2.8. Wpływ sektora górniczego na środowisko w Polsce .....	38
<b>3. Opis modeli transformacji w wybranych regionach węglowych     z wykorzystaniem technologii cyfrowych.....</b>	<b>39</b>
Podsumowanie.....	41

<b>4. Skutki wprowadzenia Europejskiego Zielonego Ładu</b> .....	42
4.1. Podstawy merytoryczne Europejskiego Zielonego Ładu .....	42
4.2. Analiza egzergetyczna – użyteczne narzędzie służące do określania intensywności korzystania ze środowiska .....	45
4.3. Wytwarzanie energii w ujęciu kosztu termoeologicznego .....	45
4.4. Potencjał rozwojowy technologii tradycyjnych i odnawialnych .....	50
Podsumowanie .....	53
<b>5. Analiza SWOT/TOWS dla sektora górnictwa w Polsce</b> .....	55

## Część II

<b>Przegląd międzynarodowy oraz krajowy dobrych praktyk związanych z wykorzystaniem technologii cyfrowych w sektorze węglowym</b> .....	61
---	----

<b>1. Identyfikacja dobrych praktyk międzynarodowych i krajowych</b> .....	62
1.1. Przekształcenie terenów po Kopalni Węgla Kamiennego „Gliwice” .....	62
1.2. Kopalnia Węgla Kamiennego „Krupiński” .....	63
1.3. Rewitalizacja kompleksu przemysłowego Dolní Vítkovice (Czechy) .....	63
1.4. Rewitalizacja kopalni węgla kamiennego, Limburgia (Belgia) .....	65
<b>2. Praktyczne zastosowanie dobrych praktyk na potrzeby polskich przedsiębiorstw</b> .....	67
2.1. Dobre praktyki – definicja ogólna i zakres stosowania.....	67
2.2. Dobre praktyki biznesowe w zakresie Gospodarki Obiegu Zamkniętego .....	68
2.3. Dobre praktyki w zakresie systemów analizy danych nowej generacji .....	69
2.4. Dobre praktyki w zakresie automatyzacji i robotyzacji procesów.....	70
2.5. Dobre praktyki w zakresie cyfrowo-zarządzanych operacji .....	70
2.6. Dobre praktyki biznesowe w zakresie Gospodarki Obiegu Zamkniętego .....	71
Podsumowanie.....	75
<b>3. Przykłady skutecznej transformacji przedsiębiorstw</b> .....	76
3.1. Transformacja sektora górnictwa na przykładzie Kopalni LW Bogadanka S.A. ....	76
3.2. Przegląd międzynarodowy oraz krajowy dobrych praktyk związanych z wykorzystaniem technologii cyfrowych w sektorze węglowym .....	77
3.3. Dobre praktyki – Instytut Techniki Górniczej (KOMAG) oraz Główny Instytut Górnictwa (GiG) .....	77
Podsumowanie końcowe .....	84
Literatura .....	86
Spis tabel .....	89

## Streszczenie

W niniejszym opracowaniu przedstawiono problematykę szeroko rozumianej cyfryzacji sektora górniczego w Polsce. Problematyka ta jest poparta szeregiem problemów związanych z technologią wydobywania i odstawy węgla w polskich kopalniach. Ponadto Autorzy przedstawili, w szczegółowy sposób, mapę regionów węglowych na świecie z uwzględnieniem państw, które przodują w wydobywaniu węgla. W opracowaniu szeroko przedstawiono charakterystykę sektora górniczego w Polsce, wraz z problemami i sposobami ich rozwiązania, związanymi z wydobywaniem i odstawą węgla. Rozwiązaniem wspomnianych problemów są modele transformacji w wybranych regionach górniczych z wykorzystaniem technologii cyfrowych. Podano kilka przykładów zastosowania technologii cyfrowych w krajowych kopalniach węgla kamiennego. Autorzy przedstawili także koncepcje Europejskiego Zielonego Ładu i związane z nimi ograniczenia oraz skutki dla krajowego sektora górniczego, gdzie między innymi, skupiono się na odnawialnych źródłach energii. Pierwszą część niniejszego opracowania kończy analiza SWOT, z której jasno wynikają szanse i zagrożenia dla branży górniczej w Polsce.

Cyfryzacja wiąże się z poprawą wyników działalności przedsiębiorstw polegającą na większej produktywności, lepszych praktykach zarządczych, innowacjach, rozwoju przedsiębiorstwa oraz lepiej płatnych miejscach pracy. Wykorzystanie potencjału, jaki niesie transformacja cyfrowa, ma zatem zasadnicze znaczenie dla wielu przedsiębiorstw w Polsce i w Unii Europejskiej, jeśli chcą one być nadal konkurencyjne. Obecnie bowiem nie wykorzystują w pełni zaawansowanych technologii, by opracowywać innowacyjne rozwiązania. Jako że 99% przedsiębiorstw w Polsce i w Unii Europejskiej to małe i średnie przedsiębiorstwa, ale także duże zakłady – jak np. kopalnie, niezmiernie istotne jest, by w szczególności ten sektor podejmował działania na rzecz cyfryzacji.

---

**Słowa kluczowe:** *cyfryzacja, górnictwo, odstawa, reformowanie, urobek, węgiel.*

---

## Summary

This study presents the issues of broadly understood digitization of the mining sector in Poland. These issues are supported by a number of problems related to coal mining and haulage technology in Polish mines. In addition, the authors presented a detailed map of coal regions in the world, including countries that are leaders in coal mining. The study broadly presents the characteristics of the mining sector in Poland, along with the problems and ways of solving them related to coal mining and haulage. The solutions to these problems are transformation models in selected mining regions using digital technologies. Several examples of the use of digital technologies in domestic hard coal mines are given. The authors also presented the concepts of the European Green Deal and the related limitations and effects on the domestic mining sector, where, among other things, the focus was on renewable energy sources. The first part of this study ends with a SWOT analysis, which clearly shows the opportunities and threats for the mining industry in Poland.

Digitalisation is associated with improved business performance through greater productivity, better management practices, innovation, business growth and better paid jobs. The use of the potential of digital transformation is therefore essential for many enterprises in Poland and in the European Union if they want to remain competitive. Currently, they do not fully use advanced technologies to develop innovative solutions. As 99% of enterprises in Poland and in the European Union are small and medium-sized enterprises, but also large plants – such as mines, it is extremely important for this sector in particular to take measures for digitization.

---

**Keywords:** *digitization, mining, haulage, reforming, spoil, coal.*

---

**Część I**  
**Transformacja sektora węglowego w Polsce**



## Wstęp






Niniejsze opracowanie powstało w ramach prac Think tanku powołanego przez Fundację Platforma Przemysłu Przyszłości w ramach działań studialnych nad cyfryzacją sektora węglowego. Transformacja sektora węglowego w Polsce, rzec by można, odbywa się w sposób ciągły. Jej pierwsze początki należy odnotować w czasach powojennych, kiedy to zdecydowano się na pionierski ruch, a mianowicie na przejście z wydobycia metodą komorową, na wydobycie metodą ścianową, co spowodowało lawinowy wzrost wydobycia. Z chwilą rozbudowy polskiego przemysłu, szczególnie w latach 60 i 70 ub. wieku zaczęto wprowadzać do kopalń coraz to nowocześniejsze i bardziej wydajne maszyny i urządzenia, swoją bardzo ważną rolę odegrała również komunikacja telefoniczna w podziemiach kopalń, co bardzo istotnie przyczyniło się do wzrostu bezpieczeństwa pracy. Lata 80 i 90 to trudny czas dla krajowego sektora wydobywczego, z uwagi na zmniejszone zapotrzebowanie na węgiel kamienny, miała na to wpływ, między innymi, bardzo niska cena węgla na rynkach światowych, pojawił się także problem polegający na zbyt dużej ilości zatrudnionej załogi w stosunku do realnych potrzeb zatrudnienia. Kolejnym ciosem dla polskiego górnictwa były reformy, bardzo często nietrafione, poparte nierzetelnymi opiniami, co skutkowało zamykaniem kopalń, w których wydobycie miało wówczas sens ekonomiczny.

Po 2000 roku nastąpiła pewna stabilizacja w przemyśle górnictwym, jednakże sytuacja, w której znalazł się obecnie nasz kraj, stojący przed zagrożeniem wynikającym z braku węgla na rynku, powoduje, iż górnictwo należy po raz kolejny dogłębnie zreformować. Jednakże reformy te powinny być głównie reformami popartymi rewolucją techniczną w postaci cyfryzacji każdej z krajowych kopalń, a także planowaniem otwierania nowych kopalń, jak również rozbudowywaniem kopalń obecnie istniejących. W naszym położeniu geopolitycznym zapotrzebowanie na paliwa kopalne, a w szczególności na węgiel kamienny będzie dopóty, dopóki istnieją w Polsce jego złoża. Dlatego tak ważnym zadaniem jest wsparcie krajowego górnictwa, zrozumienie jego specyfiki oraz panujących problemów, a w dalszym etapie rozwiązanie tych problemów i doprowadzenie do stabilizacji na krajowym rynku sprzedaży węgla i gospodarowaniu energią. W rozwiązaniu tych problemów ma pomóc niniejsze opracowanie, gdzie przedstawiono dokładną charakterystykę krajowego sektora górnictwego, dokonano przeglądu trendów w górnictwie światowym oraz pokazano najnowocześniejsze systemy z gatunku cyfryzacji zaaplikowane w polskim górnictwie [1, 18].

Koncepcja Przemysłu 4.0, oznaczająca tzw. czwartą rewolucję przemysłową, wkracza coraz bardziej w kolejne elementy życia i funkcjonowania człowieka. Korzyści, które można zyskać dzięki zastosowaniu najnowszych technologii, przekonują największych jej przeciwników. Wyróżniki koncepcji, a jednocześnie elementy związane z techniczną realizacją, w postaci nowoczesnych rozwiązań inteligentnych czujników, infrastruktury teleinformatycznej, przetwarzania dużych zbiorów danych, stają się dzisiaj podstawowym elementem stosowanej infrastruktury technicznej. Zauważalny jest coraz większy rozwój technologii i środków technicznych. Potwierdzone to jest kolejnymi implementacjami w różne branże, np. Logistyka 4.0, Motoryzacja 4.0 itp. Koncepcja Przemysłu 4.0 kładzie szczególny nacisk na wykorzystanie technologii cyfrowych, takich jak chmura obliczeniowa, Big Data, Internet Rzeczy czy symulacje. To niezwykle ważne w dzisiejszych czasach, ponieważ dla wielu firm tzw. transformacja cyfrowa staje się nie tylko warunkiem skutecznego konkurowania na rynku, ale wręcz warunkiem niezbędnym dla przetrwania w skali międzynarodowej [1, 6, 18].

W przemyśle wydobywczym od wielu lat obserwowany jest ciągły rozwój technologiczny. Powstaje wiele rozwiązań, które muszą być odporne m.in. ze względu na trudne warunki panujące w podziemiach kopalń i reżim pracy wdrożonych tam urządzeń i systemów. Elementy koncepcji Przemysłu 4.0 są również obecne w górnictwie i co więcej, można zauważyć ich dynamiczny rozwój. Można powiedzieć, że największe oczekiwania z wdrożenia elementów koncepcji Przemysłu 4.0 w przemyśle górniczym są związane ze zwiększeniem efektywności procesów wydobywczych, bezpieczeństwa oraz z obniżeniem kosztów. Zaimplementowanie elementów koncepcji Przemysłu 4.0 do górnictwa może umożliwić efektywniejszą realizację procesów zgodnie z ustalonymi harmonogramami oraz wdrożenie nowych narzędzi informatycznych, wspomagających procesy decyzyjne i co najważniejsze, procesy zarządzania będą odbywały się w czasie rzeczywistym [1, 6, 18].

Polskie górnictwo, rozszerzając stosowanie technologii ICT, osiągnie znaczący wzrost efektywności zarządzania i poprawy bezpieczeństwa. Aby osiągnąć zamierzony cel, planowana zintegrowana cyfryzacja musi być zastosowana w wybranych, kluczowych procesach biznesowych w zakresie:

-  komunikacji z dostawcami,
-  SCM – zarządzania łańcuchem dostaw,
-  monitorowania urządzeń i górotworu,
-  ograniczania zagrożeń i poprawy bezpieczeństwa,
-  wykorzystania gromadzonych danych dla optymalizacji procesów decyzyjnych.

W polskim przemyśle wydobywczym stosowanych jest wiele tzw. systemów technicznych. Większość z nich dotyczy pozyskiwania danych i jedynie w systemach, które bezpośrednio obsługują pomiary, monitorują stan bieżący urządzenia lub parametry środowiska/procesu. Dane historyczne są przechowywane, ale analizowane są sporadycznie, jedynie w celu wyjaśnienia lub analizy konkretnego zdarzenia. Ponadto dane te są rozproszone, niezintegrowane, co utrudnia bądź uniemożliwia przeprowadzanie wielokryterialnych analiz i szukanie wzajem-

nych powiązań pomiędzy procesami oraz zdarzeniami. Stąd konieczna jest przede wszystkim integracja rozwiązań i wprowadzenie narzędzi informatycznych związanych z analizą danych. Umożliwi to opracowanie wiarygodnych systemów decyzyjnych, wspomagających procesy technologiczne i zarządcze. W związku z tym istotne jest również, aby uwzględniać konieczność wprowadzania zabezpieczeń informatycznych przed możliwościami niepożądanych działań zewnętrznych. Związane jest to bezpośrednio z bezpieczeństwem informacji, a w konsekwencji z utrzymaniem ciągłości działania zakładu przemysłowego, rozumianego jako element infrastruktury krytycznej.

W poniższym rozdziale zostanie opisana mapa regionów węglowych na świecie, wraz z krótką charakterystyką wybranych regionów.

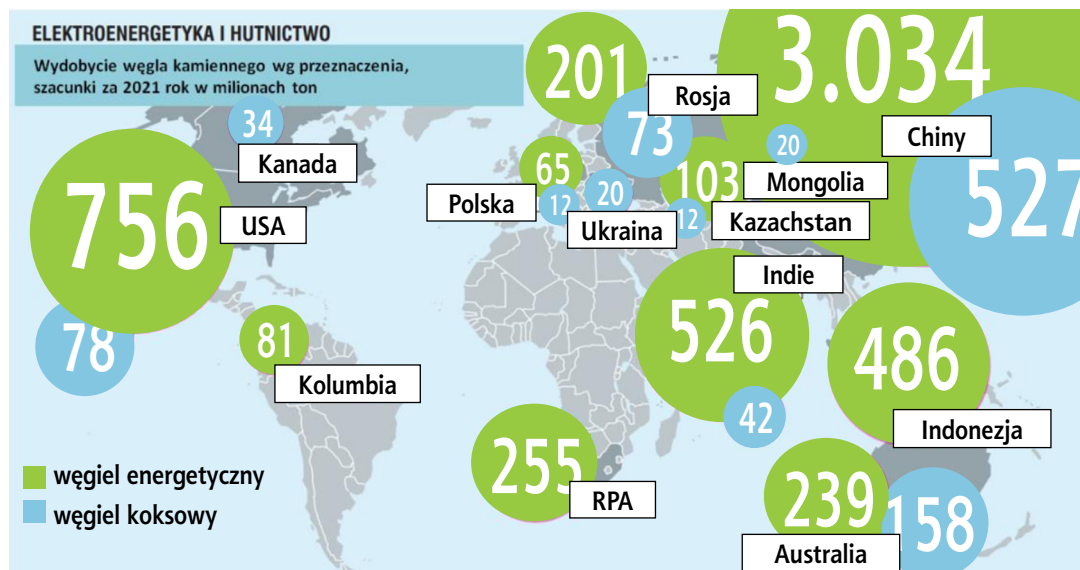
# 1

## Mapa regionów węglowych na świecie

Na świecie istnieje wiele regionów, które posiadają złoża węgla. Jednakże jako najbardziej znaczące regiony węglowe na świecie wybrano następujące kraje (rys.1, tabela 1):

- |   |           |   |          |
|---|-----------|---|----------|
|    | Australia |    | Kolumbia |
|    | Brazylia  |    | Niemcy   |
|   | Chiny     |   | Wietnam  |
|  | Czechy    |  | Rosja    |
|  | Francja   |  | Ukraina  |
|  | Indonezja |   |          |

Rys. 1. Wydobycie węgla kamiennego wg przeznaczenia, szacunki za 2021 rok







Opracowanie własne

Tabela 1. Zasoby udokumentowane węgla. Stan na koniec 2020 r., mln ton [8]

Lp.	Kraj	Węgiel kamienny i antracyt	Węgiel brunatny	Razem	Udział w zasobach światowych	
					Węgiel razem	Węgiel kamienny i antracyt
					Mln ton	
1	USA	115 891	134 103	249 994	25,4	22,3
2	Rosja	49 088	107 922	157 010	15,9	9,5
3	Chiny	62 200	52 300	114 500	11,6	12,0
4	Indie	82 396	2 000	84 396	8,6	15,9
5	Australia	42 550	39 540	82 090	8,3	8,2
6	Niemcy	23 000	43 000	66 000	6,7	4,4
7	RPA	49 520	–	49 520	5,0	9,5
8	Ukraina	16 274	17 879	34 153	3,5	3,1
9	Kazachstan	31 000	3 000	34 000	3,5	6,0
10	Polska	20 300	1 860	22 160	2,3	3,9
<b>RAZEM ŚWIAT</b>		<b>519 062</b>	<b>465 391</b>	<b>984 453</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 1.1. Australia

Australia znajduje się w czołówce światowych producentów i eksporterów węgla energetycznego. Od 2015 r. produkcja oraz eksport tego surowca znajduje się na stabilnym poziomie, odpowiednio: 250÷256 i 201÷205 mln ton/rok. Głównymi odbiorcami węgla energetycznego z Australii są państwa azjatyckie. Spośród nich czołówkę stanowi [17]:

-  Japonia (80 mln ton w 2017 r.),
-  Chiny (40 mln ton w 2017 r.),
-  Korea Płd. (30 mln ton w 2017 r.),
-  Tajwan (22 mln ton w 2017 r.).

Dużym wsparciem dla eksportu węgla energetycznego z Australii jest fakt, że wielu kluczowych użytkowników oraz podmiotów zagranicznych posiada swoje udziały w australijskich kopalniach oraz infrastrukturze, wpływając na spójność produkcji i eksportu. Przykładem mogą być powiązania finansowe firm z Japonii czy też Chin. Eksport węgla energetycznego z Australii w 2017 r. pozostał na poziomie zbliżonym do 2016 roku – pomimo zakłóceń w produkcji i transporcie w związku z akcjami strajkowymi oraz złą pogodą. W wyniku strajków przeprowadzonych w firmie przewoźników kolejowych Pacific National (w stanie Nowa Południowa Walia) odwołano 180 pociągów z Hunter Valley do portu Newcastle, co spowodowało opóźnienia dostaw około 1,5 miliona ton węgla. Strajki przeprowadzono także w kopalniach Glencore, które także wpłynęły na poziom produkcji i eksportu węgla w ostatnich miesiącach



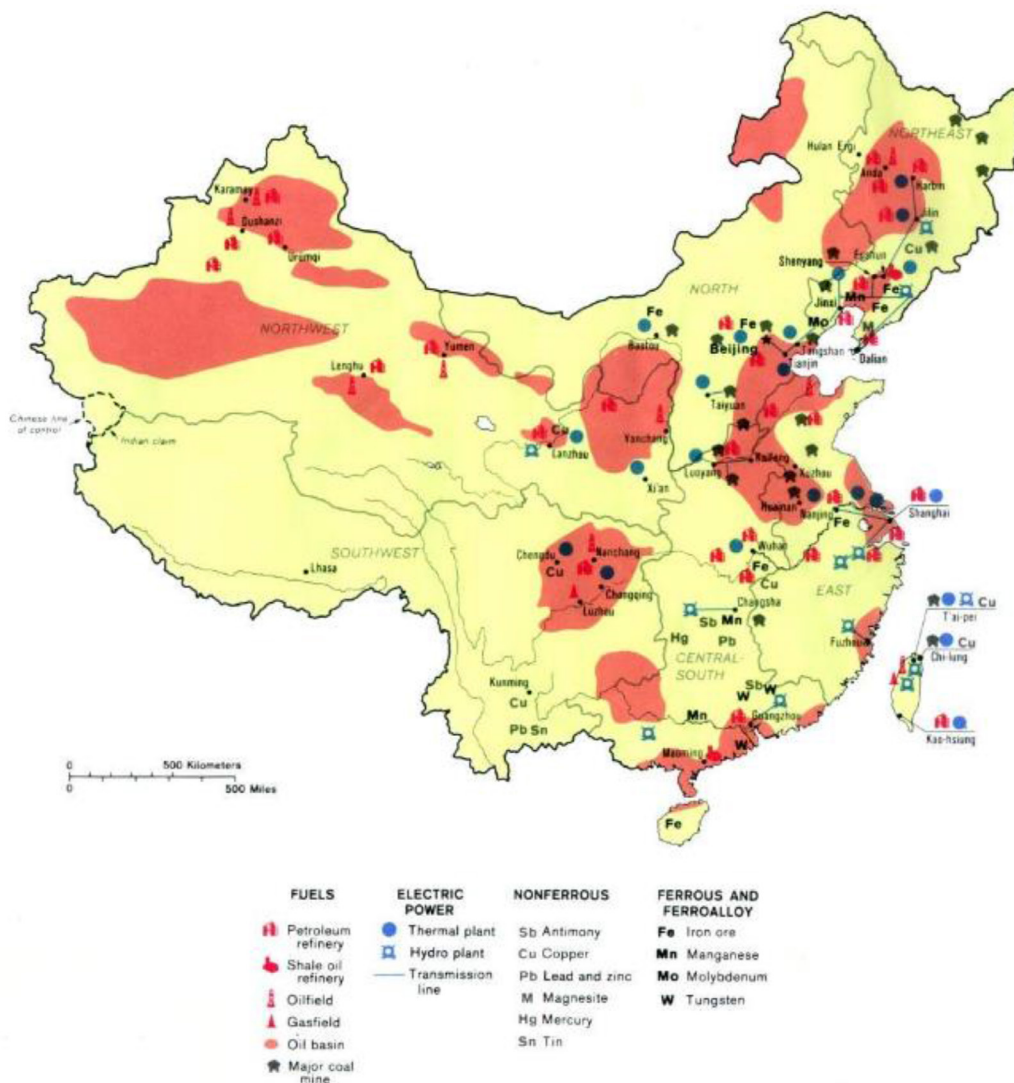
2017 roku. Według oficjalnych planów (DIIS 2018) eksport węgla energetycznego z Australii w japońskim roku fiskalnym 2018–2019 zakładany był na poziomie 204 mln ton, a jego wydobycie na 254 mln ton. W pierwszych miesiącach 2018 roku utrudnienia pogodowe oraz kłopoty logistyczne w Australii przyczyniły się do wzrostu cen węgla. Po sześciu miesiącach 2018 r., eksport węgla energetycznego był zbliżony do 2017 r i wyniósł 100 mln ton. Na rynku azjatyckim węgiel australijski napotyka silną konkurencję ze strony węgla indonezyjskiego i ostatnio ze strony węgla z RPA. Wraz z coraz większymi ograniczeniami nakładanymi na użytkowników końcowych oraz zwiększonym udziałem wysokosprawnych elektrowni węglowych, parametry jakościowe węgla australijskiego powodują, że preferowany jest bardziej niż węgiel z Indonezji. Na przykład w Japonii węgiel australijski ma ugruntowaną pozycję. Na rynku indyjskim i chińskim musi konkurować z niższej jakości węglem z Indonezji, a w Korei Południowej – z węglem z RPA. Na koniec 2017 r. (BP 2018) łączne australijskie zasoby węgla wynosiły 144,8 mld ton, z czego 53% stanowiły zasoby węgla subbitumicznego i lignitu, a 47% – antracytu i węgla bitumicznego. Wystarczalność wszystkich zasobów węgla w Australii szacowana jest na 301 lat t [17].

## 1.2. Brazylia

Brazylijskie Ministerstwo Kopalń i Energii opublikowało jakiś czas temu szczegóły nowego programu, który ma wspierać sektor węglowy do 2050 roku w południowych stanach kraju, gdzie kopalnie są głównymi pracodawcami, a elektrownie ciepłe są jedynymi źródłami energii na tym terenie. Rząd przeznaczył ok. 3.9 mld USD na modernizację i rozbudowę sektora węglowego. Niemal wszystkie z sześciu elektrowni węglowych znajdują się na południu kraju. Ich łączna moc wynosi 1572 MW, co stanowi 7 proc. zużycia energii. Wydobycie roczne węgla energetycznego wynosi ok. 6 mln ton, przy posiadanych zasobach wynoszących ok. 6,6 mld ton. Brazylia jest jednocześnie światowym liderem w wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii. O ile średnia globalna dla tej energii wynosi ok. 14%, to dla Brazylii jest ona na poziomie 45%. Problem energetyki węglowej tego kraju wydaje się mieć znaczenie marginalne. Brazylia jest jednym z największych światowych potęg w górnictwie. Według międzynarodowej klasyfikacji, jej górnictwo jest sklasyfikowane na 8. miejscu na świecie. Jest największym na ziemi producentem niobu, drugim co do wielkości eksporterem rudy żelaza i manganu oraz jednym z największych producentów boksytu i cyny. Ruda żelaza stanowi 80% brazylijskiego eksportu górniczego i zapewnia 30% światowego popytu, a resztę dostarcza Australia. Sektor wydobywczy odpowiada za 5% produktu krajowego brutto Brazylii i 21% całkowitego eksportu. Sama ruda żelaza odpowiada za 11,5% eksportu, z czego Chiny przejmują połowę. Według Brazylijskiego Instytutu Górniczego w 2015 r. sektor wydobywczy wygenerował 2,7 mln bezpośrednich i pośrednich miejsc pracy. Ta liczba stanowi prawie 8% wszystkich miejsc pracy utworzonych w Brazylii [12].

### 1.3. Chiny

Rys. 2. Przewidywane zasoby węgla w Chinach i ich rozmieszczenie [4]



Jak można zauważyć na rys. 2. największe złoża węgla w gestii ChRL, liczące blisko 7/8 całkowitych zasobów, znajdują się w zachodnich i północno-zachodnich prowincjach. Jednocześnie, głównym odbiorcą energii elektrycznej są wschodnie, nadmorskie prowincje. To samo dotyczy lokalizacji głównych ośrodków przemysłowych. Sytuacja ta jest dalece niekorzystna z punktu widzenia logistyki, gdyż infrastruktura w zachodnich prowincjach jest wciąż słabo rozwinięta. Ponadto dochodzi w nich do nasilających się niepokojów na tle etnicznym, które mogą w przypadku zaostrenia sytuacji doprowadzić do czasowych problemów z wydobyciem czy też transportem węgla. Rośnie również zagrożenie wynikające z terroryzmu islamskiego. Kolejnym z istotnych problemów, z którymi zmierzyć się musi chińskie górnictwo węgla kamiennego jest katastrofalny poziom bezpieczeństwa w kopalniach, gdzie co roku w wypadkach ginie przeszło dwa tysiące górników. Należy jednak podkreślić, iż jeżeli chodzi o roczną liczbę ofiar jest to mimo wszystko tendencja malejąca. W ciągu pierwszych

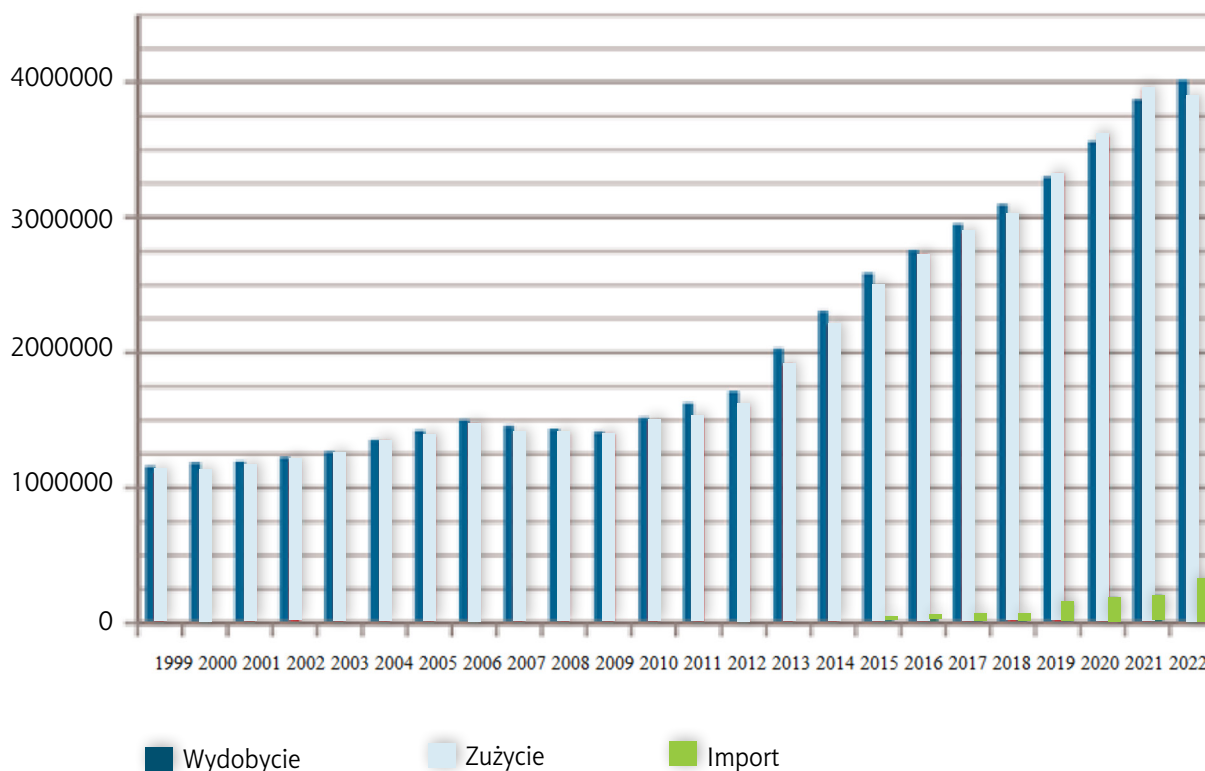
pięciu lat minionej dekady liczba ofiar śmiertelnych w wypadkach górniczych w Chinach oscylowała w granicach 5÷7 tysięcy rocznie. Należy się zatem poważnie liczyć z ewentualnością, iż w bogacącym się chińskim społeczeństwie liczba chętnych do pracy w warunkach zagrażających życiu i zdrowiu będzie sukcesywnie coraz mniejsza, a co za tym idzie sektor górniczy czekać będzie kosztowna modernizacja systemów bezpieczeństwa w kopalniach, a nawet konieczność zamknięcia najniebezpieczniejszych z nich [5]. W tabeli 2 pokazano stan zaopatrzenia chińskiej gospodarki w węgiel.

**Tabela 2. Wydobywanie, zużycie i import węgla w ChRL w tys. ton (w latach 1999-2022) [4]**

Rok	Wydobywanie	Zużycie	Import
1999	1 162 001,5	1 113 417,1	2 524,3
2000	1 189 724,6	1 123 479	2 207,9
2001	1 195 214,2	1 161 425	1 508
2002	1 228 581,1	1 199 480,1	1 355,8
2003	1 269 179,2	1 241 246,7	1 576,3
2004	1 355 313,9	1 341 648	1 336
2005	1 424 395,7	1 382 190,4	1 803,6
2006	1 504 609,8	1 467 938,1	3 547,2
2007	1 460 849,1	1 399 064,6	2 216,7
2008	1 436 117,7	1 399 135,1	1 748,3
2009	1 415 748,1	1 393 404,2	1 844,2
2010	1 525 077,5	1 492 890	2 401,9
2011	1 625 972,1	1 523 838,5	2 932,1
2012	1 716 604,1	1 608 370,4	12 408,7
2013	2 029 089,6	1 911 772,4	12 235,3
2014	2 308 712,8	2 209 047,4	20 523,9
2015	2 588 110,2	2 484 106	28 855,2
2016	2 757 986,3	2 721 728	42 004,6
2017	2 954 541,6	2 890 335,3	56 235,5
2018	3 099 061,3	3 017 004,1	44 467,2
2019	3 301 802,8	3 320 622,6	138 890,1
2020	3 560 635,4	3 605 855,6	179 869,7
2021	3 878 011,8	3 954 134,1	200 722,1
2022	4 017 919,9	3 887 263,9	317 918,3

Natomiast rys. 3 graficznie pokazuje przytoczone dane ilościowe z tabeli 1.

Rys. 3. Wydobywanie, zużycie i import węgla w ChRL w tys. ton (w latach 1999–2022) [4]



Chiny na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat są państwem samowystarczalnym w zakresie wydobycia i konsumpcji węgla, a wspomniane znaczne rezerwy tego surowca zapewnią stabilne zaopatrzenie energetyki i przemysłu. Chińskie zasoby węgla zajmują pierwsze miejsce na świecie i według niektórych szacunków starczą jeszcze przynajmniej na 100 lat intensywnej eksploatacji. Warto zwrócić uwagę, iż w ciągu ponad dwudziestu lat, produkcja i zużycie węgla w Chinach wzrosły blisko 3,5-krotnie. Choć jak wykazano jego zasoby są niezwykle duże, a wysokość wydobycia dorównuje konsumpcji surowca, to jednak w badanym okresie import węgla do ChRL wzrósł ponad 125-krotnie. W 1999 roku wynosił on ok. 0,23% całkowitego zużycia, natomiast w 2022 roku wynosił już przeszło 23%. Widać tu rosnący wpływ niekorzystnego umiejscowienia własnych zasobów w obrębie kraju i konieczność uzupełniania ich importem drogą morską. Warto podkreślić, iż Chińska Republika Ludowa jest bezspornie największym producentem węgla na świecie, z wydobyciem sięgającym 45,9% globalnej produkcji tegoż surowca oraz jednocześnie największym jego konsumentem. Rocznie ChRL zużywa prawie tyle samo węgla, co reszta państw świata łącznie. W świetle powyższych danych o wielkości chińskich zasobów węgla fakt jego znaczącej dominacji jako głównego surowca energetycznego przestaje zaskakiwać. Jednakże jak już zostało wspomniane problemy związane z logistyką surowca, bezpieczeństwem czy środowiskiem naturalnym będą decydować o nieuniknionym odchodzeniu od węgla jako podstawowego surowca energetycznego na rzecz

źródeł odnawialnych oraz energii jądrowej. Ten proces ma już miejsce w Chinach od kilku lat. Należy jednak pamiętać, iż o ile w przypadku energetyki zastąpienie węgla jest jak najbardziej możliwe, o tyle przemysł ciężki odpowiadający za blisko 20% jego zużycia jest w zdecydowanie trudniejszej sytuacji [4].

## 1.4. Czechy

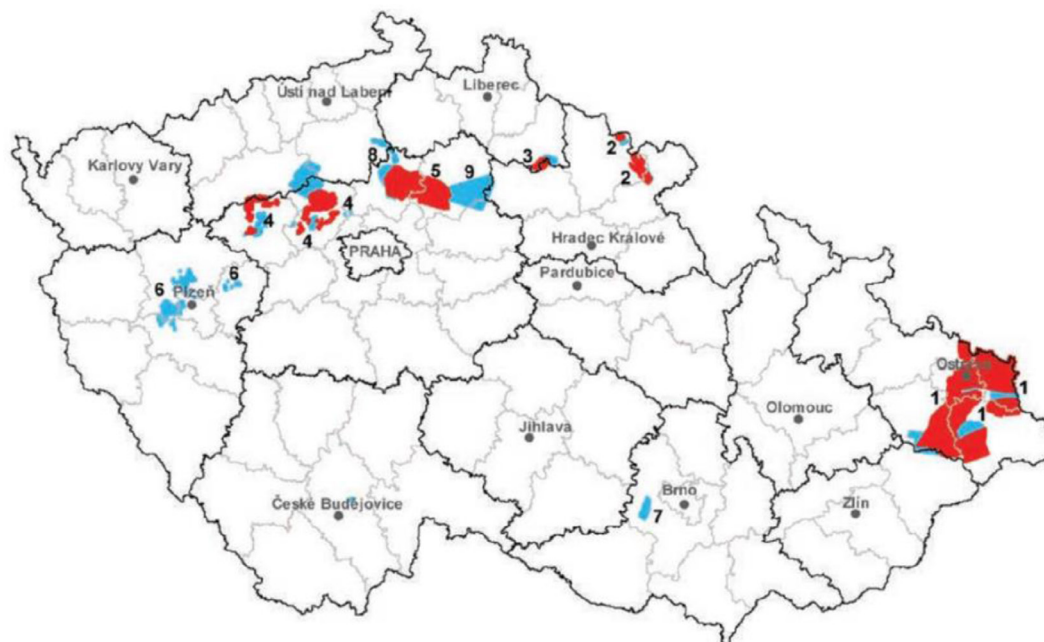
Zasoby węgla w Republice Czeskiej są ocenione na 10 mld ton – w tym 37% węgla kamiennego, 60% węgla brunatnego i 3% lignitu. Węgiel kamienny jest wydobywany w północnych Morawach i w 2021 roku produkcja wyniosła 5,5 mln ton. Węgiel brunatny jest eksploatowany głównie w północno-zachodnich Czechach, a produkcja węgla brunatnego wyniosła w 2021 roku 38,1 mln ton. Znaczne ilości węgla kamiennego są eksportowane do Słowacji, Austrii, Niemiec i Węgier.

Zgodnie z polityką energetyczną państwa, węgiel pozostanie głównym źródłem energii w kraju, pomimo zwiększonego wykorzystania energii jądrowej i gazu ziemnego. Rząd oczekuje, że w 2030 r. energia z węgla będzie stanowić 30,5% produkowanej energii. W Republice Czeskiej działa pięć przedsiębiorstw węglowych: OKD a.s., jedyny producent węgla kamiennego oraz cztery firmy wydobywcze węgla brunatnego: Severočeské Doly a.s., których właścicielem jest ČEZ, największy producent węgla brunatnego, Vršanskáuhelná a.s., z zasobami węgla do 2055 roku, Severníenergetická a.s. z największymi rezerwami węgla brunatnego w Republice Czeskiej i Sokolovskauhelná a.s., najmniejsza spółka górnicza wydobywającą węgiel brunatny. OKD eksploatuje węgiel kamienny w dwóch kopalniach: Kopalnia Důlnízávod 1 – Ruch ČSA, Ruch Lazy, Ruch Darkov oraz Kopalnia Důlnízávod 2 – Ruch Sever, Ruch Jih. Wielkość zasobów geologicznych węgla określona przez Czeską Służbę Geologiczną (Geofond) oszacowano na 1519 mln ton węgla kamiennego i 2362 mln ton węgla brunatnego, z czego odpowiednio 181 mln ton i 871 mln ton jest sklasyfikowanych jako bilansowe.

Zasoby perspektywiczne określono na poziomie 6000 mln ton węgla kamiennego i 8820 mln ton węgla brunatnego. Maksymalna głębokość zalegania węgla wynosi do 1600 m dla węgla kamiennego i do 500 m dla węgla brunatnego. Minimalne miąższości pokładów węglowych wahają się od 0,6 m (dla węgla kamiennego) do 1,5 m dla węgla brunatnego. Największe złoża węgla kamiennego znajdują się w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Zagłębie o powierzchni 6500 km<sup>2</sup> należy do największych w Europie. Większa część znajduje się w Polsce, a około jednej szóstej (1200 km<sup>2</sup>) leży w Republice Czeskiej. Czeska część nosi nazwę Zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego, a węgiel wydobywany jest z kopalń głębinowych. Na rys. 4 przedstawiono lokalizację złóż węgla kamiennego [2].

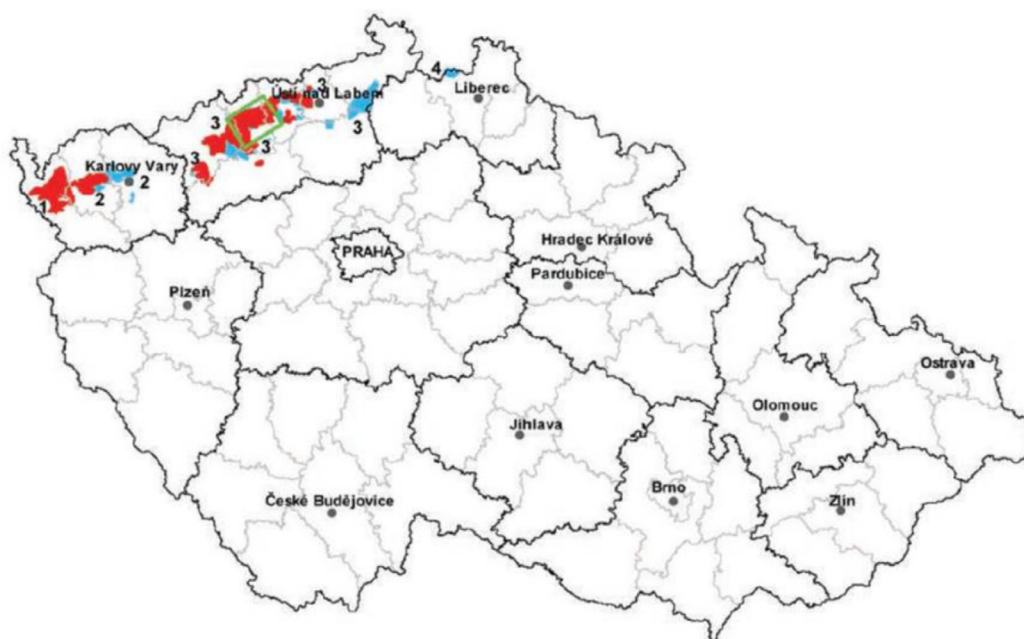


Rys. 4. Złoże węgla kamiennego w Czechach, gdzie: 1 – czeska część Zagłębia Górnośląskiego, 2 – czeska część Zagłębia Sudeckiego, 3 – Zagłębie Podkarkonoskie, 4 – Zagłębie Środkowoczeskie (Zagłębie Kladeńsko-Rakownickie), 5 – Zagłębie Mszeńsko-Rudnickie, 6 – Zagłębie Pizneńsko-Radnickie, 7 – Złoże Boskowickie, 8 – Roudnicka część złoże Mšeno-Roudnice, 9 – Złoże Mnichohradskie [2]

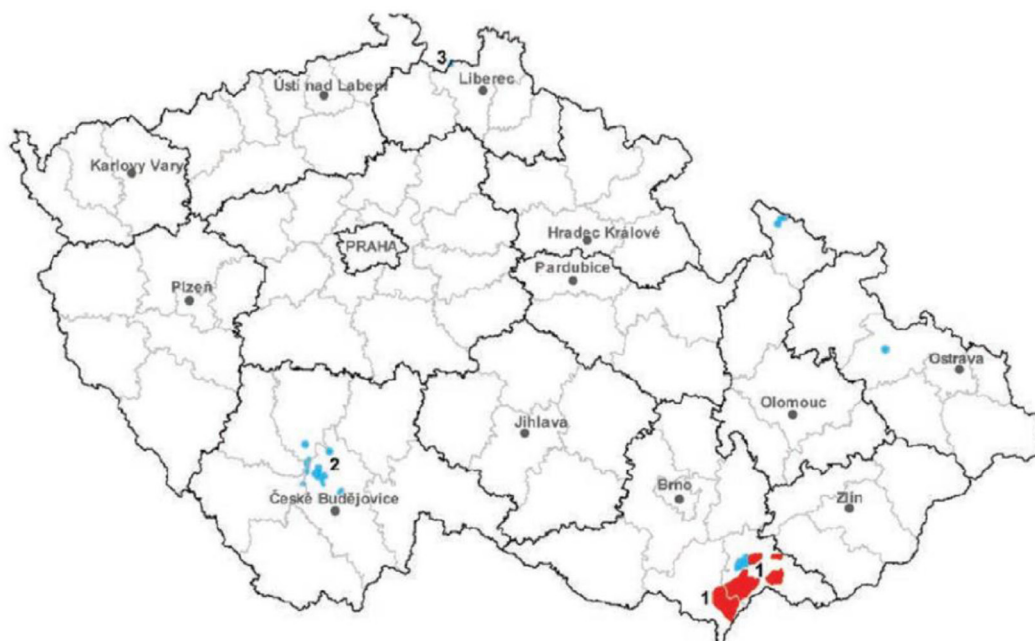


Zasoby geologiczne węgla brunatnego w Republice Czeskiej wynoszą 728 mln ton (stan w 2020 r.). Oprócz zagłębia węglowego w północnych Czechach i w pobliżu miasta Sokołów, na południu kraju, występują złoże węgla aktualnie traktowane jako zasoby pozabilansowe. Produkcja węgla brunatnego w 2021 roku wyniosła 36,91 miliona ton. Na rys. 5 i 6 przedstawiono lokalizację złóż węgla kamiennego, brunatnego i lignitu [2].

Rys. 5. Złoże węgla brunatnego w Czechach, gdzie: 1 – Złoże Cheb, 2 – Złoże Sokołowskie, 3 – Złoże Północnoczeskie, 4 – Czeska część Złoże Zitawskiego [2]



Rys. 6. Złoże lignitu w Czechach, gdzie: 1 – Zagłębie Wiedeńskie, 2 – Zagłębie Czesko-Budziejowickie, 3 – Czeska część Złoże Zitawskiego [2]



Głównym złożem węgla brunatnego i największym obszarem wydobywczym, obejmującym 1400 km<sup>2</sup>, jest Północnoczeskie Zagłębie Węglowe (PCZ), które znajduje się u podnóża Gór Rudawskich, przy granicy z Niemcami (Saksonia), w pobliżu miast Kadaň, Chomutov, Most, Teplice i Ústí nad Łabą. Pokłady węgla sięgają do głębokości do 400 m. i mają grubość od 15 do 30 m. Państwowe przedsiębiorstwo energetycznego, ČEZ, jest największym konsumentem węgla w Republice Czeskiej i najważniejszym czeskim dostawcą energii elektrycznej. W 2016 r. wydobycie węgla kamiennego wyniosło 6,7 mln ton (w roku 2017 – 5,5 mln ton). Eksploatacja jest prowadzona systemem ścianowym z kombajnami ścianowymi (90,2%) i strugami (9,8%). Stosowane są obudowy mechaniczne (95,1%) i indywidualne obudowy hydrauliczne (4,9%). OKD testuje system komorowo-filarowy jako potencjalną nową metodę w kopalni Důlnízávod 2. W każdej z kopalń wydobywany węgiel wzbogacany jest w zakładach przerobczych, gdzie jest klasyfikowany jako węgiel koksujący lub węgiel energetyczny, w oparciu o parametry jakościowe. Węgiel jest wzbogacany w pełnym zakresie uziarnienia. Standardowo stosowane są wzbogacalniki z cieczą ciężką i cyklony z cieczą ciężką [2].



## 1.5. Francja

Francja to kolejny kraj, który dzięki wydobyciu węgla stał się w XIX w. mocarstwem przemysłowym. Od 1850 r. do 1865 r. wydobycie węgla kamiennego wzrosło w tym kraju z 12 do 40 mln ton, a w 1913 r. osiągnięto 65 mln ton. Obecna francuska kampania antywęglowa ma swój początek w decyzjach, jakie zapadły pod koniec II wojny światowej. Francuzi byli wówczas pod dużym wrażeniem użycia przez USA bomb atomowych przeciwko Japonii. Należy zaznaczyć, że w latach 60. XX w. podjęto decyzję o likwidacji górnictwa węglowego i rozwoju energetyki jądrowej. Utworzono państwowy koncern nuklearny EDF (Electricité de France)

i zbudowano sieć elektrowni jądrowych, które dostarczają ok. 80% energii elektrycznej. Równocześnie zainwestowano w dystrybucję gazu ziemnego, tworząc GDF (Gas de France). W tej sytuacji ostatnia podziemna kopalnia węglowa (Houve), usytuowana przy granicy niemieckiej, została zamknięta w 2004 r. [10].

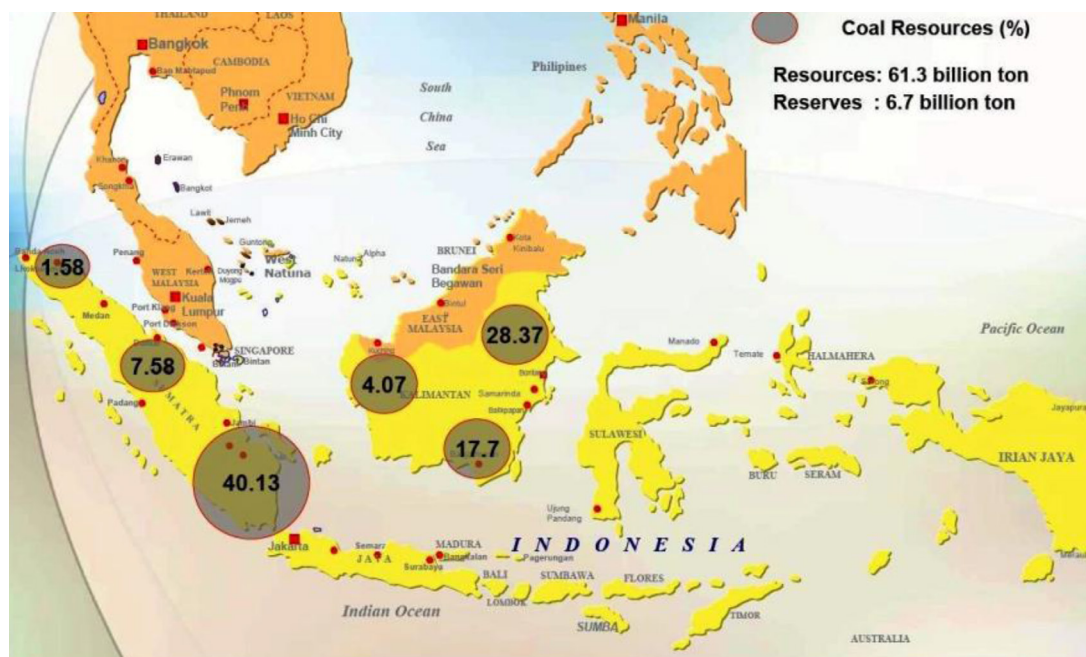
## 1.6. Indonezja

Indonezja (rys. 7) jest największym światowym eksporterem węgla energetycznego, przewyższając pod względem wolumenowym Australię o ponad połowę (rys. 6a). W 2017 r. eksport węgla energetycznego z Indonezji wyniósł 389 mln ton i w porównaniu z rokiem 2016 wzrósł o 5%. Przyrost eksportu w 2017 r. stymulowany był wzrostem cen węgla na rynkach międzynarodowych, co zachęciło producentów do zwiększenia produkcji. Całkowita produkcja wyniosła 488 milionów ton i w porównaniu z 2016 r. zwiększyła się o 24 mln ton. Na koniec 2017 r. według danych (2018) zasoby węgla w Indonezji (łącznie: antracytu, bitumicznego, subbitumicznego i lignitu) wyniosły 22,6 mld ton, a ich wystarczalność szacowana jest tylko na 49 lat. Plany rządowe, zakładały, że całkowita produkcja węgla w Indonezji, w 2018 r. miała wynieść około 485 mln ton. Po pierwszych sześciu miesiącach 2018 r. wydobyte wyniosło 163 mln ton i w stosunku do analogicznego okresu 2017 r. uzyskało 18% przyrost produkcji. Specyfika infrastruktury transportowej przy jednoczesnej lokalizacji złóż węgla przyczyniła się do obserwowanego rozwoju eksportu węgla z Indonezji. Główne zasoby węgla znajdują się na Kalimantanie, który posiada rozwinięty system rzeczny, umożliwiający relatywnie tanio i względnie szybko transportować węgiel barkami do portów morskich. Największymi odbiorcami węgla z Indonezji są kraje azjatyckie. Ponad połowa eksportu w 2017 r. skierowana była łącznie do dwóch państw [20]:

-  Indii (29%),
-  Chin (25%).

Bliskie położenie względem azjatyckich obiorców, jak również unikatowy na skalę światową system transportowy, umożliwił Indonezji szybszy rozwój eksportu węgla niż innym konkurentom. Według planów rządowych w 2018 r. docelowy poziom eksportu węgla z Indonezji miał wynieść około 371 mln ton. Lecz w I połowie 2018 r. wyniósł zaledwie 94,7 mln ton. Szacunki australijskich analityków, co do wielkości eksportu węgla energetycznego z Indonezji mówią o wolumenie 377 mln ton. Mając na uwadze przyszłe bezpieczeństwo energetyczne Indonezji, rząd tego kraju chce ograniczyć całkowitą produkcję węgla od 2019 r. do 400 mln ton/rok. Lokalne firmy górnicze – zanim uzyskają zezwolenie na zwiększenie przyszłej produkcji – będą musiały spełnić surowsze wymagania w zakresie ochrony środowiska i bezpieczeństwa. Tymczasem, jak można zorientować się z danych historycznych, rzeczywiste wyniki produkcyjne w Indonezji zazwyczaj przekraczały cele rządowe, a stosowane instrumenty kontroli nie były wystarczająco skuteczne [17].

Rys. 7. Zasoby węgla w Indonezji [17]



## 1.7. Kolumbia

Kolumbia (rys. 8) produkuje obecnie około 71 mln ton węgla energetycznego, z czego eksportuje 94% (ponad 67 mln ton). Największym odbiorcą węgla z Kolumbii są Stany Zjednoczone (30%), a następnie Holandia, Izrael i Francja. Dużym rynkiem zbytu stało się też Chile (około 5 mln ton). Kolumbia nie zużywa co prawda znaczących ilości węgla w krajowej energetyce (bazującej przede wszystkim na elektrowniach wodnych), ale dużym miejscowym konsumentem węgla są cementownie. Kolumbia, dzięki udostępnianiu nowych złóż, staje się też powoli producentem węgla do koksovania. Największymi producentami węgla są firmy Cerrejon Coal i Drummond. W przemysł węglowy zaangażowane są również największe w świecie międzynarodowe firmy górnicze: Anglo American Coal, BHP Billiton i Xstrata. Obecność takich firm umożliwia inwestycje w rozwój wydobycia. W Kolumbii największym problemem w rozwoju eksportu węgla jest transport – zarówno lądowy jak i morski. Nierzadkie są zatory w portach, spowodowane przez stojące na bocznicach nierozładowane wagony z węglem, zdarzają się też ataki grup terrorystycznych (partyzantów guerillas) na linii kolejowej. Dla poprawienia sytuacji transportowej wykonywane są istotne inwestycje: budowa linii kolejowych i łącznikowych, dróg i tuneli oraz rozbudowa portów, poważne inwestycje poprawią infrastrukturę eksportu węgla kolumbijskiego na rynki międzynarodowe. Zakończenie tych inwestycji miało zwiększyć zdolność eksportową kraju o ponad 20 mln ton. W Europie otwiera się rynek dla większych dostaw z Kolumbii, węgiel z RPA – główne zamorskie źródło zasilania europejskiej energetyki – znajduje bowiem w coraz większym stopniu rynek zbytu w Azji. Rząd kolumbijski przychylnie traktuje zagranicznych inwestorów i wspiera rozwój infrastruktury. Planuje jednak zaostrzyć prawo ochrony środowiska w stosunku do nowych kopalń i linii kolejowych. To w konsekwencji może przyczynić się do ograniczenia dostępności węgla z tego kraju, zwłaszcza że inwestycje w infrastrukturę spotykają się z silnym protestem organizacji ekologicznych [9].



Rys. 8. Lokalizacje kopalń węgla w Kolumbii [9]

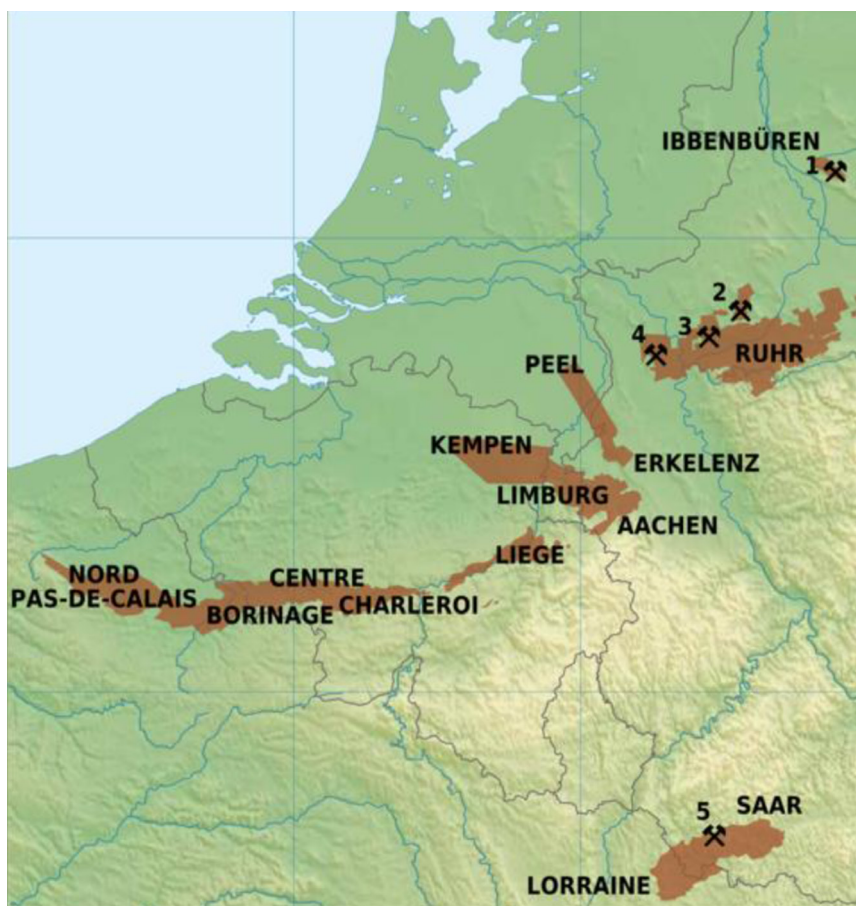


## 1.8. Niemcy

Kopalnia węgla brunatnego Hambach jest to największa niemiecka kopalnia odkrywkowa. Należy ona do koncernu RWE i wydobywa 40 mln ton węgla brunatnego rocznie (całkowite wydobycie węgla w Niemczech kształtuje się na poziomie 107 mln ton rocznie) (rys. 9), zasilającego pobliskie elektrownie. Zwraca się uwagę na to, że elektrownie jądrowe, które jeszcze w 2011 r. dostarczały 25% energii elektrycznej, zostały zamknięte w 2020 r. Niemiec nie stać na jednoczesne zamknięcie elektrowni jądrowych i na import węgla kamiennego (14% energii) oraz węgla brunatnego (13% energii) [13]. Niemiecka transformacja energetyczna spowodowała wprowadzenie do sieci 33% energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych (OZE). Jednak produkcja tej energii jest nierównomierna. W sprzyjających warunkach potrafi pokryć 100% zapotrzebowania, ale w niesprzyjających okolicznościach może jej zabraknąć. Stabilny dopływ energii mogą zapewnić jedynie elektrownie spalające paliwa. Zamiast elektrowni wykorzystujących węgiel kamienny lub brunatny mogłyby to być elektrownie gazowe. Kłopot w tym, że ich jeszcze nie ma. Dlatego zarówno media, jak i politycy nie wyznaczają daty likwidacji kopalń węgla brunatnego – prawdopodobnie nie nastąpi to aż do wyczerpania złóż tego surowca. Niemcy coraz bardziej obawiając się, że pomimo tych wszystkich

ostrzeżeń, polityka wobec węgla brunatnego okaże się tak samo błędna, jak dotycząca energii jądrowej. Oficjalnie już stwierdza się, że zainicjowana w 2011 r. transformacja energetyczna, zwana przewrotem w energii, nie powiodła się. Jej hasłem było odejście od węgla (Rausaus der Kohle). Alfred Gaffal – prezes Stowarzyszenia Bawarskiego Biznesu – wyniki badań nad transformacją energetyczną Niemiec nazwał: zasadniczą katastrofą. Prognos Institut z Bazylei na podstawie przeprowadzonych badań ocenił, że niemiecka transformacja energetyczna: mija się ze wszystkimi celami efektywności [13]. W chwili obecnej brakuje niestety rzetelnych danych odnoszących się do aktualnej sytuacji panującej w handlu węglem, po wybuchu wojny na Ukrainie.

Rys. 9. Lokalizacje kopalń węgla w Niemczech [10]

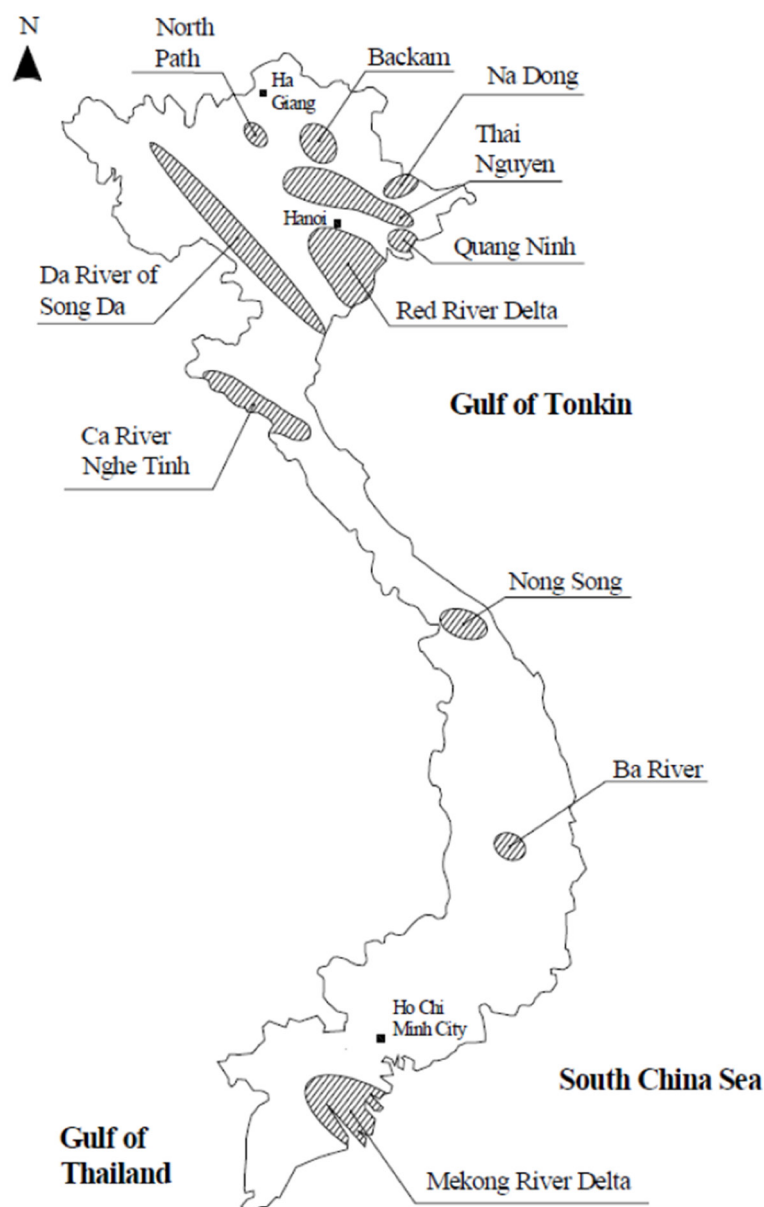


## 1.9. Wietnam

Niewiele mówi się o górnictwie węgla kamiennego w Wietnamie, który odnotował również znaczący wzrost wydobycia tego surowca energetycznego. Jest tak prawdopodobnie z uwagi na relatywnie małe wydobycie w porównaniu z tak dużymi krajami, jak wymienione wyżej. Kraj ten rozbudowuje stale swoje górnictwo węglowe i w szybkim tempie rozwija się gospodarczo. Plany rządowe obejmują budowę nowych kopalń w Zagłębiu Red River Delta, z których ostatnia ma zakończyć wydobycie w 2194 r. Węgiel kamienny występuje głównie w północnej części Wietnamu (rys. 10). Zasoby przemysłowe związane są z utworami górnego triasu i neogenu [19]. Występują tam następujące zagłębia węglowe: QuangNinh, ThaiNguyen,

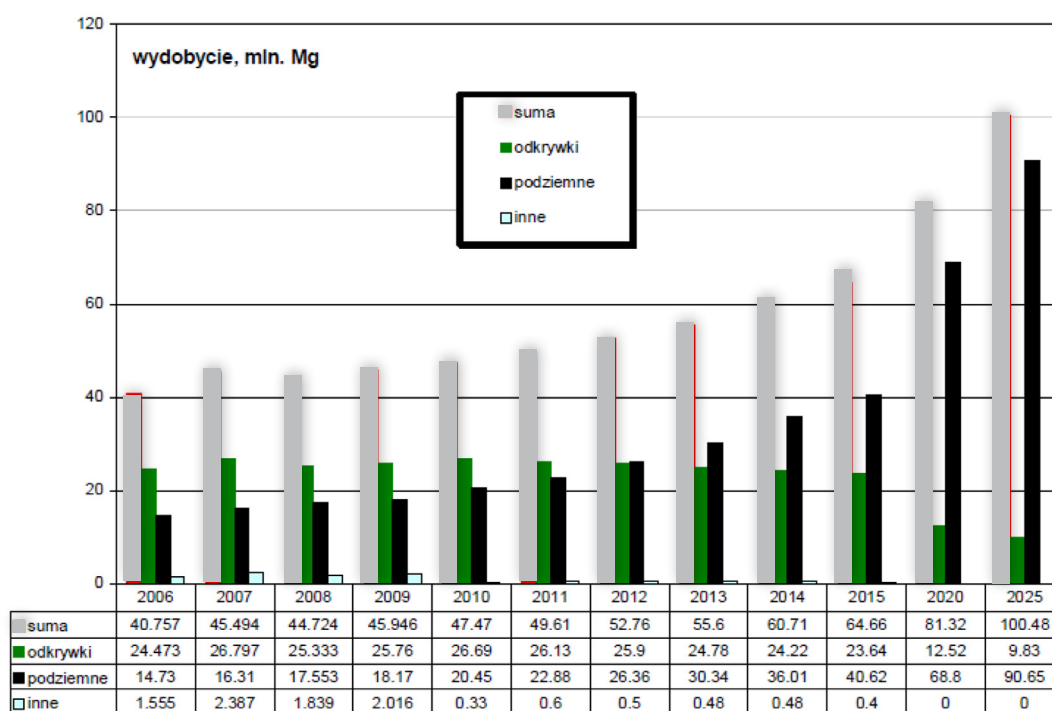
Backan, NorthPath, Da River, CaRiver, Red River, Na Dong, Nong Song, Ba River, Mekong River Delta. Największe znaczenie posiada Zagłębie QuangNinh, znajdujące się w północno-wschodniej części kraju. Zagłębie to posiada kształt łuku o długości ok. 300 km, rozciągającego się od LinhDuc w prowincji Ha Tuyen na zachodzie do wyspy CaiBauw Zatoce Tonkijskiej na wschodzie, przechodząc przez TaiNguyen i Hon Gai. Eksploatacja węgla w tym zagłębiu rozpoczęła się w 1839 r. w DengTrieu. Miąższości poszczególnych pokładów są bardzo zróżnicowane i wynoszą 0,1 m do 92,2 m. Sumaryczna miąższość pokładów waha się od 5 m do 217 m. Zagłębie Red River Delta posiada kształt trójkąta wyznaczonego przez miasto VietTri i linię brzegową Zatoki Tonkijskiej. Zostało ono odkryte w 1960 r. przy okazji prowadzenia wierceń za ropą naftową i gazem ziemnym. Seria węglonośna pochodzi z miocenu i zawiera utwory frakcji kontynentalnej i przejściowej. Posiada miąższość ok. 2500 m. [16].

Rys. 10. Wietnamskie zagłębia węglowe [16]



Większość kopalń węgla należy do przedsiębiorstwa VINACOMIN, które zrzesza 15 kopalń podziemnych, 5 odkrywek o rocznej zdolności produkcyjnej ponad 2 mln. ton, 15 odkrywek o rocznej zdolności produkcyjnej od 100 do 700 tys. ton i kilka małych odkrywek o rocznej zdolności produkcyjnej mniejszej niż 100 tys. ton. Część zasobów zalega na głębokościach pozwalających, jak wynika z poniższych danych (rys. 11), na prowadzenie eksploatacji odkrywkowej. Obecnie o ok. 6 mln ton węgla kamiennego więcej wydobywa się w kopalniach odkrywkowych niż w podziemnych. Rysunek ten przedstawia wydobyte uzyskane z kopalń podziemnych i odkrywkowych w latach 2006 ÷ 2009 oraz planowane w latach kolejnych. Pod pojęciem: „inne” rozumiano kopalnie odkrywkowe o niewielkich zdolnościach wydobywczych. Przewidywano, że wielkość wydobywania uzyskiwana w kopalniach odkrywkowych i podziemnych zrówna się w 2012 r., po czym wydobywanie z kopalń podziemnych będzie większe niż z kopalń odkrywkowych. Od 2016 r. następuje stały wzrost całkowitego wydobywania węgla kamiennego. Tendencja polegająca na spadku udziału wydobywania z odkrywek związana jest z wyczerpywaniem się zasobów zalegających na mniejszych głębokościach [16].

Rys. 11. Wydobywanie węgla kamiennego w Wietnamie w latach 2006 – 2009 oraz planowane do 2025 r. z podziałem na kopalnie podziemne i odkrywkowe [16]



## 1.10. Rosja

Wprowadzenie przez Unię Europejską 10 sierpnia br. sankcji (przyjętych 5 kwietnia br.) obejmujące z jednej strony embargo na import rosyjskiego węgla, a z drugiej – zakaz świadczenia przez europejskie podmioty usług ubezpieczeniowych i finansowych związanych z jego eksportem (nie tylko do UE, ale do wszystkich państw) stanowi problem dla rosyjskiego sektora węglowego i spowoduje straty. Wynika to z faktu, że dotychczas (w 2021 r.) państwa Unii Europejskiej były odbiorcą 48,7 mln ton rosyjskiego węgla (z 223 mln



ton całego eksportu surowca, tj. 21,8%) o wartości ok. 4 mld euro. Trudności zwiększa stopniowe przyłączanie się do embarga na import również innych krajów uznawanych przez Rosję za „nieprzyjazne”: Japonii (21,8 mln ton w 2021 r.) i Korei Płd. (21,4 mln ton), a także Tajwanu (11,8 mln ton). W konsekwencji Rosja straci nawet ponad połowę dotychczasowych rynków zbytu węgla.

Powyższa sytuacja nie zdołała jeszcze w znacznym stopniu odbić się na stanie rosyjskiego sektora węglowego, co ma kilka przyczyn. Po pierwsze przed wejściem w życie unijnego embarga część głównych europejskich odbiorców rosyjskiego węgla zwiększyła jego import w celu powiększenia zapasów. Tylko w czerwcu Niemcy importowały 1,3 mln ton tego surowca.

W konsekwencji w pierwszej połowie 2022 r. rosyjskie wydobycie węgla spadło zaledwie o 0,8%, a jego eksport do UE – o 11,6% wobec analogicznego okresu ubiegłego roku (tj. do 18,9 mln ton). Po drugie ceny tego typu dodatkowych dostaw były znacząco (trzy–czterokrotnie) wyższe od zeszłorocznych i np. w przypadku Niemiec wynosiły do 385 dolarów za tonę, a Francji – ok. 400 dolarów za tonę. Po trzecie Rosja wyraźnie zwiększyła eksport węgla do państw azjatyckich: do Chin do 6,7 mln ton w lipcu br., tj. o 40% więcej niż miesiąc wcześniej (za cały 2021 r. rosyjski eksport do Chin wyniósł 53,7 mln ton) i Indii – do ok. 2 mln ton, tj. o 20% (w całym 2021 r. – 6,5 mln ton).

Nadzieje Moskwy na przekierowanie większości strumieni eksportu węgla na rynki azjatyckie napotykają jednak szereg trudności. Po pierwsze obserwowane już spowolnienie chińskiej (i światowej) gospodarki będzie zmniejszać popyt na ten surowiec. Po drugie konkurencja dostaw z największych państw eksporterów (Australii i Indonezji), większa odległość transportu oraz problemy dotyczące ubezpieczenia frachtu i jego kosztów spowodują z jednej strony konieczność dalszych obniżek cen sprzedawanego przez Rosję węgla (już obecnie oferuje ona głównym odbiorcom azjatyckim surowiec poniżej stawek rynkowych – nawet za ok. 150 dolarów za tonę), z drugiej zaś – będą znacząco zwiększać koszty dostaw (jak szacują rosyjscy eksperci: od 3 do 5 razy) [8].

Rosyjskie deklaracje o wykorzystaniu wszelkich możliwych korytarzy transportu węgla do Azji, w tym przez porty Morza Czarnego, Morza Azowskiego i Morza Bałtyckiego, korytarz gruzińsko-turecki i irański, mogą okazać się mało realne. Wynika to m.in. z chronicznych trudności z niedorozwojem rosyjskiej infrastruktury kolejowej, w tym na kierunkach wschodnim i południowym, wysokich kosztów usług przeladunkowych w portach i relatywnie niższej opłacalności transportu węgla w porównaniu z niektórymi innymi towarami, zniechęcających przewoźników do realizacji dostaw.

W związku z przedstawionymi wyżej problemami nawet rosyjskie Ministerstwo Energetyki przyznało w czerwcu br., że już w 2022 r. wydobycie węgla w Rosji może spaść do 365 mln ton, tj. o 17%, a eksport – do 156 mln ton (o 30%). Wedle szacunków ekspertów spadek dochodów rosyjskich firm sektora węglowego może w br. wynieść ok. 1,5 mld dolarów. Będzie to miało negatywne konsekwencje dla sytuacji w tamtejszych regionach wydobycia węgla: Jakucji, Chakasji, Tuwie, Kraju Zabajkalskim, obwodach amurskim i zwłaszcza kemerowskim, gdzie znajduje się Zagłębie Kuźnieckie (Kuzbas) dostarczające ok. 60% wydobywanego rosyjskiego węgla kamiennego (w tym 80% węgla koksującego i 100% wysokoenergetycznego) [17].

Na rys. 12 zaznaczono lokalizację kopalń węgla kamiennego w Rosji.

Rys. 12. Lokalizacja kopalń węgla kamiennego na terenie Rosji














### 1.11. Ukraina

Lwowsko-Wołyńskie Zagłębie Węglowe tworzy południowo-wschodnią kontynuację Lubelskiego Zagłębia Węglowego i rozciąga się pasem szerokości 50 ÷ 60 km od Włodzimierza Wołyńskiego na północy, do Lwowa na południu. Powierzchnia zagłębia wynosi około 7500 km<sup>2</sup>, z czego znaczenie przemysłowe ma jedynie obszar około 1000 km<sup>2</sup>. W Zagłębiu Lwowsko-Wołyńskim wyróżnia się następujące obszary złożowe: Wołyński, Zabużański i Międzyrzecki, w których funkcjonują na ogół małe kopalnie podziemne. W pozostałych złożach, Sokalskim, Tiagłowskim i Karowskim, eksploatacja nie jest prowadzona. Według stanu na koniec 2006 roku zasoby bilansowe oszacowano na 1,4 mld ton, zaś pozabilansowe na 0,5 mld ton. Eksploatacja prowadzona jest w 14 kopalniach, przy czym w Nowowołyńskim regionie geologiczno-przemysłowym działalność prowadzą 4, natomiast w regionie Czerwonogradzkim (niecki Zabużańska, Sokalska i Międzyrzecka) czynnych jest 10 kopalń [13]. Kopalnie prowadzą eksploatację zazwyczaj w jednym pokładzie o miąższości do ~ 1,5 m. Według informacji służby geologicznej, wydobyte węgla w 2007 roku, ze wszystkich kopalń, wyniosło około 3 mln ton. Charakterystyka petrograficzna węgla wskazuje, że w pokładach występuje głównie węgiel matowy oraz półbłyszczący, o wysokiej zawartości węgla włóknistego i z wkładkami sapropelitów [13]. W chwili obecnej, ze względu na działania wojenne prowadzone na terenie Ukrainy, brak jest aktualnych danych dotyczących pracujących zagłębi węglowych w Ukrainie, jak również brakuje aktualnych informacji odnośnie do eksportu oraz importu węgla z Ukrainy, przy czym można określić, że produkcja węgla spadła do poziomu poniżej 30 mln ton w roku 2022, wynosiła około 85 mln ton w roku 1995 [13].

## Podsumowanie

Podsumowując opisane powyżej państwa zajmujące się wydobywaniem i eksportem węgla, należy zwrócić uwagę na sposób i technologię wydobywania węgla, przy czym warto uwypuklić następujące aspekty wpływające na wielkość wydobywania węgla w poszczególnych krajach:

-  sposób wydobywania węgla – górnictwo głębinowe (klasyczne) lub odkrywkowe, rodzaj wydobywanego węgla – ze względu na łatwość urabiania,
-  rodzaj zastosowanej technologii urabiania węgla – urabianie komorowo-filarowe, urabianie ścianowe (w tym ściany wydobywcze z kombajnami frezującymi lub strugi węglowe statyczne bądź dynamiczne)
-  rodzaj odstawy węgla – w przypadku górnictwa głębinowego zastosowanie pochylni transportowych lub tradycyjnie – wydobywanie węgla na powierzchnię kopalni przy wykorzystaniu urządzeń skipowych (transport pionowy w szybach wydobywczych),
-  wykorzystanie (lub nie) zakładów wzbogacania węgla surowego,
-  warunki górniczo – geologiczne panujące w danym regionie,
-  głębokość zalegania pokładów węgla,
-  wysokości ścian wydobywczych,
-  wybiegi ścian wydobywczych,
-  sposób i rodzaj zastosowanych środków odstawy i transportu węgla poza kopalnię,
-  problemy z doбором załogi górniczej do pracy w kopalniach,
-  stopień mechanizacji, automatyzacji oraz cyfryzacji, w kontekście maszyn i urządzeń górniczych, biorących udział w urabianiu i odstawie węgla.

W górnictwie australijskim dominują systemy ścianowe, gdzie występują ściany wysokie lub bardzo wysokie, a węgiel kamienny klasyfikowany jest jako średnio urabialny. Wydobywanie węgla na powierzchnię kopalń zwykle odbywa się poprzez wykorzystanie pochylni transportowych, stąd stosunkowo wysokie wyniki wydobywania węgla kamiennego w Australii. Stopień cyfryzacji górnictwa australijskiego jest stosunkowo wysoki, co wynika głównie z występowania bardzo wysokich ścian wydobywczych, których wysokość dochodzi do 6,5 m. Węgiel

w wyrobiskach ścianowych bardzo wysokich urabiany jest metodą warstwową, co wspomagane jest przez inteligentne układy sterowania kombajnami ścianowymi. W górnictwie australijskim zwykle prowadzi się operacje związane ze wzbogacaniem węgla surowego.

W górnictwie brazylijskim węgiel kamienny wydobywa się przeważnie metodą odkrywkową, stąd możliwe są do osiągnięcia bardzo duże wydajności, ponadto nie występują zagrożenia (np. gazowe), znane z kopalń głębinowych. Odstawa węgla z odkrywek brazylijskich odbywa się przy wykorzystaniu przenośników taśmowych o dużych wydajnościach. W górnictwie brazylijskim, z uwagi na redukcję kosztów, zwykle nie prowadzi się operacji związanych ze wzbogacaniem węgla surowego.

Górnictwo chińskie charakteryzuje się bardzo dużym rozrzutem zarówno, jeśli chodzi o warunki górniczo-geologiczne, sposób wydobycia węgla jak i rodzaj zastosowanych rozwiązań technicznych. W Chinach węgiel kamienny eksploatowany jest zarówno metodą odkrywkową jak i głębinową. Kopalnie głębinowe, w zależności od głębokości zalegania pokładów, wyposażone są od bardzo prymitywnych układów mechanizacyjnych, gdzie na niskich głębokościach węgiel kamienny urabia się metodą komorowo-filarową, natomiast w kopalniach, gdzie zalegają złoża węgla koksującego, węgiel ten urabia się metodą ścianową, przy wykorzystaniu kombajnów frezujących lub strugów węglowych, wyposażonych w najnowocześniejsze podzespoły cyfrowego sterowania i odstawy węgla pod szyb wydobywczy. W górnictwie chińskim bardzo rzadko węgiel surowy poddaje się procesom wzbogacania.

Charakterystyka górnictwa czeskiego jest niemalże identyczna jak górnictwa polskiego. Węgiel kamienny, podobnie jak w Polsce, eksploatowany jest w oparciu o metodę ścianową z wykorzystaniem kombajnów frezujących. Wydobycie węgla na powierzchnię odbywa się przy wykorzystaniu urządzeń wyciągowych, wyposażonych w skipy wydobywcze. W górnictwie czeskim zastosowano stosunkowo dobrze rozwinięte systemy cyfryzacji, wspomagające pracę w tamtejszych kopalniach. Górnictwo czeskie stosuje znane i dostępne systemy wzbogacania i doczyszczania węgla kamiennego.

We Francji w chwili obecnej nie prowadzi się wydobycia węgla, wobec powyższego ten kraj zostanie pominięty w niniejszych rozważaniach.

Górnictwo indonezyjskie jest jednym z największych producentów węgla energetycznego na świecie. Indonezja ten stan rzeczy zawdzięcza temu, że węgiel energetyczny eksploatuje się metodą odkrywkową, co zapewnia bardzo duże wydajności wydobycia tegoż węgla. Dodatkowo na terenie Indonezji bardzo sprawnie zorganizowano transport węgla, przy wykorzystaniu dróg rzecznych, z kopalń do portów przeładunkowych. Warto również wspomnieć, że kopalnie odkrywkowe w Indonezji są położone stosunkowo blisko siebie, co również bardzo korzystnie wpływa na aspekty logistyczne w odstawie i transporcie węgla. W górnictwie indonezyjskim, z uwagi na stosunkowo wysokie koszty, nie prowadzi się operacji wzbogacania węgla surowego, jak również systemy wspomagające proces cyfryzacji górnictwa są słabo rozwinięte.

W Kolumbii eksploatuje się głównie złoża węgla energetycznego. Złoża te są eksploatowane zarówno metodą odkrywkową jak i głębinową (podziemną). W przypadku górnictwa podziemnego, w Kolumbii występują problemy z bieżącą obsługą maszyn i urządzeń biorących udział w bieżącym wydobyciu i odstawie węgla. Fakt ten jest również przyczyną wielu wypad-

ków w górnictwie kolumbijskim. Węgiel w górnictwie kolumbijskim eksploatowany jest zwykle metodą ścianową, z wykorzystaniem kombajnów frezujących. Warto również wspomnieć o bardzo złej organizacji transportu węgla do kolumbijskich portów, co bardzo często jest przyczyną zatorów i skutkuje brakiem jednostek transportowych (głównie wagonów kolejowych), które powinny być wykorzystane do bieżącej odstawy węgla z kopalń. W górnictwie kolumbijskim, podobnie jak i w górnictwie indonezyjskim, z uwagi na stosunkowo wysokie koszty, nie prowadzi się operacji wzbogacania węgla surowego, natomiast wykorzystanie systemów wspomagających proces cyfryzacji górnictwa jest ograniczone do minimum.

Niemcy zdecydowały o zaprzestaniu eksploatacji złóż węgla kamiennego, przy czym warto wspomnieć, że na terenie wschodnich Niemiec działa największa w Europie kopalnia węgla brunatnego. Kopalnia ta jest kopalnią odkrywkową, gdzie węgiel brunatny urabia się z wykorzystaniem koparek górniczych (tzw. koparek kołowych) wyposażonych w koła wieloczerpakowe.

Władze Wietnamu praktycznie od niedawna zdecydowały się na wydobycie węgla kamiennego na większą skalę. Pierwszymi kopalniami w Wietnamie eksploatującymi węgiel kamienny były kopalnie odkrywkowe, dopiero na przestrzeni ostatnich lat otwarto kilka stosunkowo nowoczesnych kopalń głębinowych (podziemnych). Na uwagę zasługuje fakt, że na terenie Wietnamu występują pokłady węgla o miąższości dochodzącej aż do 92 m., co spowoduje wręcz konieczność zastosowania systemów cyfrowego sterowania wydobyciem węgla w kopalniach głębinowych. Dzięki temu, górnictwo wietnamskie jako jedne z nielicznych na świecie, osiągnie większe wydobycie z kopalń głębinowych (podziemnych), aniżeli z kopalń odkrywkowych (powierzchniowych), co będzie w ewenementem w skali światowej. W chwili obecnej w górnictwie wietnamskim nie prowadzi się na większą skalę operacji związanych ze wzbogacaniem węgla surowego.

Rosyjskie górnictwo węgla kamiennego opiera się głównie na kopalniach podziemnych, eksploatujących węgiel metodami ścianowymi, przy czym wysokości ścian w górnictwie rosyjskim są zróżnicowane – od niskich, przez średnie, po ściany wysokie. Warto również wspomnieć, że w 2015 roku, na terenie Syberii, oddano do użytku największą w tej części kontynentu kopalnię, w której węgiel kamienny eksploatuje się metodą odkrywkową. Z uwagi na niedoinwestowany system urabiania, a także odstawy węgla, jak i na bardzo niską kulturę techniczną, górnictwo rosyjskie jest ubogie we wszelkie systemy cyfrowe wspomagające proces wydobycia oraz odstawy węgla na powierzchnię kopalni. Transport i dystrybucja węgla kamiennego na terenie Rosji pozostawia także wiele do życzenia. W górnictwie rosyjskim bardzo rzadko prowadzono operacje związane ze wzbogacaniem wydobytego węgla surowego.

Górnictwo ukraińskie przed wybuchem wojny, tj. 24 lutego 2022 r., było wyposażone praktycznie w takie same maszyny i urządzenia górnicze jak górnictwo rosyjskie. W kopalniach ukraińskich, podobnie jak i w rosyjskich, panował nieporządek i długotrwały brak inwestycji, co przejawiało się bardzo częstymi wypadkami. System eksploatacji w głębinowych kopalniach ukraińskich był również ścianowy, z wykorzystaniem kombajnów frezujących. W Ukrainie również nie prowadzono operacji związanych ze wzbogacaniem węgla surowego na większą skalę.



# 2

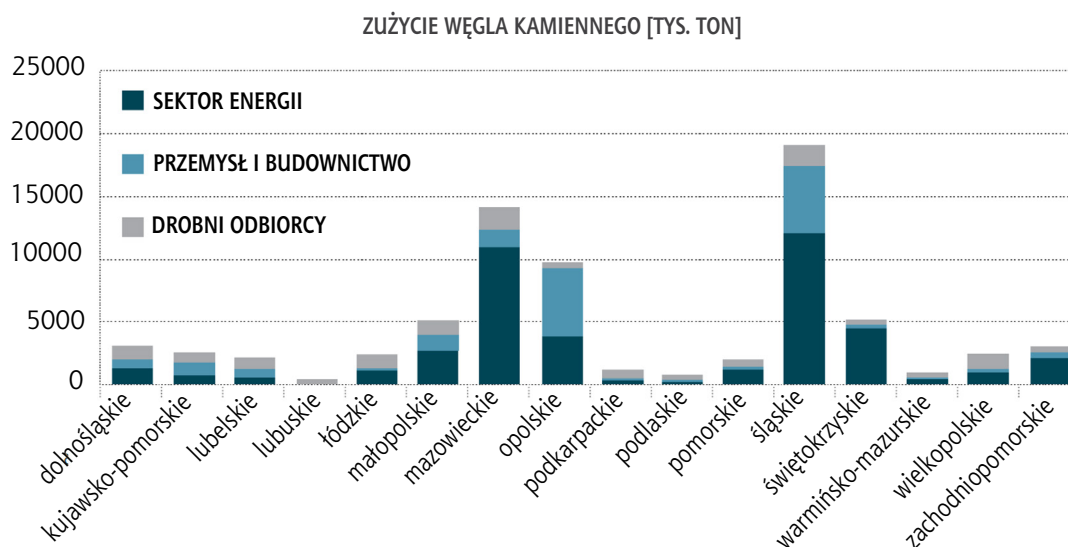
## Charakterystyka sektora górniczego w Polsce

W pierwszym półroczu tego roku krajowe wydobycie węgla kamiennego energetycznego wyniosło ok. 21,5 mln ton, z czego ok. 18,7 mln ton stanowiły miały i inne sortymenty m.in. na potrzeby elektrowni, elektrociepłowni i ciepłowni, natomiast ok. 2,8 mln ton stanowiły sortymenty grube i średnie na potrzeby odbiorców indywidualnych, w tym gospodarstw domowych. W pierwszych 8 miesiącach 2022 roku import węgla kamiennego energetycznego wyniósł ok. 9,5 mln ton. Spółki Skarbu Państwa zaimportowały w lipcu i sierpniu łącznie ok. 1,7 mln ton. Główne kierunki importowe to Kolumbia, RPA, Indonezja i Australia. Do końca 2022 roku zaplanowany import szacowany jest powyżej 9,3 mln ton, z czego ok 70% stanowią miały, które będą wykorzystane m.in. w sektorze elektroenergetycznym i ciepłowniczym, a ok 30% stanowią sortymenty grube i średnie na potrzeby odbiorców indywidualnych, w tym gospodarstw domowych. Roczne zużycie węgla kamiennego w Polsce, na potrzeby energetyki, w tym ciepłownictwa, przemysłu i gospodarstw domowych, wyniesie ok. 56–58 milionów ton. [20].

### 2.1. Zużycie węgla kamiennego w Polsce

Węgiel kamienny jest kluczowym surowcem w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego Polski. Według Głównego Urzędu Statystycznego w 2020 r. zużycie węgla kamiennego w Polsce wyniosło 74,753 mln ton (rys. 13) [20].

Rys. 13. Zużycie węgla kamiennego w Polsce w 2020 r. [20]



Około 57% tego surowca (42,568 mln ton) wykorzystano w elektrowniach, elektrociepłowniach, kotłach ciepłowniczych i ciepłowniach do wytworzenia energii elektrycznej i ciepłej. Według danych Agencji Rozwoju Przemysłu, w okresie styczeń-maj 2020 roku, produkcja energii elektrycznej z węgla stanowiła 70% ogólnej produkcji energii elektrycznej w Polsce. W przemyśle i budownictwie wykorzystano 17,774 mln ton (23,9%), a w sektorze drobnych odbiorców (m.in. gospodarstwa domowe, rolnictwo) zużyto 12,370 mln ton (16,7%). W transporcie wykorzystano 0,018 mln ton węgla kamiennego (0,02%) [20]. Największe zużycie węgla kamiennego, które zależy od rodzaju skali przemysłu oraz liczby mieszkańców, odnotowano w województwach: śląskim (19,038 mln ton), mazowieckim (14,154 mln ton) i opolskim (9,719 mln ton). Najmniej węgla kamiennego zużyto w województwach: lubuskim (0,320 mln ton), podlaskim (0,790 mln ton) i warmińsko-mazurskim (1,011 mln ton) [20].

## 2.2. Zapotrzebowanie na węgiel kamienny w Polsce

Zapotrzebowanie na węgiel kamienny w Polsce zależy będzie w dużej mierze od czynników strategicznych (przyjęty wariant polityki energetycznej i surowcowej państwa oraz międzynarodowej polityki klimatycznej), ekonomicznych (nakłady finansowe na zagospodarowanie nowych złóż, ceny surowca, zapewniające opłacalność wydobycia oraz możliwość pozyskania finansowania na projekty węglowe) oraz społecznych (zgoda na uruchomienie nowych kopalni) [20].

## 2.3. Zastosowanie węgla kamiennego w polskich realiach

Węgiel kamienny wykorzystywany jest głównie do produkcji energii elektrycznej i ciepła w energetyce, a także jako opał w gospodarstwach domowych i lokalnych kotłowniach. Stanowi niezbędny surowiec wykorzystywany w procesach chemicznych: wylewania, uwodorniania i zgazowania węgla, w wyniku których otrzymuje się różnego rodzaju paliwa oraz produkty dla innych dziedzin przemysłu chemicznego (m.in. koks, gazy opałowe, paliwa silnikowe, benzol, smoła węglowa i inne). Duże ilości węgla są zużywane w przemyśle metalurgicznym do opalania pieców hutniczych. Węgiel kamienny jest także surowcem do produkcji kosmetyków, środków ochrony roślin, nawozów, materiałów wybuchowych, lekarstw, barwników do tkanin, środków zapachowych, a nawet ozdób jubilerskich [20].

## 2.4. Geneza powstania węgla kamiennego na terenie Polski

Większość złóż węgla kamiennego w Polsce formowała się od 360 do 300 mln lat temu. W Polsce tworzenie złóż węgla kamiennego przypada na okres ery paleozoicznej – wczesny i późny karbon. Węgiel kamienny powstawał w klimacie ciepłym i wilgotnym. W podmokłych obniżeniach terenu, gdzie były sprzyjające warunki do rozwoju roślinności, a następnie do gromadzenia jej obumarłych szczątków. Podobne procesy zachodzą także dzisiaj na rozległych torfowiskach. Pod wpływem procesów biochemicznych materia organiczna ulegała przeobrażeniu, a następnie pod wpływem procesów geochemicznych, pogrążeniu, temperatury i ciśnienia, przekształcała się w węgiel kamienny. Węgiel tworzył się [20]:



w miejscu występowania materii organicznej – wtedy nazywa się go autochtonicznym,



w miejscu, gdzie materia organiczna została przyniesiona i nagromadzona za pomocą prądu wody – wtedy nazywa się go allochtonicznym.



## 2.5. Występowanie, zasoby oraz złoża węgla kamiennego w Polsce

Węgiel kamienny występuje w Polsce w trzech rejonach (rys. 14). Na południu, na obszarze województw: śląskiego i małopolskiego, położone jest Górnos Śląskie Zagłębie Węglowe (GZW). Znajduje się w nim około 80% zasobów kraju i 145 złóż, z czego 43 było eksploatowanych w 2019 roku. Na wschodzie, w obrębie województwa lubelskiego, położone jest Lubelskie Zagłębie Węglowe (LZW). Znajduje się tutaj około 19% zasobów kraju i 10 złóż, z czego trzy były eksploatowane w 2019 roku. Na południowym zachodzie, w województwie dolnośląskim, położone jest Dolnośląskie Zagłębie Węglowe (DZW). Znajduje się tu około 1% zasobów kraju i 7 złóż, z których żadne nie jest eksploatowane od 2000 roku [20].

Rys. 14. Obszary występowania węgla kamiennego na terenie Polski [20]



Powierzchnia Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego w granicach Polski szacowana jest na około 5600 km<sup>2</sup>. Złożem o największych zasobach bilansowych jest Kobiór – Pszczyna (3 063,506 mln ton), jednak zasoby tego złoża są dopiero wstępnie rozpoznane i nie jest prowadzona jego eksploatacja. Powierzchnia Lubelskiego Zagłębia Węglowego szacowana jest na 4730 km<sup>2</sup>. Jest to obszar o zdefiniowanych perspektywach złożowych, natomiast obszar około 1200 km<sup>2</sup> zajmują udokumentowane złoża. Złoża o największych zasobach bilansowych to: złożo Kolechowice Nowe (2257,374 mln ton – złożo rozpoznane wstępnie) i złożo Lublin (2 277,850 mln ton – rozpoznane szczegółowo). Obecnie nie prowadzi się jeszcze wydobycia z tych złóż. Eksploatacja jest prowadzona tylko ze złoża Bogdanka, a dwa inne złoża są w trak-

cie przygotowania do eksploatacji. Dolnośląskie Zagłębie Węglowe zajmuje obszar o powierzchni ok. 120 km<sup>2</sup>. Są to złoża wyłącznie zaniechane w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy, gdzie aktualnie prowadzi się również rozpoznanie geologiczne na złożu Wacław z myślą o ponownym rozpoczęciu eksploatacji węgla koksowego. World Energy Council szacuje udział polskich zasobów węgla kamiennego na 8,3% spośród 665 mld ton wszystkich zasobów tego surowca na świecie (tabela 3). Udokumentowane zasoby bilansowe węgla kamiennego wynosiły w Polsce w 2019 r. 64 330 mln ton, a zasoby przemysłowe – 4 779,20 mln ton. Zasoby złóż zagospodarowanych stanowiły blisko 43% zasobów bilansowych i wynosiły 27 234 mln ton [20]. Blisko 82% udokumentowanych zasobów bilansowych znajdowało się w obrębie GZW. Pod koniec lat 80. XX w. polskie zasoby węgla kamiennego były jeszcze większe – w 1989 r. wynosiły 65 800 mln ton, lecz uległy zmniejszeniu głównie na skutek restrukturyzacji górnictwa (w tym likwidacji kopalń) i zmiany kryteriów bilansowości. Na dzień 31.12.2021 r. w Polsce udokumentowanych było 162 złóż węgla kamiennego. Eksploatację prowadzono w 46 złożach. Polskie formacje węglonośne zostały bardzo dobrze rozpoznane, w związku z czym prawdopodobieństwo odkrycia nowych dużych złóż jest niewielkie. Prace koncentrują się na lepszym rozpoznaniu złóż niezagospodarowanych i przygotowaniu ich do przyszłej eksploatacji [20].

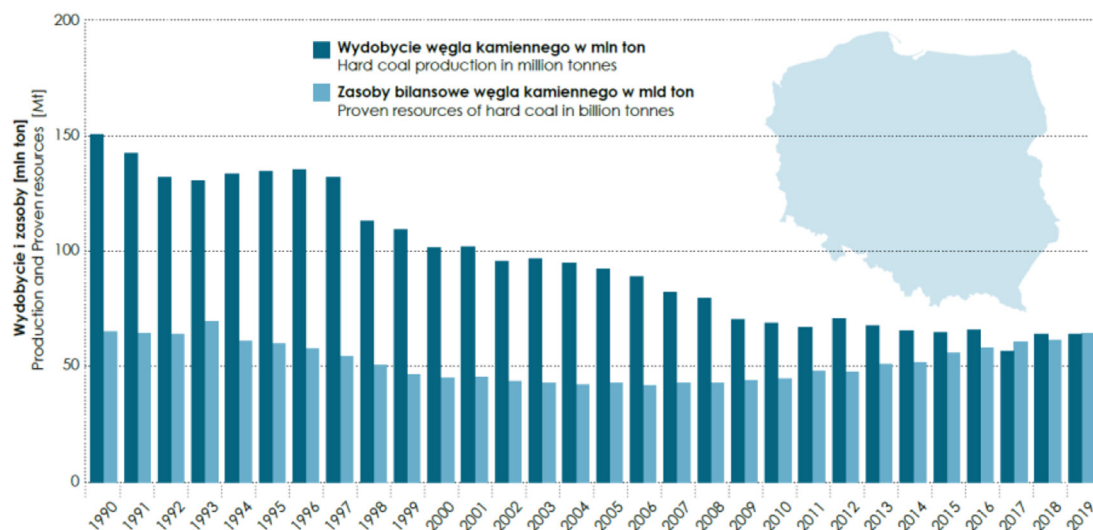
Tabela 3. Zasoby i złoża węgla kamiennego w Polsce [20]

Region	Zasoby geologiczne w mln ton			Liczba udokumentowanych złóż	
	Bilansowe	Pozabilansowe	Przemysłowe	Ogółem	Eksploatowanych
Górnośląskie Zagłębie Węglowe	52 245	8 854	4 162	145	43
Lubelskie Zagłębie Węglowe	11 661	5 075	617	10	3
Dolnośląskie Zagłębie Węglowe	424	37	–	7	–
Polska	64 330	13 966	4 779	162	46

## 2.6. Wydobycie węgla kamiennego w Polsce

Przez wiele lat Polska zajmowała miejsca w pierwszej piątce krajów o największym wydobyciu węgla kamiennego. Obecnie nasz kraj spadł w tej klasyfikacji na 10 pozycję. Największe ilości węgla kamiennego wydobyto w Polsce w 1979 roku i było to według niektórych źródeł nawet 200 mln ton. Od tego czasu ilość wydobywanego surowca spada, podobnie jak zatrudnienie w branży górniczej. W roku 1990 w 70 funkcjonujących kopalniach wydobyto 151,3 mln ton węgla kamiennego, przy zatrudnieniu wynoszącym 416 tys. pracowników. W 2019 r. wydobycie surowca wyniosło 64,063 mln ton, a zatrudnienie w sektorze górnictwa węgla kamiennego wynosiło około 83 tys. osób. Najwięcej węgla kamiennego wydobyto, według raportu Państwowej Służby Geologicznej o surowcach mineralnych Polski, w 2019 r. (rys. 15). W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym – 56,807 mln ton. W Lubelskim Zagłębiu Węglowym wydobyto w tym samym okresie 7,256 mln ton [20].

Rys. 15. Wydobycie i zasoby węgla kamiennego w Polsce w latach 1990-2019 [20]



Szacuje się, że od rozpoczęcia wydobycia po II wojnie światowej z polskich kopalń wydobyto już 8881,9 mln ton węgla kamiennego. Głównym zagłębem w Polsce jest Górnośląskie Zagłębie Węglowe, w którego obrębie zlokalizowane są prawie wszystkie zakłady górnicze. W Lubelskim Zagłębem Węglowym działa jedna kopalnia „Bogdanka”. W Dolnośląskim Zagłębem Węglowym wydobycie węgla kamiennego zakończono w 2000 r., zamykając ostatnią z działających tu niegdyś kopalń w Nowej Rudzie (pole Słupiec). Powodem zaniechania eksploatacji złóż z DZW była nieoptymalność wydobycia węgla kamiennego, spowodowana głównie trudnymi warunkami geologiczno-górnictwami. Przy obecnym stanie zasobów geologicznych, wydobycia i zapotrzebowania na obecnym poziomie, węgiel kamienny wystarczyłby na ponad 1000 lat, jednak wystarczalność zasobów operatywnych (możliwych do wydobycia) węgla kamiennego w Polsce jest dużo niższa i wynosi 40–50 lat, w zależności od wysokości strat przy eksploatacji, a przy wykorzystaniu zasobów niezagospodarowanych – na około 100 lat [20].

## 2.7. Eksport oraz import węgla kamiennego w Polsce

Polska jest ważnym eksporterem węgla kamiennego, choć przez ostatnie ćwierćwiecze sprzedaż za granicę tego surowca zmniejszyła się prawie o połowę. W latach 60. i 70. ubiegłego wieku, udział eksportu węgla z Polski wynosił 19% w skali światowej, natomiast w ostatnich latach spadł do 1 ÷ 2% (tabela 4). W 2018 r. wyeksportowano z Polski 4,916 mln ton węgla kamiennego, co odpowiadało 7,7% krajowego wydobycia. Polski węgiel kamienny trafia do około 30 państw [20].






Tabela 4. Eksport oraz import węgla kamiennego w Polsce w latach 2008-2022 [20]

Rok	Import węgla kamiennego		Eksport węgla kamiennego	
	Masa (mln ton)	Wartość (mln złotych)	Masa (mln ton)	Wartość (mln złotych)
2008	10,340	3 776	8,462	3 359
2009	10,812	3 305	8,396	2 965
2010	14,150	5 209	10,551	3 596
2011	14,991	6 313	7,021	3 408
2012	10,193	4 063	7,072	3 155
2013	10,528	11 695	10,848	3 900
2014	10,431	3 336	9,038	2 964
2015	8,301	2 612	9,212	2 746
2016	8,314	2 554	9,099	1 595
2017	12,880	5 602	7,103	3 161
2018	19,257	7 902	4,916	2 566
2019	19,569	8 556	4,123	2 154
2020	19,358	8 963	4,563	4 125
2021	20,658	10 489	6,785	5 125
2022	21,523	13 587	7,452	6 896

Głównymi odbiorcami są państwa europejskie, m.in.: Niemcy, Czechy, Finlandia, Austria, Ukraina, Słowacja, Wielka Brytania, Włochy, Norwegia, Belgia i Dania. Po kilkaset tysięcy ton sprowadza od nas Egipt, Maroko i Turcja. Import węgla kamiennego do Polski jest zjawiskiem stosunkowo nowym. Przez wiele lat Polska importowała tylko te rodzaje węgla, które nie były możliwe do pozyskania w kraju (zwłaszcza węgiel koksowy niskofosforowy). Dopiero na początku XXI wieku zaczęto sprowadzać do Polski również węgiel energetyczny, który jest także wydobywany w kraju. W 2008 roku Polska po raz pierwszy w historii sprowadziła więcej węgla niż wyniósł eksport. W 2018 r. sprowadzono do Polski 19,257 mln ton węgla kamiennego, co odpowiadało 30,0% krajowego wydobycia. Do Polski węgiel kamienny jest sprowadzany z ponad 20 państw, głównie z Rosji, Czech, USA, a nawet z Kolumbii, RPA i Australii. Węgiel kamienny transportowany jest głównie drogą lądową. Drogą morską przewozi się średnio 25% tego surowca. Saldo obrotów węglem kamiennym było w 2016 r. dodatnie [20].

## 2.8. Wpływ sektora górniczego na środowisko w Polsce

Wydobycie i zastosowanie węgla kamiennego niosą za sobą szereg niekorzystnych skutków dla środowiska naturalnego. Do negatywnych skutków wydobycia węgla można zaliczyć [20]:

-  deformacje terenu i zapadliska, będące wynikiem podziemnej eksploatacji złóż,
-  zanieczyszczenia metalami ciężkimi, pierwiastkami promieniotwórczymi i chlorkami wód powierzchniowych, do których odprowadzane są wody z odwodnienia kopalń,
-  samozapłony występujące na terenie zwałowisk odpadów pogórnich,
-  odcieki wód ze zwałowisk, zanieczyszczające wody powierzchniowe i podziemne,
-  emisje metanu z kopalń do atmosfery.

Osobną kwestią są zanieczyszczenia emitowane do powietrza podczas spalania węgla kamiennego, a także odpady powstałe po spalaniu – żużle i popioły, które muszą być składowane. W polskich kopalniach węgla kamiennego występują wszystkie zagrożenia znane w górnictwie: tąpnięcia, pożary, wybuchy metanu, wybuchy pyłu węglowego, radiacja. W 2019 r. w kopalniach węgla kamiennego odnotowano 1899 wypadków [20].



## 3 | Opis modeli transformacji w wybranych regionach węglowych z wykorzystaniem technologii cyfrowych

Podczas restrukturyzacji, łączenia i wygaszania kopalń, w województwie śląskim działa 9 zakładów wydobywczych pozyskujących kamienny węgiel energetyczny: Ruda, Bolesław Śmiały, Sośnica, Piast-Ziemowit, Staszic-Wujek, Bobrek-Piekary, Mysłowice-Wesoła, ROW i Sobieski. Należą one do Polskiej Grupy Górniczej, z wyjątkiem kopalni Bobrek-Piekary (własność GK Węglokoks) i Sobieski (Tauron). Łączne zatrudnienie w tych zakładach podane jest w śląskim projekcie Terytorialnego Planu Sprawiedliwej Transformacji: to 40 663 osoby. Dodatkowo na obszarze województwa wydobywcie węgla prowadzą także trzy kopalnie prywatne: Zakład Górniczy Siltech, Zakład Górniczy Eko-Plus i Przedsiębiorstwo Górnicze Silesia [7], zatrudniające łącznie 2 216 osób. Według TPST wygaszenie wydobywania powinno wiązać się z całkowitym wyłączeniem Elektrowni Łaziska, radykalnym ograniczeniem aktywności Elektrowni Jaworzno oraz niewielką redukcją aktywności w elektrowniach Łagisza i Rybnik (trzy pierwsze należą do Taurona, a ostatnia do PGE). Wynika to z wyeksploatowania bloków oraz faktu, że elektrownie zasilają w energię zamknięte kopalnie.

W efekcie tych zmian w energetyce pracę stracić ma 848 osób. Łącznie oznacza to, że transformacja cyfrowa musi objąć nie mniej niż 43 727 pracowników, z których 4,8 tys. uwzględnionych jest w analizie ośrodka małopolskiego. Oznacza to, że na terenie Śląska związane z transformacją energetyczną zwolnienia mają bezpośrednio dotknąć 38 927 ludzi. Liczba ta jest istotnie niższa od większości szacunków dotyczących pracujących górników np. pochodzących z GUS. Przyczyną jest to, że wielu pracowników związanych z kopalniami pracuje w spółkach zewnętrznych – należących do tych samych właścicieli, co kopalnie, ale też innych (outsourcing usług), w różnym stopniu zależnych od górniczych zleceń. Część takich pracowników wykonuje bardzo wyspecjalizowane usługi pod ziemią, inni obsługują bieżące potrzeby zaplecza kopalnianego czy administracji. TPST podaje szacunki dotyczące utraty miejsc pracy w tzw. przedsiębiorstwach okołogórniczych na skutek wygaszania wydobywania: byłoby ich ok. 120 tys. Niedostępne są opracowania prezentujące dokładne geograficzne rozlokowanie tych okołogórniczych miejsc pracy.

Z pewnością pewna część firm okołogórniczych przetrwa transformację – gdyż nie muszą się obawiać o nowe zlecenia (np. jeśli prowadzą usługi zabezpieczania wygaszonych kopalń lub rekultywacji terenów pokopalnianych), znajdując nowych klientów, albo modyfikując profil działalności. Dlatego poniższe kalkulacje będą skupiać się na tych, których liczba znana jest dość precyzyjnie i którym można próbować przypisać miejsce zamieszkania. Największą liczbę pracowników ośrodka śląskiego przypisano powiatom ziemskim mikołow-

skiemu (2,6 tys.) i rybnickiemu (2 tys.) oraz powiatom grodzkim Katowice (3,6 tys.), Jaworzno (2,3 tys.) i Ruda Śląska (2,0 tys.). Do ośrodka można zaliczyć aż 32 powiaty, w których przy założeniu całkowitego wygaszenia wydobycia do 2035 roku, od roku 2022 corocznie transformacja cyfrowa dotykałaby ok. 2 781 pracowników rocznie.

Przez 14 lat transformacji przejście na emeryturę zakończy pracę 3 620 osób (9% wszystkich pracowników ośrodka). Rynek ma potencjał do wchłonięcia maksymalnie do 8 522 (22%) zwalnianych za sprawą demografii oraz do 22 443 (58%) zwalnianych za sprawą kreacji nowych miejsc pracy. Największe wsparcie będzie potrzebne w powiecie mikołowskim, w którym aż 1 638 pracowników może wylądować w urzędzie pracy (62% górników zwolnionych w tym powiecie); a także w powiecie rybnickim (1 463, 75%); Jaworznie (1 462, 64%) i Mysłowicach (1 249, 66%).

Bez wsparcia zaś powinni poradzić sobie zwalniani mieszkańcy powiatów ziemskich bielskiego, cieszyńskiego, myszkowskiego, tarnogórskiego, zawierciańskiego, żywieckiego oraz Bielska Białej, Dąbrowy Górniczej, Gliwic, Katowic, Piekar Śląskich i Tychów, czyli 1/3 powiatów, z których składa się śląski ośrodek. Łącznie, w zależności od roku, wsparcia gwarancji zatrudnienia w spółdzielniach byłych górników, wymagało będzie od 582 do 1 224 pracowników ośrodka (21-44% zwalnianych). Przez cały 14-letni okres liczba pracowników, którzy nie znajdą dla siebie wartościowych miejsc pracy (i za wcześniej jest, by przeszli na emeryturę) sięgnie 13 716 i będzie to 35% tych, których dotknie transformacja cyfrowa.

Kwota niezbędna dla sfinansowania zmiany zawodu oraz pokrycia pełnych kosztów pracy dla wspieranych w transformacji pracowników ośrodka śląskiego wahałaby się od 132,6 mln zł do 280,8 mln zł rocznie, a łącznie przez 14 lat sięgnęłaby 3 142,7 mln zł, z czego 4% stanowiłyby koszty szkoleń zawodowych i pozyskania nowych kwalifikacji, a 96% finansowanie trzyletniego okresu zatrudnienia. Środki te, wydane w przemyślany sposób na zmianę zawodu i zakładanie spółdzielni, pozwoliłyby uniknąć zapaści ekonomicznej i społecznej w powiatach dotkniętych transformacją. Warto podkreślić, że ich wydatkowanie trwałoby przez półtora dekady i pomogłyby rozwiązać problem potencjalnego wzrostu strukturalnego bezrobocia we wszystkich 32 powiatach ośrodka śląskiego. Przyjmując, że analogiczne programy wsparcia objęłyby wszystkich wymagających wsparcia w sześciu ośrodkach górniczych, to wydatki dla ośrodka śląskiego stanowiłyby 58% łącznych kosztów takiego systemowego rozwiązania (5,4 mld zł) i 19,6% polskiego udziału w Funduszu Sprawiedliwej Transformacji (3,5 mld euro).



## Podsumowanie

**P**rogram Cyfrowa Europa jest nowym programem UE na lata 2021–2027 będącym odpowiedzią na wyzwania cyfrowej transformacji gospodarki. Ma pomóc w rozwoju systemów superkomputerowych, sztucznej inteligencji, zaawansowanych umiejętności cyfrowych, a także w szerokim wdrażaniu technologii cyfrowej w społecznościach i w gospodarce. Ostatni aspekt ma skupić się zwłaszcza na obszarach związanych ze zdrowiem, zieloną transformacją czy kulturą i wspierać małe i średnie przedsiębiorstwa. Na lata 2021–2022 Komisja Europejska planuje cztery programy robocze. Pierwszy obejmie większość działań, a pozostałe będą dedykowane cyberbezpieczeństwu, komputerom dużej mocy oraz rozwoju sieci Europejskich Centrów Innowacji Cyfrowych (European Digital Innovation Hubs). Mają one zapewnić wiedzę i możliwość eksperymentowania w celu rozwoju i wdrażania technologii cyfrowych, zwiększając innowacyjność i konkurencyjność regionów.

# 4

## Skutki wprowadzenia Europejskiego Zielonego Ładu

Europejski Zielony Ład zakłada osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Na temat tego zagadnienia oraz mechanizmów prowadzących do osiągnięcia wspomnianego celu wiele się mówi, jednakże prawie wcale nie wspomina się o metodach monitorowania postępów i ocenie poszczególnych technologii na etapie budowania wspomnianego nowego zielonego porządku. Warto zatem przeanalizować możliwości związane z dążeniem do osiągnięcia celu neutralności klimatycznej. Cel w tym przypadku można definiować jako pewnego rodzaju stan wyidealizowany, do którego dążenie jest obowiązkiem naszych czasów wobec przyszłych pokoleń. Taka optyka wymusza jednak stosowanie narzędzi inżynierskich, które pozwolą na kompleksowe ujęcie podejmowanych aktywności w kontekście oceny wpływu danej technologii i produktu na środowisko naturalne. Z racji rozległości zagadnień nieodłącznie związanych z różnego typu aktywnościami gospodarczymi w tym punkcie niniejszego opracowania skupiono się jedynie na wąskim, aczkolwiek istotnym dla całej gospodarki, obszarze wytwarzania/przetwarzania energii [15].

Europejski Zielony Ład, neutralność klimatyczna czy gospodarka o obiegu zamkniętym to pojęcia ściśle ze sobą powiązane i w ostatnim czasie odmieniane przez wszystkie przypadki. Na oficjalnych stronach internetowych Komisji Europejskiej, dotyczących Europejskiego Zielonego Ładu na pierwszym planie znajduje się cel dla Unii – „Aspirowanie do miana pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu”. Warto się zastanowić czy kierunek ten w horyzoncie 30 lat jest możliwy do osiągnięcia i w jakim zakresie realne będzie zbliżenie się do niego, a także jak wpłynie to na zasoby naturalne surowców nieenergetycznych. Tak nakreślony cel zakłada odejście od gospodarki liniowej, polegającej na niemal proporcjonalnym budowaniu wzrostu gospodarczego w oparciu o zasoby naturalne nieodnawialne. Dalece niewystarczające naświetlenie podstaw merytorycznych tłumaczących konieczność wprowadzania Zielonego Ładu budzi sprzeciw jednych środowisk, a w innych buduje stan entuzjazmu, wynikający ze złudnego poczucia niezależności energetycznej i rychłego uwolnienia się od konieczności korzystania z surowców naturalnych [15].

### 4.1. Podstawy merytoryczne Europejskiego Zielonego Ładu

Powszechnie obowiązujący do tej pory model gospodarki liniowej opierał się na budowie wzrostu gospodarczego powiązanego z wykorzystywaniem surowców naturalnych nieodnawialnych. Osiągnięcie poziomu neutralności klimatycznej wymusza stopniowe odchodzenie od takiego modelu i wdrożenie gospodarki cyrkularnej. Porzucając na chwilę, na potrzeby

podjętych analiz, powszechną potrzebę wzrostu gospodarczego, który jest nieodłącznie powiązany z szeroko pojętym wzrostem konsumpcji, do osiągnięcia celu neutralności klimatycznej potrzeba jeszcze taniej i powszechnie dostępnej energii oraz wysoce sprawnych (a w zasadzie idealnych) procesów recyklingu (mając na względzie szacunki na temat dostępności surowców krytycznych dla transformacji energetycznej). Praktyka inżynierska pokazuje jednak, że procesy rzeczywiste różnią się znacząco od tych idealnych, a więc ich sprawności (procesowe, energetyczne i egzenergetyczne) wynoszą poniżej 100%, co daje już na wstępie odpowiedź na temat możliwości osiągnięcia neutralności klimatycznej przez Europę w horyzoncie 2050 roku, przy założeniu liczebności mieszkańców i poziomu życia jak obecnie. Powyższe stwierdzenie nie oznacza jednak, że do wyżej wymienionego celu nie możemy i nie powinniśmy się zbliżyć.

Za taką potrzebą przemawiają scenariusze zmian klimatycznych, jakie nas czekają. Podejmowane działania powinny jednak uwzględniać również gospodarkę innymi surowcami, niezbędnymi do przeprowadzenia transformacji energetycznej i funkcjonowania przyszłych pokoleń. Tabela 5 przedstawia zasoby i rezerwy niektórych pierwiastków naturalnych wykorzystywanych powszechnie w produkcji przemysłowej [15].

**Tabela 5**  
**Zasoby i rezerwy wybranych pierwiastków w odniesieniu do rocznej produkcji [15]**

Pierwiastek	Produkcja Mt/rok	Rezerwy		Zasoby		Przykładowe zastosowanie
		Mt	Lata	Mt	Lata	
Li	0,034	13	382	30	882	baterie, akumulatory EV, smary, ceramika
Co	0,098	7,5	77	15	153	baterie, akumulatory EV
Y	0,0089	0,054	61	odpowiednie		ceramika, elektronika (turbiny wiatrowe)
Cu	16,1	690	43	3000	186	budownictwo, elektronika, transport
Zr	1,41	52	37	60	43	odlewnictwo, stopy metali, ceramika,
Mo	0,25	10	40	14	56	produkcja żelaza i stali, nadstopy
Sb	0,169	1,8	11	b.d.	b.d.	baterie, chemikalia, ceramika, szkło
Sr	0,38	6,8	18	1000	2632	ferytowe magnesy ceramiczne, pigmenty
Au	0,0027	0,051	19	b.d.	b.d.	biżuteria, sztuka, stomatologia, elektronika
Pb	4,5	85	19	1500	333	baterie, amunicja, szkło i ceramika
Sn	0,253	4,8	19	odpowiednie		powlekanie metali, stopów, szklarstwo

Obecnie często niesłusznie zakłada się, że neutralność klimatyczną można osiągnąć wyłącznie poprzez uniezależnienie się od kopalnych surowców energetycznych i idącą za tym „zerową” emisją CO<sub>2</sub> dla produkcji/konwersji energii. Postęp technologiczny wymagany do zmniejszenia zależności od surowców kopalnych w obszarze wytwarzania energii, wymagać będzie innowacji technologicznych (choćby w obszarze magazynowania energii), a te najczęściej pociągają za sobą konieczność stosowania materiałów o określonych właściwościach (wykorzystujących także tzw. metale ziem rzadkich), co w praktyce nadal będzie budować silne powiązania w zakresie czerpania surowców nieenergetycznych ze środowiska naturalnego, jeżeli nie w Europie, to w innych częściach świata. Mimo wyżej przytoczonych argumentów neutralność klimatyczna w obszarze surowców energetycznych nieodnawialnych w dużym stopniu będzie możliwa do osiągnięcia, jednak możliwy do osiągnięcia poziom będzie silnie powiązany z gospodarką surowcową, a uściślając, z koniecznością zrównoważonego czerpania surowców nieenergetycznych [15]. Kierunek nastawiony na uniezależnienie się od kopalnych surowców energetycznych jest co do zasady słuszny, ale argumentacja przedstawiana w sferze publicznej przy jego wprowadzaniu jest dalece niewystarczająca i często poddana zbyt dużym naciskom ze strony poszczególnych państw członkowskich Unii Europejskiej.

Na tym etapie należy również stwierdzić, że działania UE w zakresie wdrażania narzędzi i metod monitorowania postępu w zbliżaniu się do zasad gospodarki cyrkularnej są mocno opóźnione. Narzędzia do wypracowania podejścia ujmujące go jak dana technologia wytwarzania określonego produktu i sam produkt w cyklu życia oddziałują na środowisko są znane od dawna, co nie jest równoznaczne z tym, że łatwo je będzie wprowadzić do powszechnego stosowania [15].

Metody bazujące na wskaźnikach skumulowanego zużycia, rachunku energetycznym (koszcie termoeologicznym) czy analizie cyklu życia (LCA – ang. Life Cycle Assessment), wykorzystywane są niezbyt często i zazwyczaj przez ośrodki naukowe w projektach badawczych, jak również przez działy badawczo-rozwojowe dużych koncernów. Pionierami w tym zakresie wydają się być przedstawiciele przemysłu chemicznego i budownictwa. W ostatnim czasie można zaobserwować również wzmożone zainteresowanie w tym zakresie ze strony producentów produktów spożywczych, widzących szansę w wykorzystaniu wniosków z wymienionych analiz do budowy przewagi konkurencyjnej poprzez aspekt marketingowy i dotarcie w ten sposób do świadomych konsumentów. Wymienione powyżej metody, zwłaszcza kosztu termoeologicznego, mogłyby być z powodzeniem stosowane do monitorowania powiązań konkretnego produktu z czerpaniem surowców ze środowiska naturalnego do jego produkcji. O potrzebie wprowadzenia powszechnych metod monitorowania postępu w dążeniu do gospodarki obiegu zamkniętego mówi również mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym. Podsumowując, można stwierdzić, że osiągnięcie neutralności klimatycznej w obszarze całej gospodarki w 2050 roku w aspekcie wskaźników jednostkowych (definiowanych dla liczby mieszkańców i poziomu życia) jest mało realnym celem [15]. Jednakże z uwagi na kurczące się zasoby surowców energetycznych nieodnawialnych i nieenergetycznych, stosowany obecnie model gospodarki liniowej musi ulec zmianie na rzecz gospodarki cyrkularnej (o obiegu zamkniętym). Działania takie wymagają szybkiego wprowadzenia metod pozwalających na skuteczne określenie postępu w zbliżaniu się do celu, jakim jest neutralność klimatyczna [15].

## 4.2. Analiza egzergetyczna – użyteczne narzędzie służące określania intensywności korzystania ze środowiska

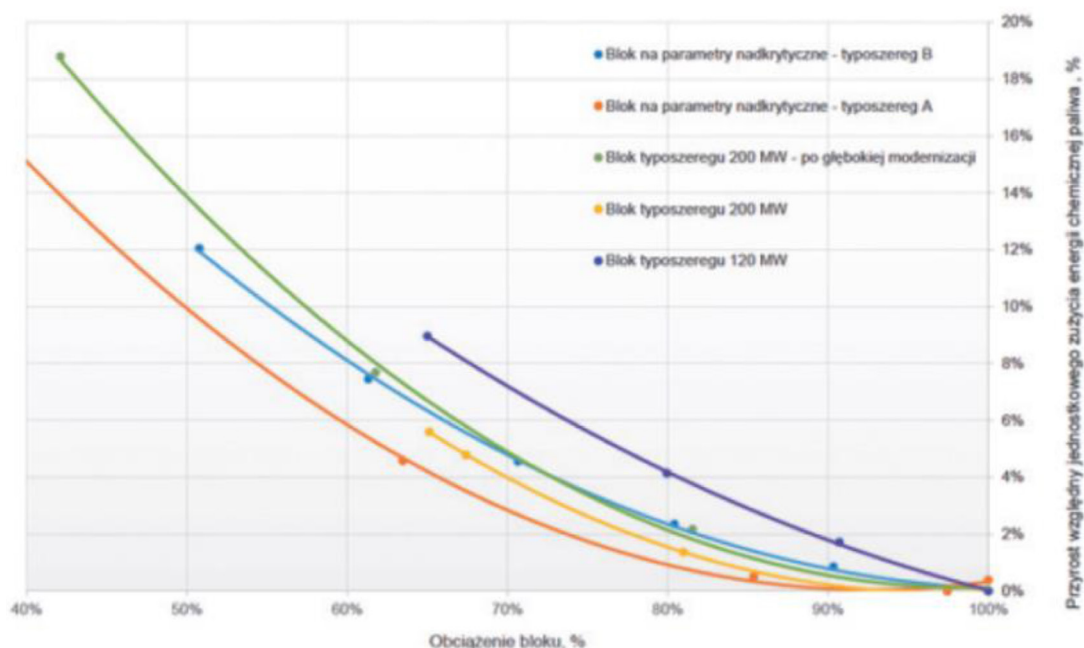
Analiza egzergetyczna pozwala na pełniejsze określenie wpływu danej technologii na środowisko niż analiza energetyczna i towarzyszące jej kluczowe wskaźniki efektywności (KPI – ang. Key Performance Indicators), wyrażane jako sprawności energetyczne lub jednostkowe zużycie energii na jednostkę produktu. Narzędzie to jest niestety rzadko stosowane w praktyce. Egzergia, określając jakość energii, pozwala także na ujęcie ilościowe (w takiej samej jednostce) – zarówno kompleksowe, jak i cząstkowe – wszystkich istotnych elementów bilansu masowego danego procesu, tj. określenie intensywności czerpania ze środowiska naturalnego surowców wymaganych do procesu, a także wprowadzania do tego środowiska różnego rodzaju zanieczyszczeń generowanych w tych procesach. Obciążenie to można przypisać jednostce produktu określając, przy pewnych założeniach, jego liczbowy wpływ na środowisko (wyznaczony ustandaryzowanymi metodami, co finalnie prowadzi do ustalenia – ujmując to językiem potocznym – pewnego rodzaju skali „zieloności produktu”). Pewnym rozwinięciem analizy egzergetycznej jest Metoda Kosztu Termoeologicznego (TEC – ang. Thermo-EcologicalCost), pozwalająca na określanie stopnia wykorzystywania bogactw naturalnych w procesach przemysłowych. Metoda ta pozwala na porównanie poszczególnych technologii wytwarzania energii, jak również innych procesów przemysłowych. Pojęcie kosztu termoeologicznego zostało zdefiniowane przez prof. Jana Szarguta jako „skumulowane zużycie egzergii bogactw nieodnawialnych, obciążające wszystkie etapy procesów wytwórczych, prowadzące od pozyskania surowców do produktu finalnego” [15].

## 4.3. Wytwarzanie energii w ujęciu kosztu termoeologicznego

Do oceny jakości wytwarzania/przetwarzania energii w sektorze energetycznym stosuje się metody wykorzystujące bilansowanie energetyczne i wielkości pochodne wyznaczone na ich podstawie. W podejściu tym osłonę bilansową zakłada się zazwyczaj na obszarze elektrowni, co nie daje pełnego i rzeczywistego obrazu w ujęciu wskaźników energetycznych oraz kosztów środowiskowych spalanej paliwa. Stosowanie tego typu podejścia ma swoje szersze konsekwencje i skutkuje budowaniem zniekształconego obrazu nie tylko dla źródeł konwencjonalnych, ale przenoszone jest także na alternatywne źródła energii zarówno odnawialne, jak i jądrowe [15]. Efektem tego jest nieprawdziwa i często wybrzmiewająca medialnie narracja, że źródła te (odnawialne i jądrowe), będąc zero emisyjnymi, są neutralne dla środowiska. Złożoność procesu zaspokajania potrzeb energetycznych przemysłu i ludności w gospodarkach rozwiniętych narzuca zasadę, że energia jest dostępna, a jej niedostatek jest traktowany jako stan awaryjny. Nieco inaczej sprawa dostępności energii traktowana jest w idei tzw. elektroprosumeryzmu, gdzie dostępność energii jest podyktowana grą wolnorynkową bez systemu dopłat i różnego rodzaju subwencji. Podejście takie (tzn. ogólnej dostępności energii w cenach akceptowalnych dla gospodarki i społeczeństwa) w systemach, w których udział źródeł odnawialnych jest znaczący, wiąże się jednak z pewnymi ekologicznymi kosztami osieroconymi, które obecnie pokrywane są najczęściej przez źródła konwencjonalne stabilizujące Krajowy System Elektroenergetyczny. Dzieje się to kosztem znaczącego obniżenia sprawności jednostek konwencjonalnych i co za tym idzie – wzrostem negatywnego wpływu na środowisko naturalne. Dane w tym zakresie zostały przedstawione na rys. 17, gdzie zestawiono charakterystyki przyrostu względnego zużycia energii chemicznej paliwa na jednostkę wyprodukowanej energii dla różnych źródeł wytwórczych [15].



Rys. 17. Charakterystyka przyrostu względnego jednostkowego zużycia energii chemicznej paliwa netto na produkcję energii elektrycznej w funkcji zmiany obciążenia [15]



Aspekt produkcji energii w źródłach odnawialnych wymaga także przywołania zobowiązań, jakie Polska posiada w zakresie produkcji energii z OZE – 15% w 2020 roku. Poziom ten wydaje się mało realny do uzyskania, mimo znaczącego w pierwszym półroczu 2020 roku spadku zużycia energii, będącego następstwem tzw. lockdownu z powodu COVID-19. Z tej perspektywy producenci OZE przyczyniają się do spełnienia zobowiązań względem UE, a rola prosumentów w tym zakresie wymaga szczególnego podkreślenia, gdyż wobec całego oddawanego do sieci nadmiaru energii odnawialnej produkowanej w mikroinstalacjach w porze wiosenno-letniej odbierają 80% tej energii w porze jesienno-zimowej, kiedy to udział OZE wynosi prawie zawsze poniżej 15% (pewne wyjątki się zdarzają, jak ten w opracowaniu [15]).

Mając na względzie rzetelność inżynierskiego spojrzenia należy także podkreślić, że rosnący udział OZE w miksie energetycznym będzie powodował jeszcze większą ilość odstawiń bloków konwencjonalnych, co pociąga za sobą kolejne koszty środowiskowe. Przykład pracy bloku energetycznego przedstawiony został na rys. 18 [15].

Rys. 18. Przebieg obciążenia bloku typoszeregu 200 MW w ośmiodniowym odcinku czasowym [15]



Tego typu praca, w przypadku przedstawionym na rys. 32, implikuje dla bloku o wskaźniku 9753 kJ/kWh jego pogorszenie na poziomie 2,62%, tj. do poziomu 10 008 kJ/kWh. Taki stan będzie istniał do momentu większej dostępności atrakcyjnych cenowo technologii magazynowania energii, co w skali Krajowego Systemu Energetycznego możliwe będzie zapewne tylko dzięki szerszemu wykorzystaniu technologii wodorowych. Wiele tego typu rozwiązań na mniejszą skalę (projekty demonstracyjne) jest już dostępnych, jednakże ich upowszechnienie wymaga jeszcze czasu i stworzenia odpowiednich uwarunkowań rynkowych. Wielkoskalowe (sezonowe) magazynowanie energii (paliwo wodorowe) zarezerwowane będzie raczej dla kawern (kawerna to pusta przestrzeń w skałach) i wyczerpanych złóż ropy i gazu. Doświadczenia w tym obszarze są jednak niezbyt bogate, więc komercjalizacja, z wielu względów, może zająć dekady. Z pomocą w tym zakresie może przyjść dążenie do tzw. autonomiczności w zasilaniu w energię przez odbiorców indywidualnych i grupowych, zorganizowanych w ramach systemów wirtualnych. Dążenie do zbilansowania na poziomie gospodarstwa domowego (osłona OK (P) – osłona prosumencka) czy wirtualnego systemu elektroenergetycznego (osłona OK (JST) – osłona wirtualna dla jednostek samorządów terytorialnych) w znaczący sposób może spowodować obniżenie zapotrzebowania na magazyny energii na poziomie KSE (osłona OK (KSE) – osłona zdefiniowana na poziomie zasobów KSE) [15].

Technologie magazynowania oparte na różnego rodzaju bateriach (na aktualnym poziomie technologicznym), w ujęciu Training and Enterprise Council, obciążają środowisko i w wizji neutralności klimatycznej wypełnionej wytwarzaniem energii z wykorzystaniem OZE koszt ten powinien zostać przypisany działaniu tych właśnie źródeł. W tabeli 6 zamieszczone zostały wskaźniki kosztu termoeologicznego dla źródeł energii według struktury wytwórczej Krajowego Systemu Energetycznego [15].



Tabela 6. Koszt termoeologiczny dla źródeł pracujących w KSE [15]

Technologia wytwarzania energii	TEC, MWh/MWh
Bloki na węgiel kamienny	5,29
Bloki na węgiel brunatny	3,99
CCGT	2,02
Źródła fotowoltaiczne	0,26
Źródła biogazowe	0,17
Elektrownie wodne	0,01
Elektrownie wodne lądowe	0,09

Różnica w podejściu wyznaczania TEC dla źródeł odnawialnych i nieodnawialnych polega m.in. na tym, że w przypadku tych pierwszych ujmowany jest koszt wytworzenia technologii i jej utrzymania, co w przypadku technologii bazujących na źródłach nieodnawialnych jest elementem, który można pominąć, gdyż wobec środowiskowych kosztów paliwa są praktycznie mało istotne. Różnica między patrzeniem na obciążenie środowiskowe poszczególnych technologii, a patrzeniem tylko przez pryzmat emisji CO<sub>2</sub> jeszcze wyraźniej jest widoczna w zestawieniu technologii jądrowych z technologiami konwencjonalnymi (tabela 7).

Przypadek przedstawiony w tabeli 7 wskazuje na zasadność kompleksowego patrzenia na procesy – nie tylko wytwarzania energii, ale też np. kosztów ekologicznych pozyskania tzw. metali ziem rzadkich. W przypadku elektrowni jądrowych elementem silnie wpływającym na TEC<sub>LCA</sub> (metoda kosztu termoeologicznego, w ujęciu kosztów środowiskowych w cyklu życia produktu) i zarazem na obniżenie skumulowanej sprawności egzergetycznej jest proces przygotowania paliwa [15].

Tabela 7. Porównanie TEC oraz sprawności energetycznej lokalnej i egzergetycznej skumulowanej dla technologii jądrowych i wytwarzania konwencjonalnego [15]

Technologia	Sprawność energetyczna lokalna	TECLCA, MJ/MJ	Skuteczność energetyczna skumulowana
Elektrownie jądrowe obecnie pracujące	24,1	58,39	1,71
Elektrownie jądrowe trzeciej generacji	41,3	34,13	2,93
Elektrownie jądrowe istniejące z cyklem odzysku paliwa z odpadów	27	57,8	1,73
Elektrownie jądrowe trzeciej generacji z odzyskiem paliwa z odpadów	46,2	33,78	2,96
Średnia elektrownia węglowa w Polsce	31,8	3,90	25,64
Elektrownia węgla wg konkluzji BAT	45,9	2,64	38,90
Źródła gazowe wg konkluzji BAT (NGCC)	57,7	1,82	54,34

W tym miejscu należy również zaznaczyć, że przeprowadzenie analiz zmierzających do określenia skumulowanego wpływu danego procesu na środowisko, wymaga przyjęcia wielu założeń. Jednym z ważniejszych jest ustalenie granic bilansowych i zdefiniowanie podstawowych pojęć, w tym chociażby tzw. kołyski oraz grobu w potocznym opisywaniu analiz LCA – „koszty środowiskowe od kołyski po grób” [15].

Innym ciekawym przykładem zastosowania analiz bazujących na wskaźnikach skumulowanych jest porównanie emisyjności źródła w zależności od tego, skąd pozyskiwane jest paliwo i jakie są z tym związane koszty, w odniesieniu do jednostki produkowanej/przetwarzanej energii. Zastosowanie to dosyć dobrze wypełnia pojęcie śladu węglowego. Patrząc na sektor wytwarzania energii i jego oddziaływanie na środowisko, głównie poprzez emisję CO<sub>2</sub>, pojęcie to dostarcza pełniejszy obraz rzeczywistych emisji, umniejszając w ten sposób potencjał kosztów środowiskowych osieroconych, a wynikających np. z przesyłu paliwa gazowego na duże odległości. Tabela 8 zawiera porównanie emisji bezpośrednich dla paliwa gazowego w źródle, a także wartości ujmujące nieszczelności rurociągów gazowych i straty z tym pośrednio powiązane, np. usuwania awarii, jak również emisji CO<sub>2</sub>, jaka ma miejsce na tłoczniach gazowych służących do podnoszenia ciśnienia przetwarzanego gazu, z poziomem emisji bloków węglowych [15].

Tabela 8 Porównanie emisji źródeł energii w ujęciu emisji bezpośredniej i skumulowanej [15]

Technologia	Wartość emisji, t <sub>co2</sub> /TJ
Węgiel – bezpośrednia emisja	92
Węgiel – emisja skumulowana	95,8
Węgiel – emisja skumulowana z uwalnianiem metanu do atmosfery	101,6–104,8
Gaz – emisja bezpośrednia	56,0
Gaz – wariant 1:21 GWP + 0,11 wycieków	71,55
Gaz – wariant 2:21 GWP + 3,25 wycieków	85,04
Gaz – wariant 3:30 GWP + 0,11 wycieków	71,75
Gaz – wariant 4:30 GWP + 1,5 wycieków	80,30
Gaz – wariant 5:30 GWP + 3,25 wycieków	91,02
Gaz – wariant 6:30 GWP + 4,2 wycieków	96,85

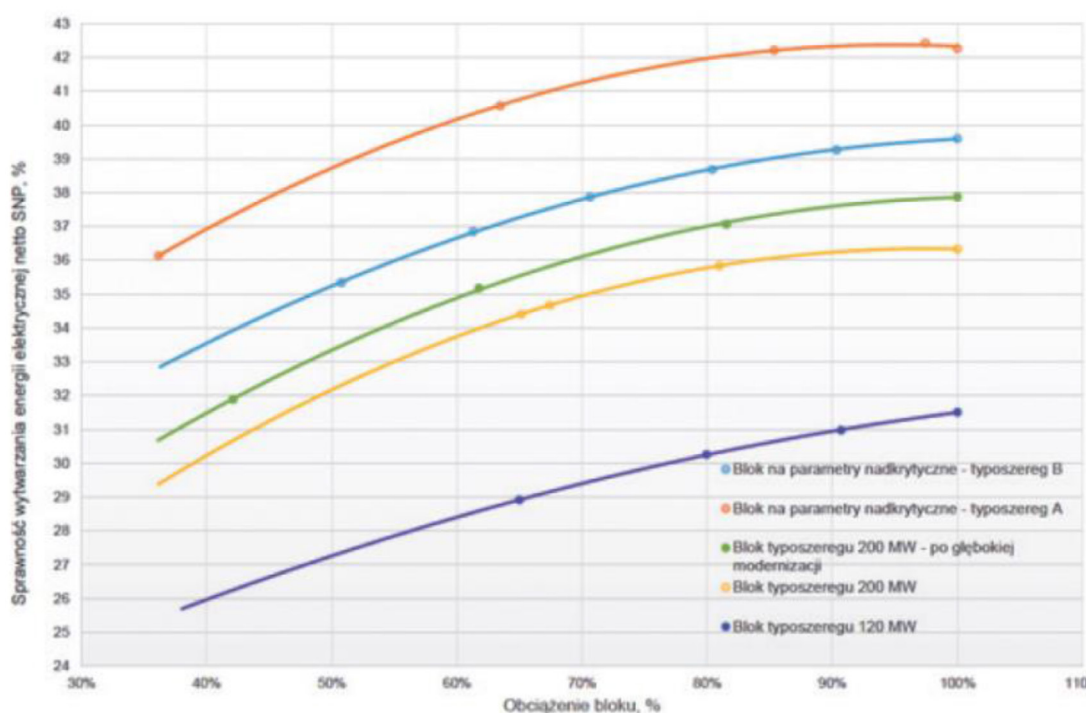
Zestawienie to wskazuje jednoznacznie, że dla przyjętych do obliczeń wyższych wartości przecieków (szacowanych i podawanych przez źródła amerykańskie), produkcja energii oparta na paliwach gazowych jest bardziej emisyjna od skumulowanej produkcji opartej na węglu. Nawet przy niższej wartości przecieków (szacowanych i podawanych przez źródła rosyjskie i niemieckie), emisja skumulowana jest znacznie większa od emisji bezpośredniej w źródle, co w obecnie przyjętym standardzie raportowania nie jest brane pod uwagę. W globalnym parzeniu na sprawy środowiskowe, a takiego wymaga podążanie w kierunku neutralności klimatycznej, narzędzia takie jak analiza typu LCA i jej odsłona w postaci metody kosztu

termo-ekologicznego mają wiele zalet. Ich zastosowanie pozwala na ustandaryzowane patrzenie na wskaźniki opisujące stopień korzystania ze środowiska naturalnego, zarówno w wymiarze globalnym, jak i lokalnym. Mimo znacznego stopnia skomplikowania, ich wykorzystanie powinno stać się standardem, a przy wprowadzaniu danej technologii i produktu na rynek powinno być obligatoryjne [15].



#### 4.4. Potencjał rozwojowy technologii tradycyjnych i odnawialnych

W kontekście zmierzania do neutralności klimatycznej warto również wspomnieć o potencjale rozwojowym technologii wytwarzania energii. Postęp w podnoszeniu sprawności energetycznych jednostek konwencjonalnych był bardzo duży, co pokazano na rys. 19 [15].

Rys. 19. Zestawienie charakterystyk sprawności bloków energetycznych obrazujące rozwój technologii konwencjonalnego wytwarzania energii [15] (to oznacza, że wytwarzamy energię z paliw kopalnych)



Nowo oddawane bloki energetyczne posiadają sprawności energetyczne netto na poziomie ok. 45% dla obciążenia znamionowego. Do osiągnięcia takiego poziomu przyczyniły się bardzo wysokie sprawności kluczowych wysp technologicznych [15]:

-  kotła – nawet do 95% (węgiel kamienny),
-  turbiny:
  - ✓ części wysokoprężnej – do 90%,
  - ✓ części średnioprężnej – do 95%,
  - ✓ części niskoprężnej – do 90%,
  - ✓ skraplacza – spiętrzenia temperatur na poziomie ok. 3,5 ÷ 4°C (eksploatacyjnie 4 ÷ 4,5°C),

- ✓ chłodni kominowych – układy strefowe elastycznie dostosowujące się do pracy bloku, o najczęściej stosowanym „zbliżeniu do granicy chłodzenia” na poziomie  $6 \div 7^{\circ}\text{C}$ . Parametr ten jest przedmiotem optymalizacji techniczno-ekonomicznej (definiowane jako różnica pomiędzy temperaturą wody ochłodzonej, a temperaturą termometru wilgotnego).

Tak wyśrubowane parametry pozostawiają już tylko niewielki margines do doskonalenia i jest on ulokowany głównie w zwiększaniu parametrów pary, co przy ciśnieniach przekraczających 25 MPa i temperaturach pary świeżej powyżej  $600^{\circ}\text{C}$  i  $620^{\circ}\text{C}$  na parze wtórnie przegrzanej implikuje znaczące problemy materiałowe. Mając na względzie europejską politykę energetyczną, ale także działania innych wysoce rozwiniętych państw, nie należy spodziewać się dużych postępów w tym zakresie, również z uwagi na kurczący się rynek. Pewnym rozwiązaniem mogą być jednostkowe wdrożenia układów kombinowanych wykorzystujących m.in. zgazowanie węgla, jednakże te rozwiązania nie odegrają znaczącej roli (dlatego, że zgazowanie węgla, szczególnie to podziemne, jest fikcją, ten proces to zwykła teoria, w praktyce okazało się, że jest nie do zrealizowania, nie ma możliwości kontrolowania zgazowania węgla w złożu) [15]. Z uwagi na toczące się przemiany o charakterze transformacyjnym, a także potrzebę stabilizacji KSE, należy spodziewać się wzrostu udziału bloków gazowo-parowych w KSE jako źródeł o dużej dynamice, przystosowanych do częstych uruchomień. Potencjał rozwojowy w dziedzinie turbin gazowych wydaje się również w znacznym stopniu zagospodarowany, więc rewolucyjnych osiągnięć w tym zakresie nie należy oczekiwać. Wyjątkiem jest obszar związany ze współpalaniem wodoru, nad rozwojem którego od dłuższego czasu pracują dostawcy turbin gazowych. Nieco inaczej sprawa wygląda w przypadku technologii wykorzystywanych w obszarze odnawialnych źródeł energii. Na rys. 34 i 35 przedstawione zostały wskaźniki ekonomiczne dotyczące: kosztu instalacji, współczynnika wykorzystania oraz kosztu minimalnego, którego pokrycie zapewnia rentowność instalacji fotowoltaicznych i farm wiatrowych lądowych. Dane przedstawione na rys. 20 i 21 wskazują, że potencjał do poprawy wskaźników wydajności jest znaczący, a zapotrzebowanie rynkowe będzie elementem napędowym dla działań badawczo-rozwojowych firm specjalizujących się w dostarczaniu technologii dla energetyki odnawialnej [15].

Rys. 20. Charakterystyki przedstawiające zmienność cen instalacji, współczynnika wykorzystania i kosztu granicznego wyprodukowanej energii zapewniającego rentowność instalacji PV [15]



Rys. 21. Charakterystyki przedstawiające zmienność cen instalacji, współczynnika wykorzystania i kosztu granicznego wyprodukowanej energii zapewniającego rentowność elektrowni wiatrowych lądowych [15]



W tym miejscu warto również wspomnieć o realizowanych w kraju inicjatywach klastrów związanych z dążeniem lokalnych społeczności do samowystarczalności energetycznej. Skuteczne działanie klastrów energii wymaga jednak doposażenia ich w instrumenty prawne usprawniające zdolność działań tych podmiotów, co mogłoby przynieść korzystne zmiany środowiskowe, jak również prowadzić do poprawy stabilności Krajowego Systemu Energetycznego [15]. Sprawne funkcjonowanie tego typu organizmów rozpoczęłoby także proces zmiany świadomości uczestników klastra, którego skutki byłyby pozytywne dla środowiska, a sama zmiana bazowałaby na regule rynkowej, polegającej na tym, że energia po akceptowalnej cenie nie zawsze jest dostępna. Funkcjonowanie podmiotów należących do takich klastrów wymagałoby wówczas pewnej elastyczności, której poziom byłby proporcjonalny do poziomu akceptowalności cen energii. Dzisiaj tego typu inicjatywy, zrzeszające nierzadko po kilkudziesięciu członków, dążące do zbilansowania na poziomie wirtualnym, z powodzeniem funkcjonują w Polsce – np. Ostrowski Klaster Energetyczny [15].

W ramach prowadzonych aktywności podejmowany jest szereg działań mających na celu redukcję emisji CO<sub>2</sub> w ramach własnej struktury wytwórczej, a także podejmowane są próby bilansowania uczestników klastra (póki co w obszarze systemu wirtualnego), co docelowo, w przypadku wielu tego typu podmiotów, będzie oparte m.in. na własnej infrastrukturze sieciowej. Przedsięwzięcie, którego celem jest zabezpieczenie potrzeb energetycznych lokalnych przedsiębiorców i indywidualnych uczestników klastra, przy jednoczesnej minimalizacji oddziaływania na środowisko naturalne, można traktować jako zasób równoważny np. dla potencjału efektywności energetycznej. W tym obszarze uwydatnia się także potrzeba określania śladu środowiskowego, pozwalająca na wypracowanie tzw. dobrych praktyk dla obszarów dążących do samowystarczalności energetycznej [15].



## Podsumowanie

Ideę neutralności klimatycznej należy traktować jako kierunek, w którym mając jednocześnie świadomość, że nie da się jej osiągnąć dosłownie, a już na pewno nie w horyzoncie 2050 roku. Podejmowane działania powinny być zatem realizowane zgodnie z ideą zrównoważonego czerpania surowców nieenergetycznych. W dążeniu tym niezbędna jest odpowiednia edukacja począwszy od grup przedszkolnych i szkolnych poprzez uruchamianie dedykowanych kierunków na uczelniach wyższych, aż do upowszechniania materiałów edukacyjnych przystępnych dla konsumentów. W sektorze energii i obszarze produkcji przemysłowej niezbędne jest szybkie wprowadzenie metod pozwalających w ustandaryzowany do pewnego poziomu sposób w wyznaczaniu śladu środowiskowego. Toczące się obecnie procesy związane z transformacją cyfrową, mieszczące się pod hasłem Przemysł 4.0, dotyczące monitorowania śladu środowiskowego znacząco pomagają w rozwiązaniu tej kwestii. Jednak, aby tak się stało, musi zostać podniesiona świadomość potrzeb monitorowania efektywności surowcowej realizowanej produkcji. Niestety, obecnie problemy są zlokalizowane na wcześniejszym etapie, tzn. należytego monitorowania potencjału oszczędności energii, czyli ogólniej mówiąc – efektywności energetycznej. Jej poprawa i świadomość jej bieżącego potencjału są bowiem nieodłącznym i zarazem podstawowym elementem wielokrotnie przywołanej neutralności klimatycznej.

W najbliższym czasie, tzn. na przełomie roku 2022/2023, powróci po czterech latach obowiązek dla podmiotów, które nie posiadają statusu małego i średniego przedsiębiorstwa – realizacja audytu energetycznego zgodnie z ustawą o efektywności energetycznej. Działanie to, jak żadne inne narzucone prawnie, ma synergiczną właściwość bazującą na ukierunkowanym przeglądzie technologii, w celu identyfikacji potencjału oszczędności efektywności energetycznej, surowcowej, a także obszarów do zastosowania atrybutów Przemysłu 4.0, których zasadność jest potwierdzona rachunkiem ekonomicznym [15].

Przy aktualnym zapotrzebowaniu na paliwa kopalne, w tym również na węgiel kamienny, szanse dla polskiego górnictwa są ogromne. Należy je w miarę możliwości jak najszybciej wykorzystać, lecz aby się to dokonało, trzeba przygotować globalną strategię rozwoju polskich kopalń z długofalowym wyprzedzeniem i uwzględnieniem najnowocześniejszych trendów panujących w technice. Jednym z tych trendów jest cyfryzacja, polegająca na systemowym monitorowaniu parametrów pracy poszczególnych maszyn i urządzeń w podziemiach kopalń, ale także monitorowania stężenia gazów w atmosferze kopalnianej, jak również przewidywania zagrożeń mających swe podłoże w warunkach górniczo-geologicznych. Obecne środki techniczne, takie jak np. sieci światłowodowe, pozwalają na wdrożenie zaproponowanych wcześniej rozwiązań, jednakże zalecenia te trzeba wdrażać na coraz większą skalę, wdrażanie to musi być połączone z wyszkoleniem załóg górniczych, w świadomości których panuje nadal przekonanie co do minimalizacji elektroniki w świecie technicznym. Należy również dążyć,

w szczególności tam, gdzie warunki pracy są najtrudniejsze i najbardziej niebezpieczne, do zastosowania w pełni autonomicznych maszyn wydobywczych, tak aby ograniczyć ilość osób przebywających w wyrobisku ścianowym, do minimum.

W kwestii odstawy urobku warto zadbać o regularne powiększanie pojemności zbiorników przyszybowych, a tam gdzie to możliwe, zaplanować budowę pochylni transportowych, umożliwiających uzyskiwanie relatywnie dużych zdolności transportowych, bowiem jak wiadomo, szyb górniczy stanowi tak zwane „wąskie gardło”, przez które musi przepłynąć strumień urobku wydobytego w wyrobiskach ścianowych na powierzchnię kopalni. Tylko pochylnie transportowe, w których zainstalowane będą wysokowydajne przenośniki taśmowe lub pochylniami tymi będą kursowały wozy odstawcze, mogą zapewnić uzyskanie naprawdę wysokich wydajności w odstawie urobku. Trzeba pamiętać, że maszyny transportowe – a więc przenośniki taśmowe, stanowiące element transportu poziomego, jak również i urządzenia wyciągowe, stanowiące element transportu pionowego, również wymagają cyfryzacji, ponieważ tworzą one spójny system, zarządzanie, którym nie jest wcale proste. Dopiero wykorzystanie cyfrowych maszyn obliczeniowych pozwoliło na racjonalne korzystanie z systemów i podsystemów transportowych kopalń, co z kolei znalazło swoje odbicie w ekonomice wydobywania.

# 5

## Analiza SWOT/TOWS dla sektora górnictwa w Polsce

Wykonana analiza SWOT/TOWS dotyczy sektora górnictwa w Polsce, obrazująca (analiza) najważniejsze cechy obecnej sytuacji w jakiej znajduje się górnictwo. Analiza SWOT/TOWS jest metodą, w której wskazywane są czynniki charakteryzujące np. dany sektor, przedsiębiorstwo, czyli czynniki wewnętrzne (siły oraz słabości) oraz czynniki zewnętrzne przypisane do otoczenia (szanse oraz zagrożenia). Celem wykonanej analizy jest określenie aktualnej sytuacji sektora, przedsiębiorstwa, a także wskazanie odpowiedniej strategii funkcjonowania w przyszłości. Pierwsze litery nazwy metody SWOT/TOWS, wywodzą się od angielskich słów: strengths (mocne strony), weaknesses (słabe strony), opportunities (szanse) oraz threats (zagrożenia). Wykonując analizę SWOT analizuje się czynniki „od wewnątrz do zewnątrz”, które wskazują odpowiedź na pytanie, jak dane czynniki wewnętrzne (mocne i słabe strony) oddziałują na czynniki zewnętrzne (szanse i zagrożenia). Natomiast wykonując analizę TOWS analizowane są czynniki „od zewnątrz do wewnątrz”, które wskazują, jak otoczenie zewnętrzne oddziałuje na dany sektor, przedsiębiorstwo [3, 5, 14].

W pierwszej kolejności podczas analizy zidentyfikowano wszystkie cztery obszary funkcjonalności sektora odnośnie do **słabych stron, mocnych stron, szans oraz zagrożeń**. Dla każdego z obszaru zidentyfikowano kolejno czynniki charakteryzujące obecnie sektor górnictwa w Polsce. Czynniki te wraz z przypisanymi do nich wagami zamieszczono w tabeli 9 (mocne strony oraz szanse) oraz tabeli 10 (słabe strony oraz zagrożenia).

Tabela 9. Czynniki analizy SWOT/TOWS – mocne strony oraz szanse

Waga	Oznaczenie	Czynniki wewnętrzne	Waga	Oznaczenie	Czynniki zewnętrzne
1	2	3	4	5	6
1,00		<b>Mocne strony</b>	1,00		<b>Szanse</b>
0,05	S1	gromadzenie danych w czasie rzeczywistym ze wszystkich maszyn, urządzeń w kopalniach	0,05	O1	zwiększenie bezpieczeństwa pracowników (górników)
0,05	S2	monitorowanie procesów wydobywczych	0,07	O2	zastosowanie nowych technologii
0,05	S3	wdrożone systemy kompleksowej eksploatacji złóż w kopalniach	0,06	O3	zastosowanie baz danych

1	2	3	4	5	6
		Mocne strony			Szanse
0,04	S4	systemy lokalizacji ludzi oraz urządzeń w kopalniach	0,05	O4	wzrost wydajności pracy
0,04	S5	systemy monitorowania maszyn	0,05	O5	budowa systemu analizy funkcjonowania kopalń
0,05	S6	systemy gazometrii automatycznej (metanomierze)	0,06	O6	system monitoringu zmian składu powietrza i zjawisk sejsmicznych
0,05	S7	systemy sejsmiczne i wodne (monitoring)	0,06	O7	wprowadzenie czujników przy maszynach
0,05	S8	możliwość sprzedaży węgla przez portale internetowe	0,05	O8	wprowadzenie czujników metanowych (o większej dokładności, czułości)
0,04	S9	spora ilość składów węglowych (dystrybucja węgla)	0,06	O9	problem z alternatywnymi źródłami energii
0,07	S10	współpraca z firmami wykonującymi serwis/przegląd maszyn i urządzeń	0,04	O10	rytmika procesu wydobywczego
0,07	S11	współpraca z dostawcami materiałów, części, materiałów wybuchowych	0,06	O11	oprogramowanie wspierające rozwiązania dla górnictwa
0,07	S12	jakość węgla oraz pokłady węgla koksującego	0,07	O12	pozyskanie środków finansowych
0,07	S13	węgiel o małej zawartości siarki i części lotnych	0,05	O13	optymalizacja systemu odstawy urobku (odstawy pionowej)
0,06	S14	wzbogacanie węgla na terenie kopalni	0,06	O14	zastosowanie pochylni
0,07	S15	pokłady węgla, z których uzyskuje się gruby sortyment	0,06	O15	modernizacja skipów
0,06	S16	kamień (skała płonna) jest produktem, nie odpadem (budowa dróg, torowisk, podtorza)	0,06	O16	powiększanie szybów
0,06	S17	brak lokowania odpadów (kamienia)	0,05	O17	zastosowanie lekkich, ale wytrzymałych materiałów na skipy
0,05	S18	sprawny transport węgla koleją lub transportem drogowym	0,04	O18	prywatyzacja kopalń i wpuszczenie kapitału zagranicznego

Tabela 10. Czynniki analizy SWOT/TOWS – słabe strony oraz zagrożenia

1,00	Oznaczenie	Słabe strony	1,00	Oznaczenie	Zagrożenia
1	2	3	4	5	6
0,04	W1	rosnące koszty utrzymania	0,04	T1	długie czasy wdrożenia rozwiązań
0,04	W2	niepewność rynku	0,04	T2	brak wsparcia we wdrażaniu nowych rozwiązań
0,04	W3	wysokie koszty wydobycia	0,05	T3	kosztowne wdrażanie rozwiązań
0,04	W4	w większości kopalnie metanowe	0,03	T4	możliwość wycieku danych z baz danych
0,04	W5	trudne warunki geologiczne (górnictwo)	0,03	T5	brak zintegrowanych baz danych
0,03	W6	wycieki metanu, pożary, zagrożenia wodne	0,03	T6	brak odpowiedniej analizy danych
0,03	W7	brak integracji danych oraz odpowiedniego ich analizowania	0,05	T7	trudne warunki podziemne (górnictwo-geologiczne)
0,04	W8	brak integracji wdrożonych rozwiązań (rozwiązania od kilku producentów jednocześnie)	0,05	T8	odchodzenie od górnictwa (od paliw kopalnianych)
0,03	W9	brak unifikacji i synchronizacji danych	0,05	T9	brak finansowania nowych rozwiązań
0,04	W10	brak nowoczesnej infrastruktury	0,05	T10	trudności z uzyskaniem dofinansowania
0,04	W11	za mało okablowania dla wprowadzenia nowych rozwiązań (czujniki itd.)	0,05	T11	ograniczenie zatrudnienia specjalistów na kopalniach
0,04	W12	brak zatrudnionych specjalistów ds. mechatroniki, automatyki, informatyki	0,05	T12	brak specjalistycznego wykształcenia pracowników odnośnie mechatroniki, informatyki
0,03	W13	brak jednakowych warunków w kopalniach	0,04	T13	brak lub mało wdrożonych rozwiązań cyfrowych, mechatronicznych
0,04	W14	brak szkoleń dla kadr (dotyczących mechatroniki, cyfryzacji)	0,05	T14	ograniczona możliwość wdrożenia rozwiązań cyfrowych z powodu warunków pod ziemią



1	2	3	4	5	6
0,03	W15	brak ośrodków badawczo-rozwojowych lub mały ich udział odnośnie mechatroniki, automatyzacji, informatyki	0,03	T15	brak infrastruktury kablowej/ internetowej
0,03	W16	brak usystematyzowania procedur zatrudnienia, napraw, przepływu dokumentacji	0,05	T16	rygorystyczne przepisy prawa odnośnie kopalń
0,03	W17	długi czas przepływu dokumentacji	0,05	T17	rygorystyczne przepisy prawa odnośnie ekologii
0,03	W18	długoterminowe umowy z dostawcami (bez aktualizacji cen)	0,04	T18	ciągła zmiana przepisów
0,03	W19	ograniczony sposób dystrybucji	0,04	T19	brak stabilizacji na rynku
0,04	W20	ograniczony sposób wydobycia węgla	0,05	T20	inflacja, stopy procentowe, kurs walut
0,03	W21	dostarczanie powietrza, wody do podziemi	0,04	T21	koszt zakupu oprogramowania oraz licencji
0,03	W22	odpompowanie wody, powietrza z podziemi	0,05	T22	awarie
0,03	W23	brak delegowania uprawnień (relacje paternalistyczne)	0,04	T23	wysoki koszt zakupu energii elektrycznej
0,03	W24	deformacja i degradacja powierzchni			
0,04	W25	konieczność uzyskania pozwoleń (na wydobycie)			
0,04	W26	praca na dużych głębokościach (stopień geotermiczny)			
0,03	W27	odpady powydobywcze			
0,03	W28	przetargi			
0,03	W29	zła struktura płac			

W kolejnym etapie analizy opracowano tabele powiązań czynników. W związku z tym rozpoczęto od analizy powiązań odnośnie do mocnych stron oraz szans (tabela 11).

W kolejnej tabeli 19 pokazano zbiorcze wyniki analizy.

Tabela 11. Zbiorcze wyniki analizy SWOT/TOWS

Kombinacja	Wyniki analizy SWOT		Wyniki analizy TOWS		Zestawienie zbiorcze SWOT/TOWS	
	Suma interakcji	Suma iloczynów	Suma interakcji	Suma iloczynów	Suma interakcji	Suma iloczynów
Mocne strony [S]/ Szanse [O]	162	8,68	160	8,71	322	17,39
Mocne strony [S]/ Zagrożenia [T]	78	3,71	276	12,78	354	16,49
Słabe strony [W]/ Szanse [O]	320	14,57	90	4,14	410	18,71
Słabe strony [W]/ Zagrożenia [T]	284	11,11	396	15,98	680	27,09

Natomiast zbiorcze wyniki wskazujące na strategię pokazano w tabeli 20.

Tabela 12. Wyniki analizy SWOT/TOWS ze wskazaniem strategii

	Szanse	Zagrożenia
Mocne strony	Strategia rozwojowa	Strategia konkurencyjna
	Liczba interakcji	Liczba interakcji
	322	354
	Ważona liczba interakcji	Ważona liczba interakcji
	17,39	16,49
Słabe strony	Strategia trendu	Strategia naprawcza
	Liczba interakcji	Liczba interakcji
	410	680
	Ważona liczba interakcji	Ważona liczba interakcji
	18,71	<u>27,09</u>

W analizie SWOT/TOWS możliwe są do osiągnięcia cztery strategie: strategia rozwojowa, strategia konkurencyjna, strategia trendu oraz strategia naprawcza. Strategia rozwojowa oznacza strategię, w której wskazany jest rozwój sektora, przedsiębiorstwa, wykorzystując możliwe szanse pojawiające się na rynku oraz mocne strony. Jest to działanie aktywne reali-

zujące założenia ciągłego rozwoju. Strategia konkurencyjna jest strategią aktywnego rozwoju w wybranym obszarze np. cena, jakość, obsługa klienta. Pomimo zagrożeń, realizowany jest rozwój dzięki posiadanym mocnym stronom. Natomiast kolejna strategia, to strategia trendu. W tej strategii realizowane jest tzw. podążanie za modą, trendem, który kreowany jest przez rynek, np. kłopoty energetyczne i kupowanie każdego dostępnego węgla po każdej cenie. Ostatnia strategia to strategia naprawcza. Strategia ta charakteryzuje się np. reorganizacją działalności lub też w niektórych przypadkach likwidacją. Wymagane są działania naprawcze, które pomogą przetrwać zagrożenia, nawet przy zdiagnozowanych słabych stronach.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą SWOT/TOWS, uzyskany został wynik (27,09), który wskazuje na strategię WT (Weaknesses – Threats, inaczej strategia naprawcza lub mini – mini). Oznacza to, że strategia ta jest zorientowana na działania naprawcze, redukcję wewnętrznych słabości oraz unikanie zagrożeń. Elementy, które stwarzają dla firmy niebezpieczeństwo wystąpienia niekorzystnych zmian, nie paraliżują jeszcze działania organizacji oraz nie obniżają jej pozycji na dziś, jednak mogą do tego doprowadzić w dalszej perspektywie czasowej. W związku z tym rekomendowane są pewne działania naprawcze, które poprawią obecną pozycję funkcjonowania sektora na rynku i wdrożenie pewnych rozwiązań np. w formie transformacji cyfrowej w Polsce. Transformacja cyfrowa sektora węglowego wpłynęłaby zarówno na poprawę struktury kosztowej, jak i efektywność funkcjonowania tego sektora w warunkach współczesnej gospodarki.

Dekalog rekomendacji dla sektora:

- 1 Analiza realizowanych operacji finansowych (analiza struktury kosztów).
- 2 Ograniczenie płac i skierowanie pracujących załóg do wykonywania tylko najbardziej niezbędnych prac fizycznych, w kontekście postępującej cyfryzacji.
- 3 Wdrożenie planu naprawczego, głównie w sektorze zatrudnienia, poprzez redukcję zbędnych etatów.
- 4 Analiza stanu infrastruktury, wdrożonych nowoczesnych rozwiązań w kopalniach, pod kątem energochłonności oraz niezawodności i trwałości, w kontekście stosowania nowoczesnych, trwałych materiałów.
- 5 Nawiązanie szerszej współpracy z firmami, ośrodkami badawczymi, uczelniami w celu wdrożenia innowacyjnych rozwiązań.
- 6 Wdrożenie szkoleń dla pracowników odnośnie do nowych technologii cyfrowych.
- 7 Propozycja zastosowania energooszczędnych technologii wydobycia urobku w ścianach wydobywczych.
- 8 Utrzymanie jakości wydobywanego urobku, głównie poprzez zapewnienie urobku o jak najgrubszym sortymencie.
- 9 Zastosowanie optymalizacji sterowania cyfrowego w nawiązaniu do transportu poziomego oraz pionowego urobku wydobywanego w kopalniach.
- 10 Zwiększenie koncentracji wydobycia w polach wydobywczych, z zastosowaniem nowoczesnych urządzeń cyfrowych, służących między innymi, do ochrony przed zagrożeniami **górnictwo-geologicznymi**.

## **Część II**

**Przegląd międzynarodowy oraz krajowy dobrych praktyk związanych z wykorzystaniem technologii cyfrowych w sektorze węglowym**






# 1

## Identyfikacja dobrych praktyk międzynarodowych i krajowych

### 1.1. Przekształcenie terenów po Kopalni Węgla Kamiennego Gliwice

Centrum Biznesu i Edukacji „Nowe Gliwice” GAPR Sp. z o.o. znajduje się w niewielkiej odległości od centrum Gliwic, na terenie byłej Kopalni Węgla Kamiennego „Gliwice”, stanowiąc przykład udanej zmiany przeznaczenia kompleksu budynków górniczych. Jednym z negatywnych skutków procesu restrukturyzacji tradycyjnych gałęzi przemysłu, szczególnie kopalni węgla na Śląsku w latach 90-tych, było pojawienie się silnie zdegradowanych terenów i obiektów poprzemysłowych. Mieszkańcy tych terenów byli również zagrożeni wykluczeniem społecznym spowodowanym nieuchronnym bezrobociem strukturalnym. Za szczególnie ważne dla przezwyciężenia wyzwań spowodowanych restrukturyzacją uznano rekultywację i zagospodarowanie terenów pogórnich poprzez wprowadzenie nowych funkcji gospodarczych i społecznych, co z kolei stymulowałoby tworzenie nowych miejsc pracy. Przypadek „Nowych Gliwic” wskazuje, że przy odpowiednich warunkach możliwe jest wdrożenie kompleksowego projektu rewitalizacji łączącego działania związane z rewitalizacją obiektów poprzemysłowych ze wsparciem udzielanym małym i średnim przedsiębiorstwom oraz uczelniom wyższym. Projekt „Nowe Gliwice”, którego realizacja przypadała na lata 2005–2009, obejmował dwa elementy: rekultywację i rewitalizację około 16 ha gruntów oraz modernizację 4 budynków. Koszt projektu wyniósł 24 mln EUR, w tym 9,5 mln EUR wsparcia z europejskich funduszy strukturalnych [22]. Zrewitalizowany obszar i budynki zostały podzielone na dwie strefy: edukacyjną i biznesową.

Wynikiem realizacji projektu są [22]:

-  Pomieszczenia biurowe o powierzchni od 30 do 100 m<sup>2</sup>.
-  Strefy inwestycyjne.
-  10 sal szkoleniowych, które mogą pomieścić od 16 do 70 osób.
-  5 sal wykładowych, które mogą pomieścić od 78 do 301 osób.
-  Strefa wystawowa o powierzchni 235 m<sup>2</sup>, którą można zaaranżować zgodnie z potrzebami wystawcy.



Obecnie na terenie „Nowych Gliwic” działa 45 przedsiębiorstw z branż takich jak elektronika, energetyka, telekomunikacja, informatyka i lotnictwo.

Sukces „Nowych Gliwic” wynika z kilku czynników. Kompleks znajduje się w dogodnej odległości od centrum miasta i w pobliżu ważnych arterii komunikacyjnych. Przedsiębiorstwa inwestujące w strefie mają dostęp do lokalnego rynku pracy i wykwalifikowanego personelu, wykształconego na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. Mogą one również skorzystać z bliskości potencjalnych partnerów biznesowych zlokalizowanych w aglomeracji śląskiej. Nie licząc powierzchni biurowych i strefy inwestycyjnej, sam kompleks oferuje przedsiębiorcom atrakcyjne miejsce do organizacji dużych konferencji, sesji szkoleniowych, warsztatów, targów i wystaw, a także małych spotkań i prezentacji. Ponadto teren i obiekty „Nowych Gliwic” są zarządzane przez jeden podmiot – Górnośląską Agencję Przedsiębiorczości i Rozwoju Sp. z o.o. [22].

## 1.2. Kopalnia Węgla Kamiennego „Krupiński”

Kopalnia Węgla Kamiennego „Krupiński” posiadała jedno z największych złóż węgla w Polsce. Po trzydziestu czterech latach działalności kopalnia zaprzestała eksploatacji w marcu 2017 r., kiedy została przekazana Spółce Restrukturyzacji Kopalń (SRK) w Bytomiu, państwowemu podmiotowi zajmującemu się likwidacją i zarządzaniem majątkiem likwidowanych kopalń. Zgodnie z nowym harmonogramem proces likwidacji obiektu zakończy się w 2022 r. Po zamknięciu kopalni pozostał obszar o powierzchni ok. 230,4 ha położony w gminie Suszec tradycyjnie związanej z górnictwem. Zakończenie eksploatacji znacząco wpłynęło na lokalną gospodarkę, spójność społeczną, a szczególnie na rynek pracy. W 2019 r. SRK (obecny właściciel kopalni Krupiński), Katowicka Specjalna Strefa Ekonomiczna, Gmina Suszec i Jastrzębska Spółka Węglowa (ostatni właściciel obiektu wydobywający węgiel) podpisały porozumienie, powołując komitet sterujący w celu zaprojektowania i koordynacji zagospodarowania terenu. Główną koncepcję i kierunek transformacji opracowano w formie obszernego dokumentu zatytułowanego „Nowa Energia. Suszec”, w którym podkreślono potencjał byłej kopalni pod względem wytwarzania energii odnawialnej.







Koncepcja ta dobrze wpisuje się w kluczowe strategie i polityki unijne, krajowe i regionalne, kładąc nacisk na tworzenie nowych miejsc pracy, gospodarkę o obiegu zamkniętym i zrównoważoną energię. Uznaje też, że społeczność Suszca potrzebuje nowej lokalnej tożsamości, która zastąpi długą tradycję górnictwa tej miejscowości. Teren byłej kopalni został podzielony na pięć obszarów tematycznych/funkcjonalnych, odpowiadających nowym koncepcjom ponownego wykorzystania, takich jak strefy aktywności gospodarczej, obiekty mieszkalne, wypoczynkowe i rekreacyjne [22].

## 1.3. Rewitalizacja kompleksu przemysłowego Dolní Vítkovice (Czechy)

Dolní Vítkovice to narodowy zabytek dziedzictwa przemysłowego położony w dzielnicy Ostrawy Vítkovice w Czechach, gdzie w latach 1828-1998 wydobywano węgiel i produkowano surówkę żelaza. Obszar obejmuje strefę przemysłową, hutę Vítkovice i unikatowy zbiór architektury industrialnej. W ciągu ostatniej dekady na rewitalizację obszaru Dolní Vítkovice przeznaczono

80 mln EUR pochodzących z unijnych funduszy strukturalnych, dotacji państwowych i prywatnych inwestycji. Dolní Vítkovice są obecnie drugim najczęściej odwiedzanym obiektem kulturalnym w Czechach, po Pradze (z ponad 1,5 mln odwiedzających w 2017 r.). To przykład udanego przekształcenia byłego kompleksu górniczego i przemysłowego w centrum edukacyjne, kulturalne i społecznościowe o zasięgu międzynarodowym. Przykład ten pokazuje, że budowanie strategii silnego zaangażowania interesariuszy wokół ważnych inicjatyw i budowanie wspólnej wizji to kluczowe elementy udanej przemiany dziedzictwa przemysłowego [22].

Jeśli chodzi o oddziaływanie, zmiana przeznaczenia kompleksu Dolní Vítkovice doprowadziła do powstania nowych przedsiębiorstw świadczących usługi powiązane z procesem rewitalizacji i stworzyła nowe miejsca pracy w projektach związanych z kreatywnym przemysłem, agendą cyfrową, turystyką i nauką. Stworzono również dostosowane do potrzeb szkół programy edukacyjne, które przyciągnęły szeroki wachlarz odwiedzających. Obecnie kompleks Dolní Vítkovice składa się z:

-  Centrum Nauki i Techniki zlokalizowanego w byłej stacji energetycznej oraz w nowo wybudowanym specjalnie do tego celu budynku (jedynym w całym kompleksie). Można w nim podziwiać ponad 100 interaktywnych eksponatów, które w zajmujący sposób przybliżają naukę i technologię.
-  Centrum Kongresowe dla 1 500 osób zbudowanego w 100-letnim nieużywanym zbiorniku gazu.
-  Bolt Tower, wieży zbudowanej na szczycie dawnego wielkiego pieca, która nawiązuje do historii produkcji żelaza w tym miejscu i zapewnia widok na Ostrawę i okolice.
-  Centrum Kreatywnego Hlubina zajmującego dawne budynki administracyjne. Centrum jest multidyscyplinarnym ośrodkiem kulturalnym, w którym znajdują się kina, sale prób muzycznych i studio nagrań, sale wystawowe, sale taneczne i ścianka wspinaczkowa.
-  Trojhalí Karolina, zespołu trzech hal, który pierwotnie służył jako elektrownia dostarczająca energię elektryczną do sąsiadujących hut żelaza, kopalni i zakładów przemysłowych, a obecnie jest ośrodkiem sportowo-rekreacyjnym.
-  Parku Landek, w którym znajduje się muzeum górnictwa, strefa sportu i rekreacji wraz z kempingiem i zapleczem gastronomicznym.

Rewitalizacja Dolní Vítkovice pokazuje, że adaptacja zabytkowych budynków przemysłowych wymaga zapewnienia przywództwa, współpracy różnych zainteresowanych stron (np. polityków, sektora prywatnego, uczelni i społeczności lokalnych), a także stworzenia wspólnej wizji. Proces rewitalizacji kompleksu Dolní Vítkovice został pierwotnie zainicjowany i prowadzony przez prywatnego właściciela terenu, lokalnego przedsiębiorcę, który podpisał umowę z Instytutem Dziedzictwa Narodowego i zaangażował uznanych architektów do opracowania wizji obiektu, co z kolei doprowadziło do zwiększonego zaangażowania interesariuszy. Sukces rewitalizacji Dolní Vítkovice jest w znacznej mierze efektem stworzenia świetnie wykwalifikowanego i wyposażonego zespołu powołanego do opracowania koncepcji zagospodarowania, planowania, projektowania i zarządzania dużymi projektami, a także dążenia do synergii.

Rewitalizacja obejmowała przez lata dziesiątki projektów z różnych dziedzin, połączonych wspólną wizją dla obszaru i stopniowo nadawała pierwotnym obiektom nowe funkcje.








#### **1.4. Rewitalizacja kopalni węgla kamiennego, Limburgia (Belgia)**

Na rozwój i charakter lokalnej gospodarki oraz społeczności w Limburgii głęboki wpływ wywarło siedem dużych kopalni węgla kamiennego. Odkrycie złóż węgla w roku 1902 doprowadziło do gwałtownych zmian społeczno-gospodarczych i rozwoju przemysłu w regionie, który miał wcześniej zasadniczo wiejski charakter. W efekcie kopalnie węgla stały się sensem istnienia środkowej Limburgii w XX w. Z tego powodu kluczowe znaczenie miała restrukturyzacja i zmiana przeznaczenia obiektów kopalnianych po nagłym zakończeniu ich działalności w latach 1985–1989. Przypadek ten pokazuje, że decyzje polityczne powinny uwzględniać długoterminową, zintegrowaną perspektywę regionalną w celu zmiany przeznaczenia obiektów przemysłowych. Należy też zintegrować inicjatywy oddolne z odgórnymi i dążyć do aktywnego zaangażowania miejscowej społeczności.

Co więcej, podkreśla potrzebę koordynacji, specjalizacji i komplementarności pomiędzy gminami, kiedy proces dotyczy kilku regionalnych terenów przemysłowych. Siedem kopalń zostało już z powodzeniem przekształconych i dostosowanych do nowych funkcji, niemniej wiele pozostaje jeszcze do zrobienia. Każda z nich ma odrębny cel ekonomiczny, co zminimalizowało powielanie i błędne angażowanie funduszy i działań w tych kopalniach. Rozwój zróżnicowanych stref ekonomicznych pozwolił na utworzenie setek nowych miejsc pracy, w powiązaniu na przykład z energią i czystymi technologiami, turystyką, sztuką i kulturą, nowymi przedsiębiorstwami, badaniami i edukacją. W latach 1993–1994 gminy Limburgii zorganizowały i koordynowały program dni studyjnych w celu zaangażowania i zmobilizowania społeczności lokalnych. Program ten ułatwiał tworzenie oddolnych wizji rozwoju.

Konferencjom i seminariom, na których wyjaśniali nowe koncepcje i możliwości, towarzyszyły spotkania grup roboczych będące okazją do tworzenia i weryfikowania innowacyjnych koncepcji wspólnie z mieszkańcami. W ten transparentny i kolektywny proces silnie zaangażowali się burmistrzowie Limburgii, którzy przyjęli podejście oparte na konsultacji i współpracy. Kolejnym krokiem było stworzenie platformy regionalnej (1994–2000), za pośrednictwem której burmistrzowie i władze miejskie mogły omawiać problemy związane z rozwojem i dzielić się rozwiązaniami zarówno w sposób formalny, jak i nieformalny. Wspólny dialog i konsultacje miały szczególne znaczenie w ocenie możliwości ponownego wykorzystania zasobów górniczych oraz zrozumieniu, jak można je wykorzystać na szczeblu regionalnym. Platforma regionalna umożliwiła władzom miejskim i potencjalnym promotorom projektów przyjęcie pragmatycznego i nieformalnego, lecz mimo to skutecznego podejścia do stworzenia planu generalnego dla wszystkich obiektów: określenia jednego tematu przewodniego dla każdej z dawnych kopalni. Rewitalizacja dawnych kopalń była subsydiowana, m.in. kwotą 217 mln EUR przyznaną przez rząd flamandzki. Umożliwiło to opracowanie szeroko zakrojonego planu inwestycyjnego. Rząd zapewnił również zachęty podatkowe i dotacje dla przedsiębiorstw i uczelni działających na tym terenie. W celu sfinansowania tych dotacji stworzono Zintegrowany Instrument Terytorialny (ZIT), dzięki któremu możliwe też było skorzystanie z wielu funduszy unijnych (EFS, EFRR i Funduszu Spójności).

W każdej z siedmiu kopalń określono odrębny temat przewodni, który wyznaczał kierunek zagospodarowania terenu i przyczyniał się do rozwoju na szczeblu lokalnym i regionalnym, dywersyfikacji działalności, włączeniu rozmaitych podmiotów oraz zmiany profilu regionu. Tego typu podejście promowało skoncentrowane wykorzystanie zasobów, jednocześnie ograniczając niebezpieczeństwo powielania działań, wzajemnych konfliktów i rywalizacji (np. w zakresie przyciągania inwestycji) [22]. Ponadto nowe podejście do rozwoju regionalnego oraz sposób jego opisu były wykorzystywane w komunikacji z władzami wyższego szczebla, wspomagając skoordynowane, skuteczne zabieganie o fundusze krajowe i unijne. Indywidualne kierunki rozwoju dla tych siedmiu obiektów to:

-  Beringen: historia i dziedzictwo (muzeum) oraz rekreacja (turystyka i handel detaliczny).
-  Eisdien: rozwój środowiska naturalnego (park narodowy z ośrodkiem badań i klimatem), rekreacja i handel detaliczny.
-  Houthalen: kampus czystych technologii powiązany z inkubatorem przedsiębiorczości.
-  Waterschei: energetyka (wraz z ośrodkami badawczymi i szkoleniowymi).
-  Winterslag: kultura (sztuka, sale teatralne, kino, szkolnictwo wyższe artystyczne).
-  Zolder: kształcenie, szkolenie i badania naukowe w dziedzinie „zrównoważonego budownictwa”.
-  Zwartberg: sztuka i różnorodność biologiczna.

## 2 | Praktyczne zastosowanie dobrych praktyk na potrzeby polskich przedsiębiorstw





### 2.1. Dobre praktyki – definicja ogólna i zakres stosowania

**O**kreślenie dobrych praktyk w przypadku branży górniczej jest bardzo trudne, gdyż działania każdej z kopalń w silnym stopniu uzależnione są od warunków górniczo-geologicznych. Jednakże w przypadku cyfryzacji problematyka ta jest trochę bardziej uniwersalna, wobec czego możliwym jest wskazanie kilku generalnych ich uwarunkowań.

Jednakże na wstępie należałoby odnieść się do definicji dobrej praktyki w rozumieniu niniejszego opracowania. **W ujęciu tego raportu dobre praktyki to zestaw wytycznych, których wdrożenie powinno przynieść polepszenie wskaźników działalności.** Dlaczego w raporcie wskazuje się na wytyczne, a nie na standardy postępowania. Wynika to z faktu, iż w dobie obecnej transformacja cyfrowa dopiero wkracza do przedsiębiorstw. Stąd też jeszcze nie ukształtowały się trwałe standardy postępowania w tym zakresie, na co wskazała analiza literaturowa.

Dobre praktyki dotyczą albo sposobu wykonania, albo sposobu skonfigurowania czegoś. W przypadku niniejszego raportu dobre praktyki, wskazane poniżej, dotyczą sposobu wykonania zadania. Ze względu na wczesny etap cyfryzacji górnictwa na świecie dobre praktyki nie mogą jeszcze dotyczyć sposobów konfiguracji. Brak jest w tym zakresie danych. Będą one wypracowane najpewniej w ciągu kilku najbliższych lat.




Wskazane w opracowaniu dobre praktyki to w pewnym zakresie optymalny i racjonalny sposób pracy, sposób wykorzystania produktu lub zestaw ideałów, do których należy dążyć. Powinny być one poddawane regularnym przeglądom, gdyż rewolucja cyfrowa ciągle biegnie i ciągle powstają nowe rewolucyjne rozwiązania zmieniające optykę działania. Odnosząc się do tego można wskazać na kilka kroków postępowania w przypadku dobrych praktyk:

-  analizuj ich aktualność,
-  komunikuj pracownikom ich cel,
-  zbieraj informacje o ich stosowaniu,
-  mierz ich wpływ na działania organizacji.







Tylko w ten sposób stosowane dobre praktyki nie ulegną dezaktualizacji. Zawsze też, w sposób ciągły, należy poszukiwać nowych dobrych praktyk.

Ostatnią omawianą kwestią jest zagadnienie odnoszące się do stosowanej metodologii określania dobrych praktyk. W niniejszym opracowaniu przyjęta została uproszczona metodologia Bretschneidera. Można ją sprowadzić do następującego schematu działania:

-  określenie kompletności analizowanego rozwiązania,
-  określenie porównywalności lub inaczej kompatybilności danego rozwiązania,
-  określenie głównych charakterystyk analizowanego rozwiązania.

W tym zakresie przeprowadzono analizę rozwiązań stosowanych w różnych przedsiębiorstwach górniczych oraz realizowane obecnie projekty wdrożeniowe, a także badawcze. Dzięki temu udało się zidentyfikować kilka obszarów, w zakresie których możliwe jest wskazanie dobrych praktyk związanych z cyfrową transformacją branży górniczej. W ramach tych obszarów wskazano na stosowane rozwiązania, które cechuje większa uniwersalność i możliwa wyższa trwałość stosowania. Te rozwiązania wskazano jako dobre praktyki. Te wyodrębnione obszary obejmują następujące elementy technologii cyfrowej:

-  integracja całości systemów kopalni,
-  systemy analizy danych nowej generacji,
-  automatyzacja i robotyzacja procesów,
-  cyfrowo zarządzane operacje.

Poniżej omówione zostaną dobre praktyki wskazane w ramach wyróżnionych czterech obszarów transformacji cyfrowej.

## 2.2. Dobre praktyki w zakresie integracji całości systemów kopalni

Integracja systemów kopalni to dwa osobne zadania. Po pierwsze jest to łączenie operacji, warstw systemów IT oraz oprogramowania, które obecnie działa w izolacji w celu poprawy wydajności operacyjnej, procesów logistyki i optymalizacji kosztów. Często wiąże się to z integracją technologii informacyjnej (IT) i technologii operacyjnej (OT), cyberbezpieczeństwem zasobów i pozyskiwaniem zasobów oraz wymianą danych, taką jak technika blockchain. Drugim zadaniem jest tworzenie systemu Internetu Rzeczy, wraz z odpowiednimi czujnikami i węzłami sieci. W ramach tego obszaru wskazać można na następujące dobre praktyki:

- 1** Budowa odpornej sieci internetowej, pozwalającej na niezawodne przekazywanie danych w warunkach kopalni, z uwzględnieniem połączeń przewodowych i bezprzewodowych. Sieć taka musi cechować się redundancją, dynamiką, pracą w warunkach czasu prawie rzeczywistego oraz dwukierunkowością działania. Taka sieć pozwoli dopiero na bieżące monitorowanie zarówno warunków geologicznych, jak i procesów działania w kopalni.

- 2 Opracowanie odpornych urządzeń strefy brzegowej Internetu Rzeczy, pozwalających na wstępne przetwarzanie pozyskiwanych danych.
- 3 Opracowanie systemu chmurowego pozwalającego na obsługę całości pozyskiwanych danych. Tym samym możliwe będzie monitorowanie warunków geologicznych i procesów działania kopalni z wielu terminali przez całość upoważnionych osób jednocześnie.
- 4 Opracowanie formatów wymiany danych w celu umożliwienia ich automatycznej obróbki przez wiele systemów IT, w tym systemów brzegowych i systemów chmurowych, a także przez systemy izolowane.
- 5 Opracowanie standardów cyberbezpieczeństwa systemów informatycznych działających w ramach zintegrowanej platformy.

### 2.3. Dobre praktyki w zakresie systemów analizy danych nowej generacji

Wykorzystanie do analizy danych systemów nowej generacji to wykorzystanie nowych technologii do przetwarzania danych z różnych źródeł w ramach tradycyjnego łańcucha wartości i spoza niego w celu zapewnienia wsparcia w podejmowaniu decyzji w czasie rzeczywistym i w celu generowania prognoz na przyszłość. Kluczowe zastosowania obejmują zaawansowaną analitykę, modelowanie symulacyjne i sztuczną inteligencję. W ramach tego obszaru wskazać można na następujące dobre praktyki:

- 1 Opracowanie cyfrowych cieni oraz cyfrowych bliźniaków poszczególnych systemów kopalni lub jej całości. Tego typu systemy pozwalają zarówno na obserwację pracy kopalni w trybie rzeczywistym, jak na przeprowadzanie analiz symulacyjnych i generowanie predykcji odnośnie ich stanu i zachowań w przyszłości lub w nietypowych sytuacjach. Pozwoli to także na pełne stosowanie predykcyjnego systemu utrzymania ruchu.
- 2 Opracowanie modeli, lub cyfrowych cieni lub bliźniaków eksploatowanych złóż. Tego typu modele pozwolą na optymalizację procesów wydobywczych i analizę ich skutków.
- 3 Zastosowanie systemów sztucznej inteligencji lub uczenia maszynowego pozwoli na dopasowanie aplikacji ramowych do konkretnych procesów realizowanych w danej kopalni i jej warunków geologicznych poprzez proces samouczenia.
- 4 Systemy analizy zużycia energii i mediów oraz monitorowanie generowanych zanieczyszczeń pozwolą na optymalizację śladu węglowego kopalni.
- 5 Zintegrowane i zaawansowane systemy analityczne pozwolą wreszcie na optymalizację kosztową procesów działania kopalni, która to obecnie możliwa jest w ograniczonym zakresie ze względu na wymóg znacznie zwiększonych mocy obliczeniowych.

## 2.4. Dobre praktyki w zakresie automatyzacji i robotyzacji procesów

Rozwój automatyzacji i robotyzacji procesów opiera się na wdrażaniu cyfrowych narzędzi sprzętowych w celu automatyzacji i optymalizacji wszelkich nieefektywnych, ręcznych i ryzykownych działań i procesów operacyjnych. Należą do nich czujniki, roboty i rozwiązania do drukowania 3D. Należy wyraźnie podkreślić, że w zależności od warunków geologicznych konkretnej kopalni oraz jej systemu pracy zakres i kierunek automatyzacji i robotyzacji będą inne. Wskazane systemy dotyczą nie tylko podstawowych procesów pracy, a także procesów remontowych, procesów transportowo-montażowych oraz akcji ratunkowych. W ramach tego obszaru wskazać można na następujące dobre praktyki:







- 1 Rozwój systemów opartych o sterowanie elektroniczne, w tym zwłaszcza urządzeń elektro-hydraulicznych i systemów mechatronicznych.
- 2 Opracowanie systemów zdalnego sterowania urządzeniami i systemami w kopalni w celu wyprowadzenia pracowników z miejsc zagrożenia.
- 3 Opracowanie mobilnych i inteligentnych platform robotycznych do pracy w niebezpiecznych warunkach, w celu wyeliminowania zagrożeń dla pracowników.
- 4 Opracowanie systemów automatyki pozwalających na dłuższą samodzielną pracę poszczególnych systemów.
- 5 Wdrożenie systemów technologii przyrostowych w celu optymalizacji procesów modernizacyjnych i naprawczych urządzeń górniczych.

## 2.5. Dobre praktyki w zakresie cyfrowo zarządzanych operacji

Cyfrowo zarządzane operacje to korzystanie z połączenia mobilnej komunikacji oraz rzeczywistości wirtualnej i rozszerzonej w celu umożliwienia pracownikom terenowym, zdalnym i z zarządu podniesienia efektywności ich pracy w reżimie czasu rzeczywistego. Przykładową inicjatywą jest rozwój zdalnych centrów operacyjnych, czy dyspozytorni. W ramach tego obszaru wskazać można na następujące dobre praktyki:

- 1 Opracowanie systemu cyfrowych dyspozytorni zarówno podziemnych, jak i naziemnych, wraz z systemem dwudrożnej komunikacji.
- 2 Opracowanie systemu wirtualnych pomieszczeń pozwalających na analizę sytuacji na obszarach wydobywczych w czasie rzeczywistym. W tym także do analizy sytuacji awaryjnych.
- 3 Opracowanie systemów wirtualnych do szkolenia, sprawdzania i egzaminowania pracowników, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych.
- 4 Opracowanie wirtualnych sterowni dla operatorów systemów zautomatyzowanych i zrobotyzowanych działających w strefie wydobywania.
- 5 Opracowanie wirtualnych centrali do prowadzenia analiz geologicznych.

Wdrożenie wskazanych dobrych praktyk powinno pozwolić na osiągnięcie w przyszłości następujących celów przedsiębiorstw górniczych:

-  Zwiększenie wydajności operacyjnej. Dotyczy to przede wszystkim poprawy koordynacji działań zarówno w aspekcie wewnętrznym, jak i zewnętrznym (koordynacja produkcji z trendami rynkowymi i prognozami sprzedaży).
-  Redukcja kosztów. Koszty wydobycia znacznie wzrosły w ciągu ostatniej dekady ze względu na koszty materiałów, zwiększoną presję siły roboczej i dodatkowe procesy wynikające z wymogów prawnych. Technologia może pomóc obniżyć te koszty, zwiększając wydajność procesów i zmniejszając ilość odpadów.
-  Poprawione możliwości odkrywania i eksploracja złóż. Przemysł wydobywczy w dużym stopniu polega na znajdowaniu nowych źródeł surowców mineralnych i metali. Niestety, ze względu na ograniczenia kosztowe, budżety na poszukiwania są teraz o połowę mniejsze niż wcześniej. Technologia może pomóc w skuteczniejszym znajdowaniu nowych źródeł kopalin (np. tomografia mionowa umożliwi firmom wydobywczym przeprowadzanie głębokich skanów ziemi. Może to przynieść ogromne korzyści finansowe, ponieważ 55 procent kosztów poszukiwań związanych jest z odwiertami).
-  Zmniejszony wpływ wahań rynku. Technologia może pomóc w przeprowadzaniu symulacji opartych na scenariuszach, dzięki czemu kadra kierownicza może wyprzedzić poważne problemy biznesowe.
-  Zmniejszenie zagrożeń dla ludzi. Firmy mogą zmniejszyć wysokie wskaźniki zgonów i obrażeń, wdrażając technologie ukierunkowane na bezpieczeństwo, takie jak zautomatyzowane maszyny i czujniki monitorujące.
-  Ulepszona komunikacja. Technologia może być bardzo korzystna dla operatorów kopalń, którzy muszą utrzymywać stałe linie komunikacyjne ze swoimi pracownikami, kierownikami kopalni i operatorami maszyn.

Wspomnieć należy też o jednym generalnym wyzwaniu. W przypadku załóg kopalń zmiany te będą skutkować zmianami w zakresie wymaganych kwalifikacji: od kwalifikacji mechanicznych do kwalifikacji analitycznych.

## 2.6. Dobre praktyki biznesowe w zakresie Gospodarki Obiegu Zamkniętego

W odniesieniu do omówionych wcześniej modeli biznesowych i ścieżek działania, służących przechodzeniu na GOZ, zaprezentowano w tabeli 13 wybrane dobre przykłady działań przedsiębiorstw. Wpisują się one w coraz popularniejszą ostatnio koncepcję społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw (corporate social responsibility – CSR), oznaczającą ponoszenie przez firmę odpowiedzialności za wpływ, jaki wywiera na społeczeństwo i środowisko, a zatem będącą wkładem przedsiębiorstwa w rozwój zrównoważony. Część z prezentowanych działań firmy wdrażają już od kilku, a nawet kilkunastu lat, ale wyraźnie widać rosnące zainteresowanie GOZ w ostatnim okresie. Są to przede wszystkim innowacyjne modele biznesowe start-u-

pów, ale zainteresowanie takimi rozwiązaniami wzrasta także wśród dużych korporacji transnarodowych [21]. Jak wynika z przedstawionych wcześniej modeli i ścieżek biznesowych, ilustrowanych przykładami w tabeli 13, GOZ dostarcza wielu różnorodnych mechanizmów tworzenia wartości niebazujących na konsumpcji ograniczonych zasobów.

Tabela 13. Przykładowe dobre praktyki w odniesieniu do wybranych działań w zakresie GOZ [21]

Kategoria działań	Dobre praktyki	Dobre przykłady firm
1	2	3
Regeneracja	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ budownictwo efektywne energetycznie,</li> <li>✓ odzysk energii,</li> <li>✓ przechodzenie na odnawialne źródła energii i materiały,</li> <li>✓ symbioza przemysłowa,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ certyfikaty zrównoważonego budownictwa LEED, BREEM (np. dla siedziby Skanska Property Poland, hotelu Marriott Courtyard Gdynia Waterfront, terminalu DB Schenker pod Białymstokiem),</li> <li>✓ stosowanie Piñatex, czyli ekoskóry z włókien ananasa (<a href="http://www.ananas-anam.com/pinatex/">www.ananas-anam.com/pinatex/</a>) w produkcji toreb i butów,</li> <li>✓ włoski Novamont produkuje biotworzywa plastikowe i tworzywa biodegradowalne z zasobów odnawialnych: kukurydzy, słoneczników i ostu,</li> <li>✓ brytyjska firma energetyczna BioGen wytwarza energię odnawialną z odpadów spożywczych, pozyskiwanych z gospodarstw domowych, supermarketów, restauracji i hoteli,</li> <li>✓ polska firma Asante Bamboo Bikes produkuje rowery z bambusową ramą we współpracy ze spółdzielniami socjalnymi,</li> <li>✓ rozwijany w Indiach i Stanach Zjednoczonych system BioUrja może być wdrażany przez małe restauracje, zapewniając im efektywne wytwarzanie energii z biogazu, otrzymywanego z ich odpadów organicznych (w procesie fermentacji beztlenowej bez użycia wody) oraz nawóz jako produkt uboczny.</li> </ul>
Wydłużanie życia produktu	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ upcykling,</li> <li>✓ downcykling,</li> <li>✓ remanufacturing,</li> <li>✓ second-handy, swapy, w tym ubraniowe,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kare Design – niemiecki producent mebli, oświetlenia i akcesoriów oferuje produkty w większości wykonane z surowców pochodzących z odzysku,</li> <li>✓ Ekodizajn – polska firma projektująca produkty z materiałów organicznych, ulegających biodegradacji lub pochodzących z recyklingu (np. lampy drum z bębnow pralek) Mangostin – polska firma produkująca pokrowce, kosmetyczki, portfele z worków po tajskim cemencie,</li> <li>✓ program Upcykling Marki Dekoeko.com (współpraca z firmami i organizacjami w zakresie wypracowywania innowacyjnych rozwiązań na wykorzystanie generowanych przez firmy odpadów w celach użytkowych, edukacyjnych, społecznych czy wizerunkowych, np. zużyte rollupy Stena Recycling zamieniono w teczki na dokumenty – gadzety konferencyjne),</li> <li>✓ w ramach programu Worn Wear Patagonia oferuje swoim klientom punkty z darmowymi urządzeniami do naprawy ubrań oraz sprzętu wraz z poradnikami, jak przedłużyć ich żywot, odbiera także używaną odzież do dalszej sprzedaży,</li> <li>✓ akcja H&amp;M Garment Recycling – zbiórka używanej odzieży od konsumentów w zamian za kupon rabatowy (w celu ponownego wykorzystania lub przetworzenia),</li> </ul>

1	2	3
		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ dzięki realizowanemu od 1993 r. programowi Reuse-A-Shoe Nike z poddawanych recyklingowi zużytych butów sportowych powstał nowy materiał – Nike Grid, z którego produkuje się sportowe wykładziny,</li> <li>✓ Coca-Cola, w ramach kampanii 2nd Lives w Wietnamie, sprzedawała napoje ze specjalnymi nakładkami przekształcającymi butelki PET w lampy, szczoteczki do zębów, temperówki do ołówków, dyspozytory do mydła (16 wersji nakładek),</li> <li>✓ regenerację części i całych maszyn prowadzi w Polsce zakład Caterpillar Remanufacturing Services w Radomiu</li> </ul>
Współdzielenie	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ foodsharing,</li> <li>✓ skilltrade,</li> <li>✓ carpooling,</li> <li>✓ toolsharing,</li> <li>✓ couchsurfing,</li> <li>✓ coworking,</li> <li>✓ car sharing,</li> <li>✓ ride sharing.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ serwis carpooling dla pracowników ING Banku Śląskiego,</li> <li>✓ w ramach programu „Oszczędzam. Nie marnuję. Przekazuję” Tesco przekazuje nadwyżki towaru, niesprzedane przed upływem terminu przydatności do spożycia, Bankowi Żywności,</li> <li>✓ współdzielenie przestrzeni biurowej dzięki MyMeetingRooms,</li> <li>✓ brytyjska aplikacja Warp It umożliwia organizacjom wymianie, przekazywanie i pożyczanie sobie szerokiej gamy wyposażenia biurowego (od mebli po kartridże),</li> </ul>
Wirtualizacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ sprzedawanie funkcji produktu, a nie produktu jako takiego,</li> <li>✓ internetowe platformy handlowe i umożliwiające dzielenie się,</li> <li>✓ prosumpcja,</li> <li>✓ dematerializacja usług i produktów, np. książek, muzyki (streaming video oraz muzyki).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ system wypożyczania rowerów miejskich Veturilo,</li> <li>✓ kupowanie muzyki w iTunes,</li> <li>✓ wypożyczanie filmów w Netflix,</li> <li>✓ dostawy żywności wprost od rolników dzięki ranozebrano.pl czy lokalnyrolnik.pl,</li> <li>✓ kupowanie gier komputerowych za pomocą platformy Origin czy Steam,</li> <li>✓ Kaer (Singapur) projektuje, buduje i zarządza systemami klimatyzacyjnymi, oferując klientom chłodne powietrze zamiast klimatyzatorów,</li> <li>✓ Philips sprzedaje klientom biznesowym światło jako usługę, a jednostkom samorządowym – oświetlenie uliczne, realizacja i utrzymanie inwestycji jest w gestii firmy, klient tylko podłącza się do systemu (lock-in),</li> <li>✓ Too Good to Go to duńska aplikacja dostępna w 11 krajach, za pomocą której piekarnie i restauracje mogą sprzedawać klientom codzienne resztki po niższych cenach (poprzez pre-order on-lin).</li> </ul>
Zapętlenie	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ odzyskiwanie aluminium (którego produkcja wymaga dużej ilości energii, a recykling pozwala oszczędzić 95% niej),</li> <li>✓ wykorzystanie odpadów organicznych jako produktu paszowego,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 45 obiektów P&amp;G działa na zasadzie „zero odpadów”,</li> <li>✓ szklana butelka zwrotna Carlsberg Polska, propagowana w ramach kampanii „Weź mnie w obroty”,</li> <li>✓ wykorzystywanie 20-25% granulatu PET z recyklingu do produkcji 2 rodzajów butelek coca-coli,</li> <li>✓ w wyniku współpracy Forda i Novelis zamknięto cykl pozyskania aluminium, wykorzystywanego w produkcji samochodów,</li> <li>✓ duńska aWEARness oferuje garnitury WearEver w całości wytwarzane z poliestru podlegającego recyklingowi, z którego można ponownie wyprodukować garnitur co najmniej 8 razy oraz odzież roboczą, którą można wypożyczać (z czego korzysta np. Volkswagen),</li> </ul>



1	2	3
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ rozszerzona odpowiedzialność producenta (zbieranie i zagospodarowanie odpadów powstałych z produktów, które producent wprowadza na rynek),</li> <li>✓ recykling.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ kanadyjskie filtry powietrza Delta M, produkowane są z materiałów nadających się do recyklingu w zamkniętym cyklu – poddawane czyszczeniu mogą być używane wielokrotnie bez utraty jakości, a za zwrot zużytego produktu klienci otrzymują rabat,</li> <li>✓ Oleppo zbiera odpady żywnościowe i z przemysłu spożywczego, które zamiast wysyłania na składowisko, są transferowane do zakładu fermentacji beztlenowej, produkującego biopaliwo, olej spożywczy i kompost.</li> </ul>
Optymalizacja	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ automatyzacja,</li> <li>✓ produkcja na życzenie,</li> <li>✓ podniesienie wydajności produktu,</li> <li>✓ eliminowanie odpadów w produkcji.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ CUBE, czyli ekologiczny, bezpaletowy system pakowania i transportu okien VELUX,</li> <li>✓ realizowany od 2005 r. program Ecomagination General Electric, kładący nacisk na efektywność energetyczną i przyjazne środowisku produkty, doprowadził do zmniejszenia zużycia wody o 42%, a emisji gazów cieplarnianych o 31%,</li> <li>✓ producent łożysk SKF, wykorzystując technologię bezprzewodową (komunikacja M2M), stworzył inteligentne łożyska, które mogą informować o swoim stanie.</li> </ul>
Wymiana	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ zastępowanie starych materiałów nowymi zaawansowanymi materiałami,</li> <li>✓ stosowanie nowoczesnych technologii oraz wybieranie nowoczesnych rozwiązań, produktów i usług,</li> <li>✓ przeprojektowanie produktów.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mission Zero Interface zakłada wyeliminowanie negatywnego wpływu na środowisko do 2020 r. (np. od 2008 r. firma zmniejszyła odcisk węglowy produkowanych dywanów o 31%, lateks zastąpiła pochodzącym z recyklingu PVB, korzysta ze starych sieci rybackich, by wytworzyć nylon niezbędny do produkcji dywanów),</li> <li>✓ proces kategoryzacji produktów pod względem wkładu w zrównoważony rozwój BASF (Sustainable Solution Steering), który był punktem wyjścia do ich modyfikacji,</li> <li>✓ Veolia opatentowała proces produkcji CleanPET – wysokiej jakości granulatu PET, pochodzącego z recyklingu, do produkcji butelek,</li> <li>✓ technologia CreaSolv pozwala Unilever wykorzystywać w zamkniętym cyklu plastik z toreb,</li> <li>✓ detergent do prania Tide Coldwater Clean oszczędza energię, dzięki praniu w zimnej wodzie.</li> <li>✓ Adidas produkuje drukowane w 3D buty z plastikowych odpadów oceanicznych oraz włókien z sieci rybackich, rozstawionych przez kłusowników,</li> <li>✓ VTT opracowało technikę uwalniania celulozy, pozwalającą bez dodawania szkodliwych substancji chemicznych lub nowego materiału, odzyskiwać włókna bawełny, utrzymując ich wartość, dzięki czemu możliwy jest praktycznie nieograniczony recykling starej odzieży,</li> <li>✓ BioMASON's dostarcza technologię pozwalającą produkować cegły (o parametrach wytrzymałościowych tradycyjnych cegieł) z dostępnego lokalnie piasku, bez potrzeby wypalania, przy wykorzystaniu mikroorganizmów.</li> </ul>

## Podsumowanie

Gospodarka Obiegu Zamkniętego to zintegrowane podejście, zakładające nie tylko redukcję ilości powstających odpadów i właściwe ich zagospodarowanie, lecz także wydłużające czas życia produktów, również poprzez zmiany w modelach konsumpcji. Idea ta, rozwijana od lat 60. XX w. pod hasłami zielonej czy niskoemisyjnej gospodarki, znalazła sprzyjające warunki dopiero w ostatnim okresie, w dużym stopniu dzięki zainteresowaniu polityków i biznesu.

Korzyści związane z efektywnym gospodarowaniem zasobami szacowane są na 0,6 biliona, a mnożnikowe – na 1,2 biliona (euro rocznie). GOZ oznacza także transformację ku bardziej zrównoważonemu stylowi życia, czemu sprzyja szybko rozwijająca się ostatnio ekonomia współpracy.

Gospodarka Obiegu Zamkniętego, ze względu na swój kompleksowy i systemowy wymiar, może stanowić remedium na wiele współczesnych problemów globalnych, takich jak głód i ubóstwo, nierówności, zmiany klimatu, deficyt wody (w tym pitnej), ponieważ są one ze sobą powiązane – ich źródłem jest pogarszający się dostęp do zasobów. Aby model ten był skuteczny, konieczna jest współpraca różnych interesariuszy.

## 3 | Przykłady skutecznej transformacji przedsiębiorstw

### 3.1. Transformacja sektora górniczego na przykładzie Kopalni LW Bogdanka S.A.

**W** 2019 r. produkcja węgla kamiennego wynosiła w Polsce 61,6 milionów ton, z czego 80,4% stanowi węgiel energetyczny. Od 2015 r. sukcesywnie zmniejszane jest wydobycie węgla. W szczególności zmniejszy się zapotrzebowanie na węgiel energetyczny. Kopalnia LW Bogdanka SA co prawda umieściła w swojej strategii produkcję węgla koksującego, ma to jednak nastąpić dopiero w 2025 r. Obecnie trzon jej produkcji opiera się na węglu energetycznym. Strategia ta, mimo że wydaje się bardzo dobra, to należy zaznaczyć, że głównym odbiorcą węgla koksującego jest przemysł stalowy. Biorąc pod uwagę, że europejskie koncerny stalowe pracują nad ograniczeniem i stopniową eliminacją węgla z procesu produkcyjnego, zastępując go wodorem, może się okazać, że jest to ślepy zaułek. Pojawiają się plany, że także przemysł stalowy ma być do 2050 r. w pełni neutralny klimatycznie. Węgiel jest sprzedawany głównie na rynku krajowym (93,7%). W zawartym 25.09.2020 r. porozumieniem między polskim rządem a górnictwem zawodowymi wskazano daty wygaszania działalności kopalń należących do PGG i Węglokoksu do 2049 r.

Zgodnie z tym porozumieniem wydobycie zostanie utrzymane także po 2049 r. w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej, produkującej głównie węgiel koksujący. Nie wskazano też horyzontu działania kopalń funkcjonujących w ramach grup energetycznych: Tauron oraz Enea SA. W pierwszej kolejności zostaną zlikwidowane kopalnie o najmniejszych dostępnych zasobach węgla, a więc: Ruch Wujek kopalni KWK Staszic i Ruch Pokój kopalni Ruda znajdujące się w regionie katowickim województwa śląskiego. Wydobycie węgla kamiennego w ostatniej dekadzie w Lubelskim Zagłębiu Węglowym systematycznie rośnie. Zwiększenie bazy zasobów podnoszących możliwości wydobywcze pozwala więc zabezpieczyć pozycję LW Bogdanki jako jednej z najważniejszych firm w regionie. Z drugiej strony jest to olbrzymie ryzyko, związane z wymogami Komisji Europejskiej i światowymi trendami zmierzającymi do rezygnacji z paliw kopalnych. Plany rządowe zakładają rezygnację z wydobycia węgla kamiennego do 2050 r. W regionie lubelskim w górnictwie pracuje 1% ogółu zatrudnionych, co w porównaniu z województwami śląskim i dolnośląskim nie jest dużym odsetkiem. Należy jednak wziąć pod uwagę całą rzeszę łańcuchów powiązań.

Sprzedawany przez spółkę węgiel kamienny energetyczny stosowany jest przede wszystkim do produkcji energii elektrycznej, ciepłej i produkcji cementu. Odbiorcami spółki są w głównej mierze firmy przemysłowe, przede wszystkim podmioty prowadzące

działalność w branży elektroenergetycznej zlokalizowane we wschodniej i północno-wschodniej Polsce. LW Bogdanka SA jest częścią Grupy Enea, jednego z liderów polskiego rynku energetycznego.

## 3.2. Przegląd międzynarodowy oraz krajowy dobrych praktyk związanych z wykorzystaniem technologii cyfrowych w sektorze węglowym







### 3.3. Dobre praktyki – Instytut Techniki Górniczej (KOMAG) oraz Główny Instytut Górnictwa (GiG)





Dobre praktyki mogą być rozumiane w różny sposób. Cytując Autorów [23], dobre praktyki to „rozwiązania wzorcowe, które pozwalają na wyróżniającą skuteczność i efektywność w realizacji działań i osiągnięciu celów rozwojowych”.

Dobrą praktyką w sektorze węglowym uznano rozwiązania, które umożliwiają wprowadzenie zmian w funkcjonującym obecnie sektorze, zarówno w obszarze kopalń (nad powierzchnią, jak i pod nią) oraz firm i instytucji z sektorem węglowym powiązanych.

Z uwagi na to, że sektor węglowy jest szczególnym przypadkiem realizacji produkcji/usług, nie można rozpatrywać sektora całościowo i zakładać, że w każdej kopalni, firmie/instytucji współpracującej wzorcowe działania rozumiane jako dobre praktyki się przyjmą i będą idealnie się sprawdzały w każdym miejscu. Można to porównać z przeniesieniem pewnych praktyk z np. Japonii, które tam dają świetne rezultaty, natomiast w Polsce niejednokrotnie się nie sprawdzały. I adekwatna sytuacja dotyczy sektora węglowego. Należy indywidualnie rozpatrywać każdy przypadek. W każdej kopalni panują inne warunki dołowe, istnieją fuzje oraz inne czynniki, które są różnorodne i nie są widoczne od razu. W związku z tym, mając na uwadze tę różnorodność, zdecydowano się wskazać jako dobre praktyki pewne „zachowania”, realizację projektów, współpracę z różnymi ośrodkami oraz otwartość na zmiany. Natomiast należy pamiętać, że rozwiązania, które się sprawdzają w jednym miejscu, nie muszą się sprawdzić w innym, np. pod kątem zastosowania cyfrowych rozwiązań, w postaci np. systemu monitorowania obudowy w górnictwie, ponieważ warunki dołowe sprawiają, że wszystkie elementy szybko korodują i nawet najlepsze materiały nie są w stanie „poradzić sobie” z tymi czynnikami.

Podsumowując, za dobre praktyki przyjęto elementy takie jak:

-  otwartość na zmiany,
-  współpraca z firmami/instytucjami,
-  realizacja szkoleń pracowników,
-  współpraca przy projektach,
-  wdrażanie sprawdzonych rozwiązań,
-  wdrażanie rozwiązań patentowych,

-  przekazywanie wyników z obserwacji/analiz,
-  otwartość na technologie cyfrowe,
-  ciągłość doskonalenia,
-  umiejętność dopasowania się do panujących warunków.

Realizowane projekty przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG oraz Główny Instytut Górnictwa GiG, pokazują, że są pomysły, realizacje i możliwości rozwoju w sektorze węglowym, również w zakresie technologii cyfrowych. Co jest również znaczące, projekty te realizowane są w szerokim gronie współudziałowców zarówno z Polski, ale również z zagranicy. Jak widać potencjał jest i cały czas zawiązują się współpracy, które mogą w przyszłości przynieść kolejne korzyści, również poprzez zwiększenie konkurencyjności. Kilka z nich, związanych z technologiami cyfrowymi krótko scharakteryzowano poniżej.

Przeгляд dobrych praktyk związanych z wykorzystaniem technologii cyfrowych w sektorze górnictwym podzielono na trzy główne elementy, a mianowicie [25]:

## I. Wybrane projekty międzynarodowe, w których można wyróżnić kilka przykładowych zrealizowanych projektów, w których brał udział Instytut Techniki Górniczej KOMAG:

### 1 Fundusz Badawczy Węgla i Stali

Tytuł projektu: Innowacyjny, wysokowydajny system zasilania maszyn i urządzeń, podnoszący poziom bezpieczeństwa pracy w podziemnych wyrobiskach górniczych.

Koordinator: Instytut Techniki Górniczej KOMAG – Polska.

Konsorcjanci: Politechnika Śląska, Główny Instytut Górnictwa, RWTH Aachen, SWE Sp. z o.o., Universitatea Dunarea De Jos Din Galati, JSW Innowacje S.A.

Okres realizacji: lipiec 2020 r. – czerwiec 2023 r.

Projekt jest realizowany w celu wykonania systemu, który będzie składał się z czterech podsystemów. Dwa z nich dotyczyły wysokosprawnego przesyłu energii elektrycznej, w których to transmisja miała być oparta na technologiach jedнопrzewodowych i bezprzewodowych. Zastosowanie technologii jedнопrzewodowej ma na celu również zminimalizować ryzyko porażenia prądem pracujących górników. Natomiast zastosowanie technologii bezprzewodowej transmisji energii elektrycznej ma na celu ciągłe doładowywanie akumulatorów maszyn poruszających się po podwieszanej szynie.

### 2 Fundusz Badawczy Węgla i Stali

Tytuł projektu: Zwiększenie efektywności i poprawa bezpieczeństwa w podziemnych, górniczych drogach transportowych.

Koordynator: Instytut Techniki Górniczej KOMAG – Polska.

Konsorcjanci: Główny Instytut Górnictwa (GIG) – Polska, RWTH Aachen University (RWTH) – Niemcy, XGraphic Ingenieurgesellschaft mbH (XGRAPHIC) – Niemcy, Becker Warkop Ltd. company (BW) – Niemcy, Premogovnik Velenje, d. d. (PV) – Słowenia, DTEK ENERGY (DTEK) – Ukraina, ELMECH Kazeten (ELMECH) – Polska.

Okres realizacji: lipiec 2017 r. – czerwiec 2020 r.

Projekt był realizowany w celu zwiększenia prędkości jazdy z ludźmi górniczymi kolejkami podwieszonymi, przy utrzymaniu obecnego poziomu bezpieczeństwa w podziemnym, pomocniczym transporcie górniczym. Natomiast w ramach projektu celami cząstkowymi było opracowanie: innowacyjnego systemu transportu, który bazował na kolejkach podwieszonych z napędem własnym, energooszczędnego systemu wentylacji, systemu automatycznej identyfikacji ludzi na przenośnikach, a także systemu eksperckiego w zakresie lokalizacji ludzi i sprzętu w podziemnych wyrobiskach.

### **3 Fundusz Badawczy Węgla i Stali**

Tytuł projektu: Wydajność i bezpieczeństwo obudowy zmechanizowanej.

Koordynator: Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Konsorcjanci: Główny Instytut Górnictwa (GIG) – Polska, Jastrzębska Spółka Węglowa S.A. – Polska, Becker Warkop – Polska, DMT – Niemcy, University of Exeter – Wielka Brytania, Geocontrol – Hiszpania.

Okres realizacji: lipiec 2017 r. – czerwiec 2020 r.

Projekt był realizowany w celu opracowania modułowego systemu monitorowania parametrów obudowy (SSMS). System ten składał się z modułów, które miały być odpowiedzialne za pomiar geometrii sekcji obudowy zmechanizowanej, pomiar ciśnienia hydraulicznego w wybranych punktach układu hydraulicznego obudowy, pomiar odległości między sekcją obudowy i czołem ściany (pomiar ścieżki przyczołowej), a także nowego systemu komunikacji bezprzewodowej. Dodatkowo opracowany system w czasie rzeczywistym ma monitorować i rejestrować parametry pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. System ten ma być również podstawą do predykcji zagrożeń wynikających ze współpracy obudowy z górotworem (Longwall Mining Prediction System Prediction System – LMCPs).

Warto podkreślić, że to rozwiązanie, pracujące w czasie rzeczywistym, jest rozwiązaniem unikalnym w skali światowej.

### **4 Projekt M-SMARTGRID**

Tytuł projektu: Opracowanie i wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych dla górnictwa

Koordynator: AITEMIN – Hiszpania

Projekt był realizowany w celu zebrania wszystkich dotychczas powstałych systemów sieci i ich integracji, a także wdrożenia nowych rozwiązań. Podcelami projektu było: wykonanie dynamicznych modeli sieci elektroenergetycznych w kopalniach z uwzględnieniem ustaw



o energetyce oraz regulatorów, a także lokalnych taryf, wykonanie oceny topologii górniczej sieci elektroenergetycznej. Opracowany system ma wspomóc prognozowanie obciążeń, monitorowanie powierzchniowej oraz dołowej sieci elektroenergetycznej, a także wspomagać w podejmowaniu decyzji w różnych warunkach funkcjonowania sieci. Natomiast Instytut Techniki Górniczej KOMAG realizował zadanie związane z opracowaniem oprogramowania do zarządzania kopalnianą siecią elektroenergetyczną (AGM) [24].

## **5 Projekt badawczy NEMAEQ**

Tytuł projektu: Nowe kierunki mechanizacji i automatyzacji maszyn i urządzeń ścianowych i chodnikowych.

Koordynator – DSK Deutsche Steinkohle

Projekt był realizowany w celu opracowania pełnej automatyki urządzeń ścianowych. Dotyczyło to opracowania oprogramowania do konstruowania narzędzi urabiających z ostrzami o minimalnym stopniu zużycia, a także minimalnych postojach maszyn.

Realizacja projektu miała w przyszłości znacznie poprawić wydajność wydobycia w europejskich kopalniach. Możliwe jest to dzięki nowej konstrukcji ostrzy urabiających (poprawa stopnia obciążenia ostrzy) wraz ze zmniejszoną ilością wytwarzanego pyłu w czasie wydobycia węgla, a także nowoczesnej metody obsługi oraz planowania remontów, które mają wydłużyć czas pracy urządzeń ścianowych i chodnikowych.

## **6 Projekt badawczy ADRIS**

Tytuł projektu: Inteligentny układ drążenia chodników.

Koordynator: AITEMIN.

Projekt był realizowany w celu opracowania nowatorskiego oraz w pełni zautomatyzowanego, samosterującego i bardziej wydajnego systemu prowadzenia robót przygotowawczych, które są niezbędne do uzyskania dostępu do złóż węgla. Zadania, które były przewidziane w projekcie: projektowanie sekwencji roboczych urabiania, określenie czynników ergonomii, a także zdrowia i bezpieczeństwa, projektowanie i ulepszanie maszyn i urządzeń, a także automatyzacja, kontrola, optymalizacja.

## **II. Wybrane projekty międzynarodowe, w których można wyróżnić kilka przykładowych zrealizowanych projektów, w których brał udział Główny Instytut Górnictwa, realizowane w ramach Funduszu Badań w obszarze Węgla i Stali (RFCS), a mianowicie [26]:**

### **1 Projekt RECPP**

Tytuł projektu: Ponowne wykorzystanie aktywów elektrowni węglowych w okresie transformacji energetycznej (Re-purposing Coal Power Plants during Energy Transition).

Koordynator: VGB Powertech EV. Realizacja projektu przez 13 partnerów reprezentujących wytwórców energii lub firmy z nimi związane: Główny Instytut Górnictwa, The Centre for Research and Technology – Hellasv (CERTH), ČEZ a.s., Lausitz Energie Kraftwerke AG (LEAG), Towarzystwo Gospodarcze Polskie Elektrownie, Tauron Wytwarzanie SA, VERBUND Thermal Power GmbH & Co KG, RWE Power AG, Uniper SE, RWE Generation SE, Électricité de France (EDF), Uniwersytet Leoben.

Czas realizacji projektu: 01.07.2020 – 30.06.2022.

Projekt był realizowany w celu badania statusu, potencjału i możliwości ponownego wykorzystania elektrowni węglowych i ich infrastruktury (regiony węglowe w okresie transformacji – kraje, rodzaj, wiek itp.). Przewidziane do analizy miały być wspólne aktywa (określone aktywa zakładu) i wspólne zobowiązania (umowy PPA, dostawy ciepła do pobliskiego przemysłu, kopalni itp.). Jednym z głównych celów w tej części projektu miało być zebranie i usystematyzowanie danych w oparciu o zestaw warunków wstępnych dla zrównoważonego użytkowania aktywów elektrowni węglowych w procesie stopniowego wycofywania elektrowni węglowych oraz w celu określenia najlepszego zrównoważonego podejścia do zmiany przeznaczenia infrastruktury. Ważne jest, aby przed podjęciem jakiegokolwiek decyzji o zamknięciu lub o zmianie formy funkcjonowania elektrowni węglowej, wykonano również opracowanie scenariuszy i symulacji realizacji działań, które nakreślą możliwe i najlepsze rozwiązania.

Jest to istotne zagadnienie, ponieważ sektor węglowy w Polsce jest znaczący dla funkcjonowania infrastruktury całego kraju, niezależnie od branży. Całkowite zamknięcie sektora węglowego i brak zmian w tym zakresie np. cyfryzacji poszczególnych rozwiązań może przyczynić się do pogorszenia funkcjonowania gospodarki polskiej, a to może się przełożyć również na realizację zleceń i kontraktów zarówno krajowych, jak i zagranicznych.

Kolejna część opracowania dotyczy opracowanych i zgłoszonych rozwiązań, którym przyznano patent. Jest to istotne z punktu rozwoju wiedzy, doświadczenia, ponieważ dzięki patentom możliwe jest wdrożenie najnowszych, nieznanych rozwiązań również w sektorze górnictwem. Patenty wskazują również na zorientowanie w zakresie brakujących i potrzebnych rozwiązań dla tego sektora. Dodatkowo bez patentów w sektorze węglowym postęp technologiczny nie byłby widoczny. Jeżeli sektor górniczy ma przejść transformację również w zakresie cyfryzacji, takie rozwiązania muszą być znane, wdrażane oraz doskonalone, w szczególności z uwagi na rozwój gospodarki.

### III. Wybrane patenty Instytutu Techniki Górniczej KOMAG [27]:



uzyskane w 2021 r.:



Sposób prowadzenia monitoringu wyężenia elementów konstrukcyjnych sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach eksploatacyjnych (PL 239627).

Celem było opracowanie monitoringu on-line stanu wyężenia konstrukcji sekcji obudowy zmechanizowanej w warunkach eksploatacyjnych.



uzyskane w 2018 r.:

1

Hydrostatyczny układ przeniesienia napędu z automatycznym trybem pracy manewrowej (PL 229279).

Celem było opracowanie hydrostatycznego układu przeniesienia napędu przeznaczony do pojazdów roboczych, w szczególności lokomotyw górniczych, pracujących w warunkach dołowych, w ograniczonej przestrzeni oraz przy pogorszonej widoczności.

2

Autonomiczny system monitoringu parametrów bezpiecznej pracy baterii akumulatorów ołowiowych lokomotywy górniczej (PL 229580).

Celem było opracowanie autonomicznego systemu monitoringu parametrów bezpiecznej pracy baterii akumulatorów ołowiowych lokomotywy górniczej oparty na bezprzewodowej transmisji danych wewnątrz systemu.

3

Układ sterujący systemem kontroli zapylenia w wyrobiskach górniczych (PL 229919).

Celem było opracowanie układu służącego do pomiaru/rejestracji stężenia zapylenia powietrza oraz automatycznej kontroli wielkości tego zapylenia w wyrobiskach górniczych.



uzyskane w 2017 r.:

1

Urządzenie do czyszczenia trasy kolejki podwieszanej (PL 226360).

Celem było urządzenie do czyszczenia trasy kolejki podwieszanej, aby polepszyć warunki pracy ciernych kół napędowych ciągników kolejek podwieszonych. W momencie, gdy powierzchnie te są zanieczyszczone, w szczególności mazią na bazie pyłu i wody, maleje siła sprzężenia ciernego, co powoduje problemy transportowe. Urządzenie składa się z dwu identycznych funkcjnie podzespołów czyszczących, usytuowanych na wspólnym wózku jezdnym, przemieszczającym się po trasie kolejki podwieszanej za pomocą ciągnika kolejki podwieszanej.

2

Sposób transportu urobku szczególnie przy drążeniu szybu górniczego (PL 227003).

Celem było opracowanie sposobu ciągłego hydrotransportu urobku z dna drążonego szybu, przy urabianiu kombajnowym.

3

Mobilne urządzenie do neutralizacji pyłów osiadłych, zwłaszcza do górniczych stref zabezpieczających (PL 230778).

Celem było opracowanie urządzenia sukcesywnie podążającego wraz z postępem czoła wyrobiska, którego zadaniem jest neutralizacja pyłów osiadłych zalegających w wyrobisku. Urządzenie to spełnia rolę urządzenia zapewniającego utworzenie strefy bezpieczeństwa, która jest wymagana według obowiązujących przepisów górniczych, zabezpieczająca przed przeniesieniem się wybuchu pyłu węglowego w podziemnych wyrobiskach górniczych.

4

Urządzenie do aktywnego tłumienia wybuchu (PL 228266).

Celem było opracowanie urządzenia do aktywnego tłumienia wybuchu stosowanego w prowadzeniu prac górniczych w podziemiach kopalń, gdzie występuje niebezpieczeństwo pojawienia się metanu mogącego ulec zapaleniu się, a w konsekwencji i wybuchnąć.

**5** Urządzenie kombajnowe do suchego drążenia szybu, zwłaszcza dla kopalń (PL 228621).

Celem było opracowanie urządzenia do wydajnego suchego drążenia szybu, z w pełni zmechanizowanym urabianiem dna szybu i z możliwością zautomatyzowania procesu urabiania i odbioru urobku z dna drążonego szybu, w celu zmniejszenia do minimum udziału pracy ludzkiej.

**6** System zraszania z automatycznym wyborem jego intensywności (PL 228598).

Celem był system, który poprzez automatyczny wybór intensywności zraszania, może znacząco wpływać na wzrost bezpieczeństwa prowadzenia prac eksploatacyjnych w podziemnym górnictwie, zwłaszcza przy drążeniu kombajnami wyrobisk korytarzowych.

#### IV. Wybrane patenty Głównego Instytutu Górnictwa GIG [26]:

 uzyskany w 2021 r.:

**1** Sonda do pomiaru prędkości kątovej drgań rotacyjnych w wyrobiskach kopalnianych, w atmosferze zagrożonej wybuchem metanu lub pyłu węglowego (PL 237 890).

Celem była sonda do pomiaru prędkości kątovej drgań rotacyjnych w podziemnych wyrobiskach kopalnianych, w atmosferze zagrożonej wybuchem metanu lub pyłu węglowego, wywoływanych wstrząsami indukowanymi eksploatacją górnictw. Wykonana sonda łączy w sobie cechy czujnika i nadajnika do przesyłania informacji teletechnicznymi liniami transmisyjnymi w postaci prądowej.

**2** Szczytowa elektrownia grawitacyjna (PL 239 403).

Celem była szczytowa elektrownia grawitacyjna, przeznaczona do wytwarzania energii elektrycznej z wykorzystaniem szybów górniczych i pompowni głębinowych. Wynalazek ten ma na celu wyeliminowanie kosztownej infrastruktury klasycznej elektrowni szczytowo-pompowej, poprzez wykorzystanie istniejącej infrastruktury, szczególnie likwidowanych kopalń, pozwalającego na magazynowanie energii w okresach niskiego zapotrzebowania i jej uwalnianie, gdy zajdzie taka potrzeba.




 uzyskane w 2020 r.:

**1** Urządzenie do skanowania 3D pustek w górotworze (PL 234321).

Celem było opracowanie urządzenia do skanowania 3D pustek w górotworze obrotową głowicą, które pozwala bez naruszania struktury i kształtu powstałej pustki w górotworze czy kawerny po podziemnym zgazowaniu węgla uwidocznić jej stan i odwzorować jej kształt.

## Podsumowanie końcowe

Przedłożony raport omawia istniejące w branży górniczej trendy związane z ogólnie rozumianą problematyką cyfryzacji. Można zwrócić uwagę na trzy główne obszary z tym związane, a mianowicie:

-  **robotyzację i automatyzację** sektora górniczego wraz z technologiami opartymi na wykorzystaniu platform mobilnych i dronów. W sektorze tym kluczowe znaczenie rozwiązania w zakresie automatyzacji i robotyzacji są kluczowymi elementami zmiany struktury kosztowej oraz generalnego obniżenia kosztów, oszczędności czasu, zwiększenia produktywności i efektywności operacyjnej. Jest to bez wątpienia kluczowy składnik cyfrowej transformacji górnictwa.
-  zastosowanie **metod opartych na uczeniu maszynowym i AI** wraz z wykorzystaniem rozwiązań w zakresie Internetu Rzeczy. Oprogramowanie wykorzystujące wskazane metody może wspomóc proces pracy jednostek górniczych w zakresie wspomagania decyzji odnośnie do problematyki eksploracji minerałów, wyboru lokalizacji, sortowania, transportu, zwiększenia bezpieczeństwa i wielu innych. Jest to związane z tym, że techniki te mają elementy samouczenia i samodoskonalenia i w trakcie ich działania doskonalą swoje bazy wiedzy w oparciu o analizowane przypadki. Ważną rolę w zakresie wskazanych rozwiązań technologiczny pełnić będą też cyfrowe cienie i cyfrowe bliźniaki integrujące i przetwarzające dane ze wskazanych systemów.
-  wdrożenie kompleksowej **elektryfikacji kopalń**. Obecnie poziom elektryfikacji jest dość wysoki, jednakże wdrożenie rozwiązań z zakresu automatyzacji i robotyzacji oraz zastąpienie napędów hydraulicznych napędami elektro-mechanicznymi wymaga dalszej elektryfikacji kopalń. Z drugiej strony zadaniem w zakresie elektryfikacji jest podwyższenie efektywności energetycznej kopalń oraz wdrożenie rozwiązań energooszczędnych.

Należy wyraźnie podkreślić, że tak zakreślona cyfryzacja pozwolić powinna na obniżenie kosztów działalności górniczej, poprawienie wydajności, produktywności, na dopasowanie się sektora do standardów środowiskowych i pozwoli na dalsze przekształcenia i reorganizację procesów wydobywczych w całej branży.

Z drugiej strony należy pamiętać, że Polska, obecnie będąca na czele procesów rozwojowych górnictwa, może łatwo utracić to miejsce na rzecz państw posiadających większy potencjał w zakresie automatyzacji i robotyzacji, w zakresie informatyki związanej z systemami opartymi na uczeniu maszynowym oraz elektryfikacji. Taki trend był już obserwowany, gdy w dobie rewolucji fotowoltaicznej przemysł energetyczny stracił swoją dominującą pozycję

dostawcy energii elektrycznej i musiał oddać część swojego macierzystego rynku na rzecz branży elektronicznej – producentów paneli fotowoltaicznych oraz zespołów generatorów elektrowni wiatrowych.

Należy również pamiętać, że cyfryzacja sektora węglowego jest kluczowa dla osiągnięcia takich celów jak jego dekarbonizacja i poprawa bezpieczeństwa w kopalniach. Przy czym realizacja celów związanych z dekarbonizacją jest dla branży wydobywczej wyzwaniem o bardzo dużym stopniu trudności. Wymaga bowiem definitywnego przemodelowania procesów biznesowych i produkcyjnych w branży górniczej.



## Literatura

1. Boratyńska K., Cieślik E., Kacperska E., Łukasiewicz K., Milewska A.: Gospodarka cyfrowa we współczesnym świecie – kraje V4. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2021.
2. Čablik V., Hlavata M., Janakova I.: Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego w Czechach. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. 2018, nr 104, s. 85–96.
3. Gierszewska J., Romanowska M.: Analiza strategiczna przedsiębiorstwa. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa, 2017.
4. Górka M.: Globalne i lokalne problemy polityki bezpieczeństwa Polska i świat. Praca naukowa. Tom 1. Poznań 2017.
5. Ingaldi M.: Wykorzystanie analizy SWOT do określenia pozycji strategicznej przedsiębiorstwa poligraficznego. Zeszyty Naukowe Quality. Production. Improvement. Nr 2(7), 2017.
6. Kanafa-Chemielewska D., Piróg-Nabokowa I., Bartosz N.: Podstawy w budowaniu programów poprawy bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwach górniczych – implikacje praktyczne. Organizacja i kierowanie. Nr 3/2016 (173), s. 157-172.
7. Kozłowski A., Wojtas P.: Systemowe podejście do cyfryzacji w procesach technologicznych w górnictwie. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. 2017, nr 99, s. 47–56.
8. Lorenz U.: Rosyjski węgiel energetyczny na rynkach międzynarodowych. Polityka Energetyczna, tom 7. Zeszyt specjalny 2004, Wyd. Instytut GSMiE PAN, Kraków, s.435-449.
9. Lorenz U.: Główni światowi eksporterzy węgla energetycznego na rynek europejski – wybrane aspekty podaży i cen. Polityka energetyczna. Tom 11. Zeszyt 1, 2008, s. 255-272.
10. Maksymowicz A.: Koniec wydobycia węgla w Europie Zachodniej. Przegląd Geologiczny, vol. 67, nr 6, 2019, s. 426-427.
11. Osikowicz R.: Rynek węgla na świecie. Paliwa i Energetyka. 2/2013, nr 5, s. 22-38.
12. Portal netTG.pl „Gospodarka i Ludzie” (dostęp na dzień 05.09.2022).
13. Probiez K., Marcisz M.: Aktualny stan górnictwa w Lwowsko-Wołyńskim Zagłębiu Węglowym (Ukraina). Przegląd Górniczy, 2010, tom 66, nr 12, s. 113-117.
14. Sadłowska-Wrzesińska J., Marczevska-Kuźma R., Jakubowicz A.: Możliwości zastosowania analizy SWOT/TOWS w procesie projektowania koncepcji bezpieczeństwa behawioralnego. Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Nr 81, 2020.

15. Słupik T.: Europejski Zielony Ład – merytoryczne podstawy neutralności klimatycznej w aspekcie gospodarki surowcowej. Biuletyn Naukowo-Techniczny Zakładów Pomiarowo-Badawczych Energetyki „Energopomiar”. Nr 2 (273), 2020, s. 615-621.
16. Strzałkowska E., Strzałkowski P.: Górnictwo węgla kamiennego w Wietnamie – wybrane informacje. Górnictwo i Geologia. Tom 6, Zeszyt 1, 2011, s. 203-209.
17. Szlugaj-Stala K.: Międzynarodowy rynek węgla energetycznego – stan aktualny i perspektywy. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. 2018, nr 105, s. 25-40.
18. Transformacja branży górniczej czynnikiem zmiany w branżach powiązanych – symulacja zgodnie założeniami Terytorialnego Planu Sprawiedliwej Transformacji dla Województwa Lubelskiego oraz Polityką energetyczną Polski do 2040 r. Instytut Badawczy IPC sp. z o.o. Lublin 2021.
19. Wędzicha J., Grebski W.: Nadzór górniczy i procedury regulujące przemysł wydobywania minerałów w Kanadzie. Systemy Wspomagania Inżynierii w Produkcji. Górnictwo – perspektywy i zagrożenia. 2019. Volume 8, nr 1, s. 25-34.
20. Węgiel Kamienny. Raport Państwowej Służby Geologicznej o surowcach mineralnych Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, 2018.
21. Bielecki W., Erbel J., Komuda Ł., Szczerba M., Zygmontowski J.J.: Spółdzielcza Transformacja. Operacjonalizacja sprawiedliwej transformacji dla regionów węglowych w Polsce. Raport, Warszawa, 2022.
22. Wariantowe Ramy Transformacji. Przewodnik po zasadach identyfikacji i oceny koncepcji zagospodarowania byłych terenów górniczych i przemysłowych.
23. Piotrowski M. (red.), Dziedzic K., Kazubski B., Lewandowska A. i inni: Benchmarking klastrów w Polsce – edycja 2020. Raport ogólny. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, Warszawa, 2021
24. Jura M., Rogala-Rojek J., Jasiulek D., Jendrysik S.: Inteligentna, górnicza sieć energetyczna M-SmartGRID, Maszyny Górnicze, nr 4/2017
25. Instytut Techniki Górniczej KOMAG – Polska, <https://komag.eu/nauka/projekty-miedzynarodowe?layout=edit&id=1908>, [dostęp: 05.12.2022 r.].
26. Główny Instytut Górnictwa, <https://gig.eu/pl/projekty-miedzynarodowe>, [dostęp: 05.12.2022 r.].
27. Urząd Patentowy RP, <https://ewyszukiwarka.pue.uprp.gov.pl/search/simple-search?lng=pl> [dostęp: 05.12.2022].
28. Nwaila G. T., Frimmel H. E., Zhang S. E., Bourdeau J. E., Tolmay L. C. K., Durrheim R. J., Ghorbani Y., The minerals industry in the era of digital transition: An energy-efficient and environmentally conscious approach, Resources Policy 2022, Volume 78
29. Brodny J., Tutak M., Challenges of the polish coal mining industry on its way to innovative and sustainable development, Journal of Cleaner Production 2022, Vol. 375
30. Zhironkin S., Gasanov M., Suslova Y., Orderliness in Mining 4.0, Energies 2022, Vol. 15

31. Khoyutanov E. A., Nemova N. A., Abeuov E. A., Abdieva L. M. Digital Field concept toward enhanced efficiency of coal mines, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022, Vol. 991
32. Nikitenko S. M., Goosen E. V., Malakhov Y. V., Kizilov S. A., Multifunctional Safety System as a Framework for the Digital Transformation of the Coal Mining Industry IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2021, Vol. 688
33. Clausen E., Sörensen A., Required and desired: breakthroughs for future-proofing mineral and metal extraction, Mineral Economics 2022, Vol. 35
34. Bazaluk O., Ashcheulova O., Mamaikin O., Khorolskyi A., Lozynskyi V., Saik P., Innovative Activities in the Sphere of Mining Process Management. Frontiers in Environmental Science 2022, Vol. 10
35. Wang, H., Wang, Z., Jiang, Y. et al. New approach for the digital reconstruction of complex mine faults and its application in mining. International Journal of Coal Science & Technology 2022, Vol. 9
36. Wang M., Bao J., Yuan X., Yin Y., Khalid S., Research Status and Development Trend of Unmanned Driving Technology in Coal Mine Transportation, Energies 2022, Vol. 15
37. Mitri H., Mitra R., Ren T., Research Advances into Mine Safety Science and Engineering, Journal of Sustainable Mining 2022, Vol 21
38. Wang G., • Ren H. Zhao G., Zhang D., Wen Z., Meng L., Gong S., Research and practice of intelligent coal mine technology systems in China, International Journal of Coal Science & Technology 2022, Vol. 9
39. Wang H., Wang Z., Jiang Y., Song J., Discussion on a methodology for the digital reconstruction of complex fault structures in coal mines, Research Square 2021
40. Guest D., Knox A., Warhurst C., Humanizing work in the digital age: Lessons from socio-technical systems and quality of working life initiatives, Human Relations 2022, Vol. 75
41. Rudakov M. L., Kolvakh K. A., Derkach I. V., Assessment of Environmental and Occupational Safety in Mining Industry during Underground Coal Mining, Journal of Environmental Management and Tourism 2020, Vol. 11
42. Su J, Su K, Wang S (2022) Evaluation of digital economy development level based on multiattribute decision theory. PLoS ONE 2022, Vol. 17
43. Wang, G., Ren, H., Zhao, G. Zhang D., Wen Z., Meng L., GongS., Research and practice of intelligent coal mine technology systems in China. International Journal of Coal Science & Technology 2022, Vol. 9
44. Marszowski R.; Iwaszenko S., Mining in Poland in Light of Energy Transition: Case Study of Changes Based on the Knowledge Economy. Sustainability 2021, Vol. 13

## Spis tabel

Tabela 1. Zasoby udokumentowane węgla. Stan na koniec 2020 r., mln ton . . . . .	13
Tabela 2. Wydobycie, zużycie i import węgla w ChRL w tys. ton (w latach 1989-2012) . . . . .	16
Tabela 3. Zasoby i złoża węgla kamiennego w Polsce . . . . .	35
Tabela 4. Eksport oraz import węgla kamiennego w Polsce w latach 2008-2018 . . . . .	37
Tabela 5. Zasoby i rezerwy wybranych pierwiastków w odniesieniu do rocznej produkcji . . . . .	43
Tabela 6. Koszt termoeologiczny dla źródeł pracujących w KSE . . . . .	48
Tabela 7. Porównanie TEC oraz sprawności energetycznej lokalnej i egzergetycznej skumulowanej dla technologii jądrowych i wytwarzania konwencjonalnego . . . . .	48
Tabela 8. Porównanie emisji źródeł energii w ujęciu emisji bezpośredniej i skumulowanej . . . . .	49
Tabela 9. Czynniki analizy SWOT/TOWS – mocne strony oraz szanse . . . . .	55
Tabela 10. Czynniki analizy SWOT/TOWS – słabe strony oraz zagrożenia . . . . .	57
Tabela 11. Zbiorcze wyniki analizy SWOT/TOWS . . . . .	59
Tabela 12. Wyniki analizy SWOT/TOWS ze wskazaniem strategii . . . . .	59
Tabela 13. Przykładowe dobre praktyki w odniesieniu do wybranych działań w zakresie GOZ . . . . .	72

**Transformacja sektora węglowego** – publikacja koncentruje się na zmianach zachodzących w sektorze węglowym na świecie i w Polsce. W opracowaniu dokonaliśmy przeglądu najważniejszych regionów węglowych na świecie, a na ich podstawie opracowaliśmy założenia do modeli transformacji branży. Podjęliśmy także próbę scharakteryzowania polskiego sektora węglowego. Publikacja zawiera zidentyfikowane dobre praktyki w zakresie wykorzystania cyfryzacji do podnoszenia efektywności działania przedsiębiorstw branży węglowej.

**Platforma Przemysłu Przyszłości** – Fundacja powołana przez Ministerstwo Rozwoju i Technologii w celu wzmocnienia kompetencji i konkurencyjności podmiotów prowadzących działalność na terytorium Polski – przedsiębiorców, koordynatorów klastrów, podmiotów działających na rzecz innowacyjnej gospodarki oraz partnerów społecznych i gospodarczych w zakresie cyfryzacji.

[www.przemyslprzyszosci.gov.pl](http://www.przemyslprzyszosci.gov.pl)

Zobacz także:



Zmiany wywołane pandemią COVID-19 w sektorze MŚP i ich wpływ na realizację procesów biznesowych



Praktyczne zastosowanie foresightu technologicznego do rozwiązywania problemów przedsiębiorstw



Międzynarodowy i krajowy przegląd metodik foresightu technologicznego realizowanego przez przedsiębiorstwa



Ulgi i zwolnienia podatkowe wspierające innowacyjność przedsiębiorstw