



Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, sekretariat@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP PL 5250008040

www.pgi.gov.pl

państwowa służba
geologiczna
państwowa służba
hydrogeologiczna



ROZPOZNANIE FORMACJI I STRUKTUR DO BEZPIECZNEGO GEOLOGICZNEGO SKŁADOWANIA CO₂ WRAZ Z ICH PROGRAMEM MONITOROWANIA

RAPORT KOŃCOWY - SEGMENT II (WSTĘPNA CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH STRUKTUR/OBIEKTÓW DO PLANÓW MONITORINGU WŁĄCZNIE)

Koordynator PIG-PIB:

dr inż. Adam Wójcicki

Dyrektor

ds. Państwowej Służby Geologicznej PIG-PIB

mgr inż. Andrzej Przybycin



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

**WYKONANO NA ZAMÓWIENIE MINISTRA ŚRODOWISKA ZA
ŚRODKI FINANSOWE WYPŁACONE PRZEZ NARODOWY
FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ**

Warszawa, listopad 2013

WYKONAWCY (Komitet Programowy)

Imię i nazwisko	Instytucja	Imię i nazwisko	Instytucja	Imię i nazwisko	Instytucja	Imię i nazwisko	Instytucja
dr inż. Adam Wójcicki	PIG-PIB	mgr Wanda Narkiewicz	PIG-PIB	mgr inż. Marek Gałka	PIG-PIB	dr Eleonora Solik-Heliasz	GIG
dr hab. Marek Jarosiński, prof. nzw.	PIG-PIB	mgr inż. Grzegorz Wróbel	PIG-PIB	mgr inż. Sławomir Wilk	PIG-PIB	dr inż. Piotr Rosmus	GIG
mgr Katarzyna Sobień	PIG-PIB	mgr inż. Sylwia Kijewska	PIG-PIB	mgr Jan Kwarciniński	PIG-PIB	mgr inż. Aleksandra Koterias	GIG
dr hab. Grzegorz Pieńkowski, prof. nzw.	PIG-PIB	mgr Katarzyna Pisaniec	PIG-PIB	mgr Anna Chmura	PIG-PIB	mgr Michał Bednarski	GIG
dr Anna Feldman-Olszewska	PIG-PIB	mgr inż. Paweł Poprawa	PIG-PIB	dr inż. Jadwiga Wagner	PIG-PIB	mgr inż. Robert Warzecha	GIG
mgr Hubert Kiersnowski	PIG-PIB	inż. Jacek Chelmiński	PIG-PIB	mgr inż. Zbigniew Kaczorowski	PIG-PIB	mgr inż. Robert Siata	GIG
mgr Leszek Skowroński	PIG-PIB	mgr Maciej Tomaszczyk	PIG-PIB	dr Monika Koniecznyńska	PIG-PIB	mgr inż. Jacek Chodacki	GIG
mgr inż. Teresa Adamczak-Biały	PIG-PIB	mgr Łukasz Nowacki	PIG-PIB	dr Wojciech Wołkowicz	PIG-PIB	mgr inż. Tomasz Urych	GIG
dr Jan Szewczyk	PIG-PIB	mgr Krzysztof Czuryłowicz	PIG-PIB	mgr Dariusz Choromański	PIG-PIB	dr Przemysław Bukowski	GIG
mgr inż. Michał Wojtowicz	PIG-PIB	dr Lidia Razowska-Jaworek	PIG-PIB	prof. dr hab. inż. Józef Dubiński	GIG	dr inż. Magdalena Głogowska	GIG
dr hab. Magdalena Sikorska-Jaworowska, prof. nzw.	PIG-PIB	Tadeusz Grudzień	PIG-PIB	dr hab. inż. Jan Wachowicz, prof. nzw.	GIG	mgr Iwona Augustyniak	GIG
dr Aleksandra Kozłowska	PIG-PIB	Małgorzata Kielan	PIG-PIB	dr hab. inż. Grzegorz Mutke, prof. nzw.	GIG	mgr inż. Michał Gut	GIG
dr Marta Kuberska	PIG-PIB	mgr Janusz Jureczka	PIG-PIB	dr inż. Jarosław Chećko	GIG	dr inż. Tadeusz Bromek	GIG
dr Magdalena Pańczyk	PIG-PIB	mgr Włodzimierz Krieger	PIG-PIB	dr inż. Adam Lurka	GIG	mgr inż. Anna Wątor	GIG
Leszek Giro	PIG-PIB	mgr inż. Michał Rolka	PIG-PIB	dr inż. Krystyna Stec	GIG		

<u>dr hab. inż. Stanisław Nagy, prof. nzw.</u>	AGH	dr inż. Grzegorz Machowski	AGH	dr inż. Piotr Łętkowski	INiG	mgr inż. Konrad Ziemianin	INiG
prof. dr hab. inż. Andrzej Gonet	AGH	mgr inż. Michał Michna	AGH	dr inż. Marcin Rzepka	INiG	mgr inż. Małgorzata Włodarczyk	INiG
prof. dr hab. inż. Henryk Marczak	AGH	mgr inż. Michał Maruta	AGH	dr Krystyna Żukowska	INiG	mgr inż. Marcin Kremieniewski	INiG
prof. dr hab. inż. Stanisław Stryczek	AGH	mgr inż. Andrzej Pasternacki	AGH	mgr inż. Jerzy Kuśnierczyk	INiG	mgr inż. Wacława Piesik-Buś	INiG
prof. dr hab. inż. Jakub Siemek	AGH	mgr inż. Barbara Czopek	AGH	prof. dr hab. inż. Halina Jędrzejowska-Tyczkowska	INiG	mgr inż. Sławomir Szuflika	INiG
dr hab. inż. Rafał Wiśniowski	AGH	mgr inż. Wojciech Machowski	AGH	mgr inż. Andrzej Gołąbek	INiG	mgr inż. Marek Stadtmüller	INiG
mgr inż. Łukasz Klimkowski	AGH	Urszula Bryła	AGH	mgr inż. Krzysztof Miłek	INiG	mgr Iwona Byś	INiG
mgr inż. Rafał Sedlaczek	AGH	mgr inż. Ewa Zubel	AGH	Andrzej Rychlicki	INiG	mgr inż. Mariusz Słyś	INiG
dr inż. Rafał Smulski	AGH	mgr inż. Julian Krach	AGH	mgr inż. Bogdan Filar	INiG	mgr Edyta Dębińska	INiG
dr inż. Czesław Rybicki	AGH	Anna Żołądani -Szelest	AGH	mgr inż. Mariusz Miziołek	INiG	mgr inż. Łukasz Kut	INiG
dr inż. Jan Macuda	AGH	mgr inż. Joanna Rams	AGH	mgr inż. Barbara Piesik-Buś	INiG	inż. Władysława Kędra	INiG
dr hab. inż. Ludwik Zawisza, prof. nzw.	AGH	<u>dr hab. inż. Jan Lubaś, prof. nzw.</u>	INiG	mgr inż. Jadwiga Zamojcin	INiG	inż. Zenobia Kałna	INiG
<u>prof. dr hab. inż. Wojciech Górecki</u>	AGH	dr inż. Grzegorz Leśniak	INiG	mgr Barbara Darlak	INiG	Irena Irlík	INiG
dr inż. Bartosz Papiernik	AGH	mgr inż. Krzysztof Sowizdżał	INiG	mgr inż. Lidia Dudek	INiG	Dorota Piróg	INiG
mgr inż. Marek Hajto	AGH	dr Wiesław Szott	INiG	mgr inż. Józef Such	INiG	Szczepan Filip	INiG

<u>dr hab. inż. Radosław Tarkowski, prof. nzw.</u>	IGSMiE PAN	mgr inż. Katarzyna Batkiewicz	IGSMiE PAN	<u>mgr Tomasz Bąk</u>	PBG		
dr hab. inż. Barbara Uliasz-Misiak	IGSMiE PAN	dr inż. Wiesław Sroczyński	IGSMiE PAN	mgr inż. Cezary Ostrowski	PBG		
prof. dr hab. inż. Sylwester Marek	IGSMiE PAN	mgr inż. Maria Oniszk	IGSMiE PAN	mgr inż. Grzegorz Pacanowski	PBG		
dr Lidia Dziewińska	IGSMiE PAN	mgr inż. Katarzyna Luboń	IGSMiE PAN	dr inż. Marek Wojdyła	PBG		
dr hab. inż. Krzysztof Labus	IGSMiE PAN	Mgr Wojciech Królik	IGSMiE PAN	mgr Krzysztof Lisowski	PBG		
dr inż. Magdalena Wdowin	IGSMiE PAN			Zdzisław Żuk	PBG		

Spis treści

Spis treści.....	5
WSTĘP.....	6
Zakres prac	8
Zarys i uzasadnienie przyjętej metodyki postępowania.....	12

WSTĘP

Celem przedsięwzięcia była realizacja strategii państwa odnośnie Technologii Czystego Węgla w części nawiązującej do Dyrektywy unijnej o geologicznym składowaniu CO₂ („Wniosek dotyczący DYREKTYWY PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla oraz zmieniająca dyrektywy Rady 85/337/EWG, dyrektywy 2000/60/WE, 2001/80/WE, 2004/35/WE, 2006/12/WE i rozporządzenie (WE) nr 1013/2006”; przedstawiony przez Komisję, Bruksela 23 stycznia 2008 r; Dyrektywa przyjęta przez Radę Europejską 12 grudnia 2008, zatwierdzona przez Parlament Europejski w dniu 17 grudnia 2008) oraz zobowiązań naszego kraju wynikających z realizacji protokołu z Kioto i dalszych kroków podjętych przez UE w tym kierunku, jak limity przydzielone w ramach unijnego mechanizmu handlu uprawnieniami do emisji CO₂.

Cele te dotyczyły w pierwszej kolejności rozpoznawania i udokumentowania formacji i struktur geologicznych odpowiednich do geologicznego składowania CO₂ pochodzącego z dużych, przemysłowych źródeł emisji, w związku z rozwojem energetyki zeroemisyjnej w ramach Programu Flagowego UE, zainicjowanego przez Zeroemisyjną Platformę Technologiczną UE (ZEP ETP). Wyniki prac zostaną wykorzystane na potrzeby projektów demonstracyjnych elektrowni zeroemisyjnych w horyzoncie czasowym do 2015 roku (w momencie rozpoczęcia prac były to dwa takie projekty – PGE Bełchatów i PKE & ZAK Kędzierzyn; aktualnie realizowany jest tylko projekt PGE), do opracowania projektów w pełni komercyjnych elektrowni zeroemisyjnych planowanych do budowy po roku 2020 oraz przez jednostki naukowo - badawcze.

Przedmiotem przedsięwzięcia są następujące analizy i raporty obejmujące następujący zakres:

- Podsumowanie dotychczasowego stanu wiedzy dotyczącego geologicznej sekwestracji CO₂
- Podsumowanie dotychczasowych prac i badań dotyczących geologicznej sekwestracji CO₂ (w Polsce i Europie);
- Określenie obecnych uwarunkowań prawnych, zmian w obowiązujących aktach prawnych i normach potrzebnych do realizacji Dyrektywy UE w sprawie geologicznego składowania CO₂;
- Rozpoznawanie formacji i struktur geologicznych odpowiednich do geologicznego składowania CO₂ pochodzącego z przemysłowych źródeł emisji;
- Oszacowanie krajowych potrzeb i możliwości geologicznego składowania CO₂, związanych z realizacją Dyrektywy UE oraz planami rozwoju gospodarczego Polski;
- Integracja wyników oraz planów badań i prac w zakresie geologicznej sekwestracji CO₂ prowadzonych w Polsce oraz współpraca z europejskimi służbami geologicznymi (Niemcy – BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Wielka Brytania - BGS - British Geological Survey, Francja - BRGM - Bureau de recherches géologiques et minières, Holandia – TNO – Holenderska Służba Geologiczna, Dania – GEUS – Służba Geologiczna Danii i Grenlandii, etc.) oraz innymi instytucjami w Europie - Niemcy – RWTH - Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen i świecie - Australia - CSIRO - Australia's

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, USA – DOE - US Department of Energy, USGS – Służba Geologiczna Stanów Zjednoczonych), liczącymi się w tej dziedzinie;

- Opracowanie wielowariantowych (alternatywnych) scenariuszy geologicznej sekwestracji CO₂ na potrzeby projektów demonstracyjnych elektrowni o obniżonej emisji CO₂;
- Opracowanie programu monitoringu dla wytypowanych struktur geologicznych.

Zakres prac

Zakres prac przewidzianych umową zasadniczo jest złożony z dwóch wzajemnie ząbających się segmentów (I – regionalnego i II - szczegółowego).

Segment II obejmuje opracowania wielowariantowych (alternatywnych) scenariuszy geologicznej sekwestracji CO₂ dla potencjalnych podziemnych składowisk (poziomy wodonośne solankowe – minimum 3 obiekty: rejon Bełchatowa, rejon Górnego Śląska oraz jako trzeci albo rejon Warszawy, albo Wielkopolski/Kujaw albo NW Polski; kolektory w wyeksploatowanych złożach gazu ziemnego i/lub ropy naftowej – minimum 1 obiekt albo w Polsce zachodniej albo w SE części Polski, położony w odległości do 80 km od istniejącej albo planowanej instalacji energetycznej; głębokie nieeksploatowane pokłady węgla – 1 obiekt w południowej części Górnego Śląska) – w sumie minimum 5 scenariuszy (Fig. II 0 1), z tego w pierwszej kolejności były realizowane dwa scenariusze na potrzeby demonstracyjnych zeroemisyjnych instalacji energetycznych, których projekty złożyły w roku 2008 do Ministerstwa Gospodarki firmy energetyczne (BOT/PGE Elektrownia Bełchatów S.A. dla rejonu Bełchatowa i Południowy Koncern Energetyczny S.A. dla rejonu Górnego Śląska).

Na segment II składają się następujące opracowania:

- Opracowanie przez wszystkich partnerów konsorcjum szczegółowej bazy danych dla ww. (minimum) 5 obiektów segmentu II – ***Zebranie szczegółowych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych (pkt 1.1.14)***. Obejmuje to wykonanie na podstawie zgromadzonych informacji geologicznych, geofizycznych, hydrogeologicznych, złożowych, geomechanicznych, opracowania komputerowego i tekstowego, dotyczącego następujących zagadnień:
 - a) zagrożeń sejsmicznością;
 - b) ryzyka wycieków dwutlenku węgla ze składowiska;
 - c) oddziaływania wytypowanego podziemnego składowiska dwutlenku węgla na bezpieczeństwo i zdrowie ludzi (rozkład populacji i terenów zurbanizowanych) oraz środowisko;
 - d) konfliktów interesów odnośnie wykorzystywania składowiska (odległość od cennych zasobów naturalnych, w tym chronionych ostoi fauny i flory, zasobów wód użytkowych i węglowodorów), dostępność przemysłowych źródeł emisji dwutlenku węgla;
 - e) możliwości transportu strumienia dwutlenku węgla siecią rurociągów do wyznaczonych składowisk (zgodnie z zał. nr I do projektowanej *Dyrektywy w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla*).
- Opracowanie przez wszystkich partnerów konsorcjum ***Szczegółowych statycznych modeli ośrodka geologicznego składowisk (pkt 1.1.15)*** - kolektorów, nadkładu/uszczelnień i obszarów połączonych hydraulicznie, charakteryzujących budowę strukturalną, zasięg, miąższość oraz

własności geomechaniczne i geochemiczne, obecność i charakter uskoków, rozkłady przestrzeni porowych i przepuszczalności i innych parametrów (z zał. I do projektowanej *Dyrektywy w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla*) dla ww. (minimum) 5 obiektów segmentu II. W skład punktu 15) wchodzi też wykonanie przez PIG Prac laboratoryjnych ***Oznaczenia składu mineralnego próbek skał zbiornikowych i uszczelniających (pkt 1.3.1)*** na potrzeby określenia reaktywności.

- ***Modelowania dynamiczne procesów zatłaczania CO₂ do składowiska (pkt 1.1.16)*** - wykonanie dla ww. (minimum) 5 obiektów segmentu II od około 20 do 25 (po 4-5 wariantów dla każdego obiektu składowiska – PIG, AGH, GIG, INiG) komputerowych modeli dynamicznych procesów zatłaczania dwutlenku węgla do składowiska z wykorzystaniem ww. modeli statycznych, charakteryzujących w perspektywie krótko i długoterminowej efektywność i bezpieczeństwo składowania dwutlenku węgla w kolektorach, maksymalne wydajności zatłaczania dwutlenku węgla, konieczne ilości otworów, przepływy mediów i mechanizmy wiązania dwutlenku węgla, selekcję krytycznych punktów/dróg migracji dwutlenku węgla oraz związane z tym szacowanie ryzyka przedostawania się tego gazu do nadkładu i wycieków. Zagadnienia te obejmują także systemy podwójnej hermetyzacji, opis wrażliwości, reakcje chemiczne płynów z minerałami w obrębie składowiska i nadkładu oraz określenie (symulacje) dynamicznych pojemności geologicznego składowania dwutlenku węgla.
- Opracowanie planów ***Zarządzania ryzykiem geologicznego składowania CO₂ (pkt 1.1.17)***, obejmujące wykorzystanie i integrację wyników (PIG, AGH, GIG, INiG) dotychczasowych badań geofizycznych, hydrodynamicznych, petrofizycznych i modelowań oraz analiz ryzyka szczelinowania formacji składowiska i nadkładu w trakcie zatłaczania, dla ww. (minimum) 5 obiektów segmentu II, w tym:
 - a) ocenę zagrożeń (dla obszarów specjalnie chronionych i zurbanizowanych);
 - b) ocenę skutków wycieków (dla różnych ilości uwolnionego dwutlenku węgla, w różnych skalach czasowych ze składowiska i ew. rurociągów) i sposobów ich minimalizacji, (z zał. I projektowanej *dyrektywy w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla*).
- ***Opracowanie programu monitoringu dla wytypowanych składowisk (pkt 1.1.18)*** - struktur i formacji geologicznych, wykorzystujące doświadczenia z eksperymentów w Ketzin (Niemcy), Kaniowie i innych podobnych projektów badawczych (Lacq, Sleipner, Snohvit, Weyburn, etc.). Prace wykonają wszyscy partnerzy konsorcjum, którzy opracują w ramach tego zadania programy monitoringu stanu początkowego, założenia dla monitoringu w trakcie i po zakończeniu zatłaczania CO₂ dla ww. 5 obiektów, a w szczególności projekty prac geofizycznych na potrzeby monitoringu (sejsmika powierzchniowa – klasyczna 3D i wysoko-rozdzielcza, tomografia sejsmiczna międzyotworowa, metody elektromagnetyczne powierzchniowe i międzyotworowe, grawimetria powierzchniowa, etc.), projekty prac geochemicznych (pomiar powierzchniowe, pobór próbek gleby do analiz laboratoryjnych, polowe analizy składu powietrza glebowego) oraz projekty biomonitoringu (monitoringu przy użyciu biomarkerów).

W ramach II Segmentu wykonano dla powyższego zakresu ramowego (zadania 1.1.14 - 1.1.18) analizy i scenariusze dla następujących obiektów (patrz Fig. II 0 1):

1. Obiekt w poziomach solankowych w rejonie Bełchatowa (Budziszewice-Zaosie) jako potencjalne składowisko dla projektu demonstracyjnego CCS PGE Bełchatów.

2. Obiekt w poziomach solankowych na południowym skraju rejonu GZW (Skoczów-Czechowice) jako potencjalne składowisko dla projektu demonstracyjnego PKE&ZAK Kędzierzyn (anulowany w 2010 roku, możliwy inny projekt CCS Tauronu w rejonie GZW, ale raczej w dalszej perspektywie).

3. Trzeci obiekt w poziomach solankowych to właściwie dwa obiekty/struktury:

- Choszczno-Suliszewo w rejonie NW Polski, ewentualnie na potrzeby aglomeracji szczecińskiej

- Grodzisk-Ujazd-Bukowiec (Niecka Poznańska - megastruktura solankowa, w stropie której występują też złoża gazu) w rejonie Wielkopolski, ewentualnie na potrzeby aglomeracji poznańskiej

4. Kolektory w wyeksploatowanych złożach gazu ziemnego i/lub ropy naftowej - prace wykonano dla trzech obiektów:

- złożo ropy Nosówka koło Rzeszowa (możliwe wspomaganie wydobycia ropy przez zatłaczanie CO₂ od niedużego emitenta z Rzeszowa lub Tarnowa),

- złożo gazu Wilków koło Głogowa (możliwe składowanie CO₂ od emitentów średniej wielkości, tzn. np. z Zagłębia Miedziowego, wspomaganie wydobycia gazu raczej mało perspektywiczne w porównaniu z przypadkiem złoża ropy),

- złożo gazu i kondensatu łąkta wraz z podścielającym poziomem solankowym (możliwe składowanie CO₂ od emitentów średniej wielkości, z aglomeracji krakowskiej lub Tarnowa, obok składowania w solankach także wspomaganie wydobycia gazu i kondensatu na niewielką skalę); przypadek pośredni między scenariuszem 3 i 4 (3a).

5. Głębokie nieeksploatowane pokłady węgla - obiekt Warszowice-Pawłowice (możliwe wspomaganie wydobycia metanu pokładów węgla na niewielką skalę).

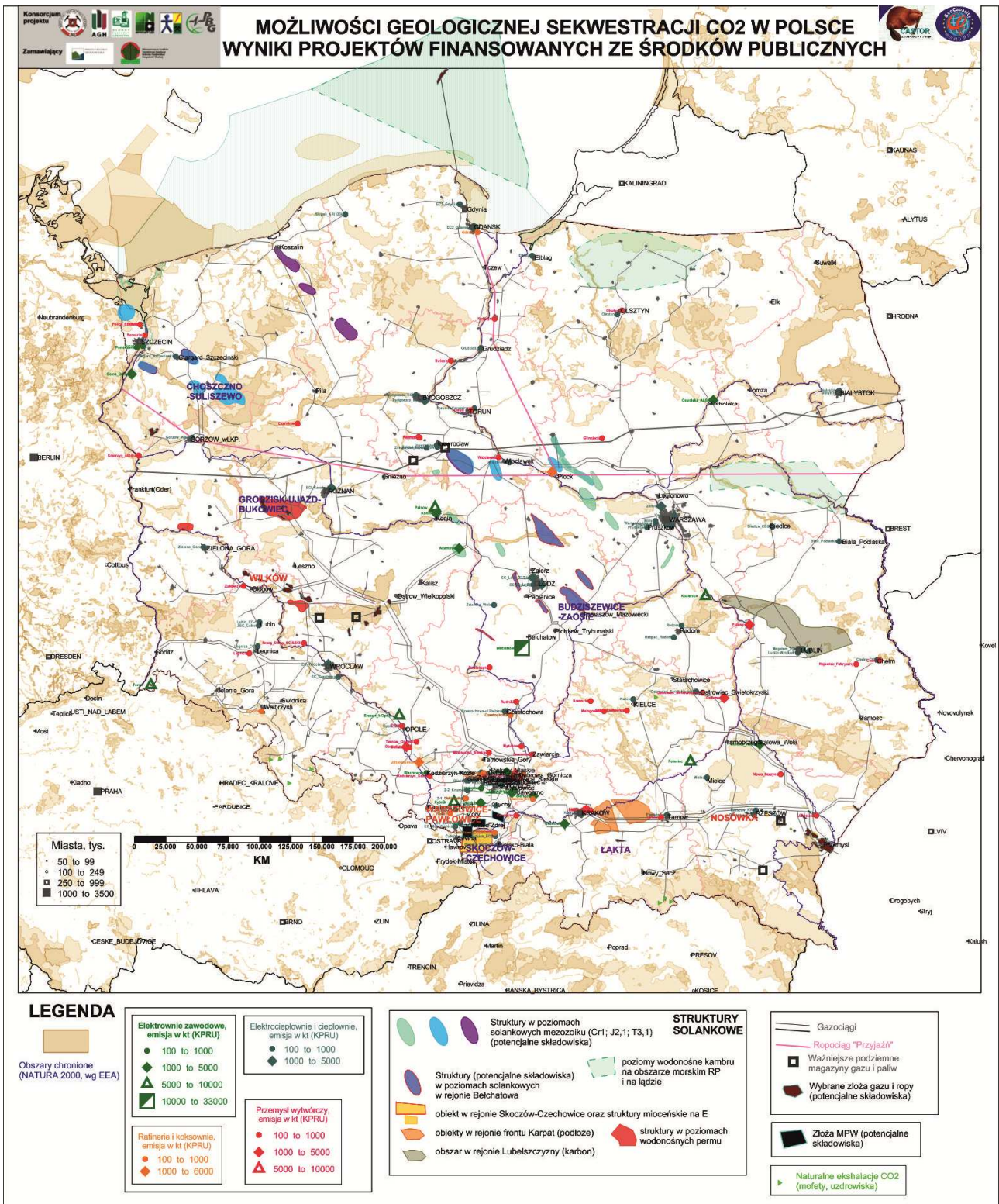


Fig. II 0_1 Wybrane struktury/obiekty – potencjalne składowiska analizowane w ramach Segmentu II (Budziszewice-Zaosie, Skoczów-Czechowice, Grodzisk-Ujazd-Bukowiec, Choszczno-Suliszewo, Nosówka, Wilków, Warszowie-Pawłowice i Łąka), na tle emitentów, obszarów chronionych, gazociągów i pozostałych struktur analizowanych w ramach Segmentu I.

Zarys i uzasadnienie przyjętej metodyki postępowania

(Adam Wójcicki)

Zakres prac przewidziany dla II Segmentu (punkty 1.1.14 – 1.1.18) odnosi się do wymogów Dyrektywy w sprawie geologicznego składowania dwutlenku węgla, a właściwie do Aneksu nr 1 i częściowo Aneksu nr 2 tejże Dyrektywy. Nakłada ona bardzo ostre wymogi odnośnie udokumentowania możliwości wykorzystania formacji czy struktur geologicznych na potencjalne składowiska (konstrukcja modeli statycznych, dynamicznych, analizy ryzyka, plany monitoringu), nie tylko na potrzeby uzyskania koncesji na składowanie ale nawet na rozpoznawanie.

Z uwagi na planowaną, na etapie uzgadniania koncepcji niniejszego przedsięwzięcia i finalizowania umowy, realizację dwóch projektów demo CCS w Polsce (patrz też wstęp do I segmentu), oraz konieczność przygotowania odpowiedniej dokumentacji na potrzeby uruchomienia tychże projektów (w tym zwłaszcza projektu PGE Bełchatów, gdzie dokumentacja ze struktury B-Z – Budziszewice-Zaosie były wykorzystywane jako punkt odniesienia do przygotowania analogicznej dokumentacji ze struktur „rezerwowych”, dla których przewidziano prace polowe) przyjęto w ramach II segmentu taktykę „rozpoznania bojem” odnośnych zapisów Dyrektywy (Aneksu nr 1 i częściowo nr 2), celem zademonstrowania takiej charakterystyki dla 2 potencjalnych składowisk na potrzeby projektów Bełchatów i Kędzierzyn, a także potencjalnych składowisk wybranych dla pozostałych rejonów kraju. Z takim tokiem postępowania wiązał się bardzo obszerny zakres modelowań, zwłaszcza dla struktury wybranej dla rejonu Bełchatowa. Przyjęty w umowie zakres modelowań wynikał również ze stosunkowo nikłych doświadczeń zespołu wykonawców i nikłych doświadczeń krajowych odnośnie modelowań procesów zatłaczania CO₂ do składowisk, zwłaszcza w przypadku poziomów solankowych (dla złóż węglowodorów analogiczne doświadczenia istniały, gdyż nie ma tak wielkiej różnicy między modelowaniem produkcji węglowodorów a modelowaniem zatłaczania takiej czy innej substancji). Wyniki i porównania modelowań będą stanowić materiał wyjściowy dla podmiotów zainteresowanych dla przyszłych studiów wykonalności (CCS ready) i projektowania prac w ramach koncesji na rozpoznawanie potencjalnych składowisk i koncesji na składowanie.

Zgodnie Aneks nr 1 do Dyrektywy, dla potencjalnego składowiska musi być wykonana analiza wykorzystująca wyniki nowych badań potencjalnego składowiska i/lub wszelkie dostępne materiały archiwalne, określająca w szczególności wpływ geologicznego składowania CO₂ na środowisko.

Jeśli chodzi o zapisy Dyrektywy (Aneks 1 oraz 2), to wymagana przez nie metodyka postępowania, odnosząca się do punktów 1.1.14 – 1.1.18, przedstawia się następująco:

(1.1.14)

Zebranie danych dla składowiska i jego otoczenia (przestrzeni, na którą może wpływać składowisko), czyli tzw. kompleksu składowania, w tym danych geologiczno-geofizycznych, hydrogeologicznych, danych odnośnie inżynierii zbiornika (w tym szacunkowych pojemności składowania), geochemii, geomechaniki, sytuacji sejsmicznej, obecności naturalnych i sztucznych potencjalnych dróg ucieczki CO₂ z górotworu (w tym otworów wiertniczych), a także rozkładu populacji, cennych zasobów (także przyrodniczych – w tym NATURA 2000) oraz działalności górniczej prowadzonej w rejonie składowiska i dostępności źródeł emisji dwutlenku węgla, w tym możliwości transportu.

(1.1.15)

Statyczna charakterystyka kompleksu składowania, czyli budowa jego trójwymiarowego modelu, obejmująca strukturę pułapki geologicznej, własności geochemiczne i geomechaniczne zbiornika oraz własności przepływu w zbiorniku, własności nadkładu i otaczających formacji, charakterystykę systemu spękań i antropogenicznych potencjalnych dróg CO₂, poziomego i pionowego zasięgu kompleksu składowania, objętości i rozkładu porów, stanu wyjściowego płynów i innych związanych z tym cech.

(1.1.16)

Charakterystyka dynamicznego zachowania dwutlenku węgla podczas składowania, w tym potencjalna wydajność zatłaczania i właściwości strumienia CO₂, efektywność modelowania zachodzących procesów, procesy reakcji ze skałami, charakterystykę i wyniki symulacji zatłaczania CO₂ w perspektywie krótko i długoterminowej.

(1.1.17)

Charakterystyka wrażliwości oceny na założenia przyjęte dla poszczególnych parametrów dla ww. symulacji dynamicznego zachowania się dwutlenku węgla.

Ocena ryzyka geologicznego składowania dwutlenku węgla, w tym potencjalne drogi wycieku, wielkość potencjalnego wycieku, parametry krytyczne wpływające na potencjalny wyciek, wtórne skutki składowania CO₂ i wszelkie inne możliwe zagrożenia dla zdrowia ludzi i środowiska, ocenę narażenia i skutków tychże zagrożeń dla ludzi i środowiska oraz związane z tym scenariusze.

(1.1.18)

Plan monitoringu kompleksu podziemnego składowania dwutlenku węgla opracowuje się zgodnie z analizą oceny ryzyka i aktualizuje, aby umożliwić porównanie faktycznego i modelowanego zachowania się (oddziaływania) dwutlenku węgla w składowisku, wykrycie znaczących nieprawidłowości, wykrycia migracji CO₂, wykrycia wycieku CO₂ (migracja to w tym przypadku wydostanie się poza kompleks składowania, a wyciek – na powierzchnię), wykrycia znaczącego niekorzystnego wpływu składowania CO₂ na środowisko (w tym wodę pitną, populacje ludzkie, biosferę), oceny skuteczności podejmowanych działań naprawczych oraz aktualizacji oceny bezpieczeństwa i integralności kompleksu składowania w długiej i krótkiej perspektywie. Monitoring jest prowadzony przed rozpoczęciem zatłaczania CO₂ do składowiska (monitoring zerowy – jest on również elementem rozpoznania potencjalnego składowiska), w trakcie eksploatacji składowiska i po jego zamknięciu.

Dla przykładu, poniżej (**Fig. II 0_2**) przedstawiono relację prac wykonanych w ramach II segmentu, np. dla struktury B-Z, do cyklu życia projektu demo CCS PGE Bełchatów, w przypadku wybrania struktury na składowisko demo. Wyniki II segmentu (a także analiz z I segmentu odnoszące się do rejonu struktury) były analizowane na etapie wyboru struktury na składowisko projektu demo CCS, a w przypadku jej wyboru stanowiłyby materiał do opracowania dokumentacji do wniosku na koncesję na rozpoznanie składowiska. W ramach koncesji na rozpoznanie wykonane zostałyby nowe prace polowe, w tym prace sejsmiczne i nowe otwory badawcze, przeprowadzono monitoring zerowy i ewentualnie testowe zatłaczanie. Modele i analizy (w tym plany monitoringu) wykonane w II segmencie zostałyby uaktualnione o wyniki nowych

badań, otrzymane stąd rezultaty posłużyłyby do opracowania dokumentacji do koncesji na składowanie. Po uzyskaniu koncesji na składowanie budowana jest infrastruktura składowiska, a po zakończeniu prac konstrukcyjnych (w tym wiertniczych) i ich odbiorze, rozpoczyna się eksploatacja składowiska (zatłaczanie pełnoskalowe, monitoring). Co pewien czas, ustalony w koncesji, przeprowadza się analizy i modelowania o podobnym zakresie, jaki został wykonany w ramach II segmentu dla struktury, jak i w ramach koncesji na rozpoznanie. Podobne prace wykonuje się po zakończeniu eksploatacji składowiska. Wymagane w ramach koncesji na składowanie i po jej wygaśnięciu prowadzenie monitoringu, mającego na celu m.in. porównanie faktycznego i modelowanego zachowania się (oddziaływania) dwutlenku węgla w składowisku, wymaga więc systematycznych uaktualnień analiz i modelowań prowadzonych przez cały okres życia projektu.

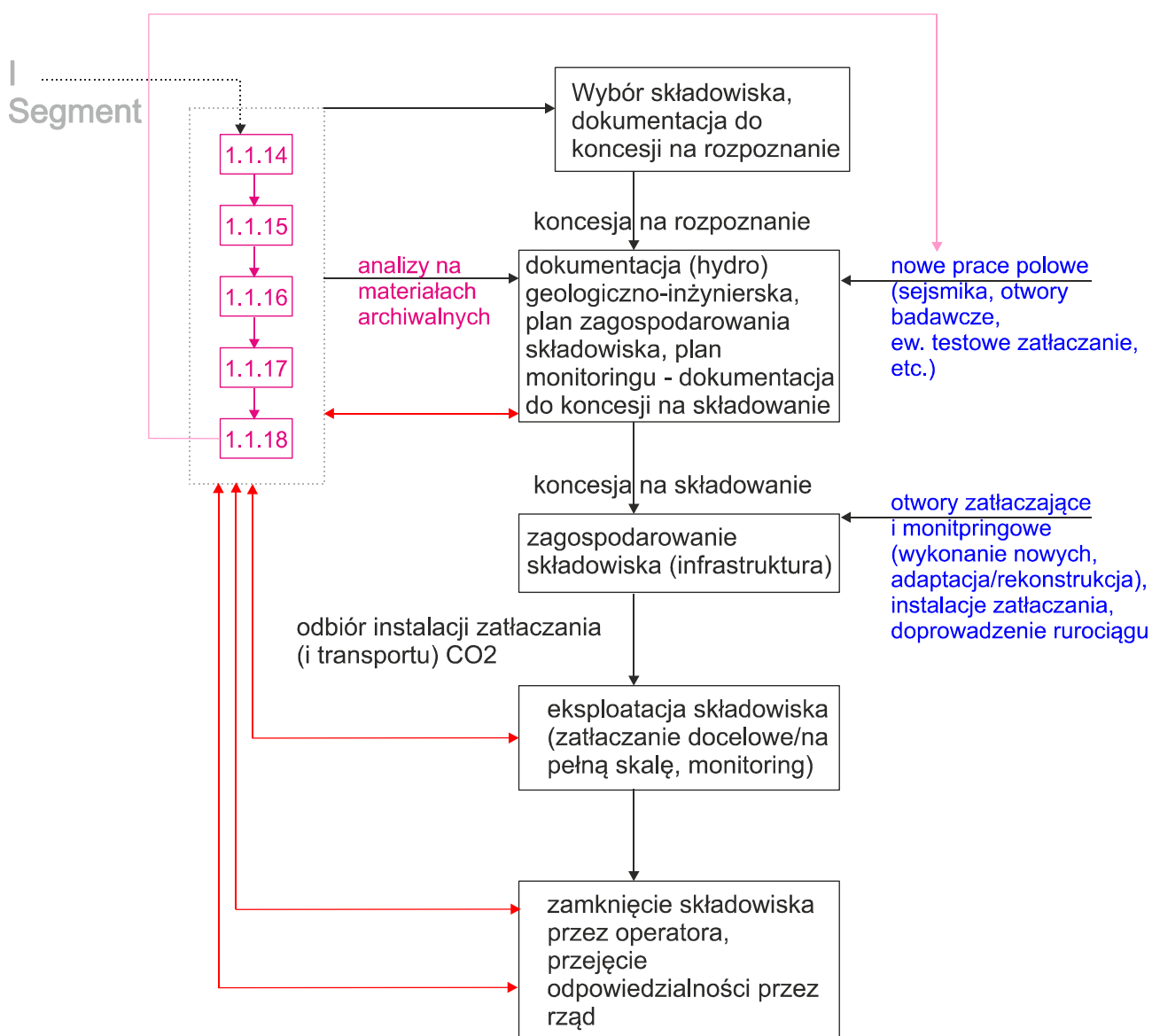


Fig. II 0_2 Relacja prac wykonanych w ramach II segmentu, np. dla struktury B-Z, do cyklu życia projektu demo CCS PGE Bełchatów, w przypadku wybrania struktury na składowisko demo.