



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

STUDIUM WYKONALNOŚCI dla potrzeb sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin

Finansujący:

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
ul. Konstruktorska 3A, 02-673 Warszawa



Finansowano ze środków
Narodowego Funduszu Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej

Wykonawca:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
Program Bezpieczna Infrastruktura i Środowisko



Opracował zespół BDGI pod kierunkiem :

mgr Krzysztofa Majera upr. geol. VI-0418



Warszawa, grudzień 2013

Skład zespołu opracowującego:

Imię i nazwisko	Uprawnienia
dr Edyta Majer	upr. geol. VI-0412
mgr Eliza Dziekan-Kamińska	
mgr Krzysztof Majer (kierownik Zadania)	upr. geol. VI-0418
mgr Paweł Pietrzykowski	upr. geol. VI-0419, XI-060/MAZ, XII-192/MAZ
mgr Adama Roguski	upr. geol. VII-1510, XI-070/MAZ
mgr Izabela Samel	upr. geol. VII-1503

Spis treści

1	Wstęp	3
2	Charakterystyka ogólna terenu badań.....	5
2.1	Lokalizacja terenu badań.....	5
2.2	Zagospodarowanie powierzchni terenu.....	8
2.3	Obszary chronione.....	8
2.4	Geomorfologia i hydrografia	10
3	Charakterystyka budowy geologicznej terenu badań.....	12
3.1	Zarys budowy geologicznej	12
3.2	Warunki hydrogeologiczne.....	14
3.3	Warunki geologiczno-inżynierskie.....	15
3.4	Występowanie złóż kopalin.....	19
4	Stopień udokumentowania terenu badań	21
4.1	Rozpoznanie dotychczasowe.....	21
4.2	Dodatkowe prace uszczegóławiające stopień udokumentowania terenu badań.....	22
5	Możliwości osiągnięcia celu – wykonania bazy danych i atlasu geologiczno-inżynierskiego	24
5.1	Gromadzenie danych otworowych wraz z utworzeniem i prowadzeniem Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) aglomeracji Lublin.....	25
5.2	Gromadzenie wektorowych i rastrowych danych przestrzennych dla opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin.....	29
5.3	Opracowanie Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.....	30
5.4	Udostępnienie Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.....	31
5.5	Oszacowanie kosztów wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.....	32
6	Podsumowanie.....	35
7	Literatura, akty prawne, normy	36
7.1	Literatura	36
7.2	Akty prawne	37
7.3	Normy.....	38
7.4	Strony internetowe	38

STUDIUM WYKONALNOŚCI
dla potrzeb sporządzenia
Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin

1 Wstęp

Niniejsze Studium wykonalności zostało wykonane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, który pełni rolę Państwowej Służby Geologicznej (Art. 163 ust. 1 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze Dz. U. 2011 Nr 163 poz. 981). Opracowanie powstało w ramach przedsięwzięcia: „Prowadzenie i aktualizacja Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) wraz ze sporządzeniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego wybranych obszarów kraju w skali 1:10 000”, w ramach zatwierdzonego przez Ministra Środowiska – Planu Zadań Państwowej Służby Geologicznej.

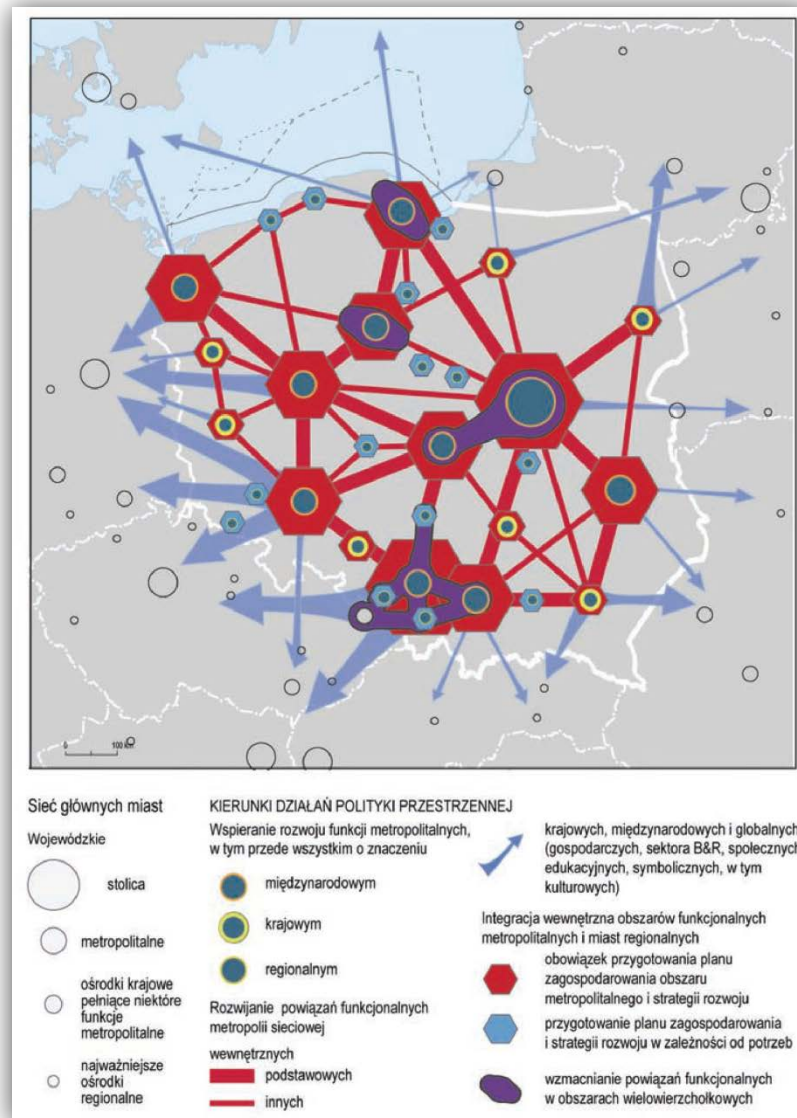
Przedmiotem *Studium wykonalności* jest rozpoznanie stopnia udokumentowania obszaru aglomeracji Lublin w oparciu o dostępne opracowania geologiczne (złożowe, hydrogeologiczne, geologiczno-inżynierskie itp.). W ramach przedsięwzięcia zostanie oszacowana liczba dodatkowych prac takich jak kartowanie geologiczno-inżynierskie oraz wiercenia wraz z opróbowaniem, niezbędnych do uszczegółowienia wiedzy na temat modelu budowy geologicznej obszaru opracowania. Na tej podstawie zostanie ustalony przybliżony zakres prac wykonania zadania pod nazwą „*Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z wykonaniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin*”.

Studium wykonalności uwzględnia dotychczasowe rozpoznanie geologiczne obszaru aglomeracji, Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Lublin oraz wskazania i potrzeby Władz Miasta Lublina, a także geologa wojewódzkiego.

Sporządzenie bazy danych geologiczno-inżynierskich i wykonanie Atlasu geologiczno-inżynierskiego dla aglomeracji Lublin wpisuje się w kierunki działań określone w Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 – KPZK 2030 (Monitor Polski 2012 r, Poz. 252) (Rys. 1). Polityka przestrzenna Polski wyrażona w KPZK 2030 służy podniesieniu konkurencyjności głównych ośrodków miejskich i wprowadza nowe podejście do rozwoju, jako tak zwane „zintegrowane podejście terytorialne”.

Wyrazem realizacji „zintegrowanego podejścia terytorialnego” wobec polskich obszarów miejskich jest Krajowa Polityka Miejska – KPM (Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 2014), wobec której zostały wskazane zadania do realizacji dla instytucji i jednostek administracji rządowej. Podstawowym celem KPM jest wzmocnienie zdolności miast i obszarów zurbanizowanych do kreowania zrównoważonego rozwoju.

Oznacza to, że Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, który pełni funkcję Państwowej Służby Geologicznej, nadzorowanej przez Ministra Środowiska realizując zadanie „Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z wykonaniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin”, wypełnia założenia Krajowej Polityki Miejskiej wpisując się w kierunki działań w niej wyznaczone.



Rys. 1 Kierunki działań polityki przestrzennej
służące podniesieniu konkurencyjności głównych ośrodków miejskich (KPZK 2030)

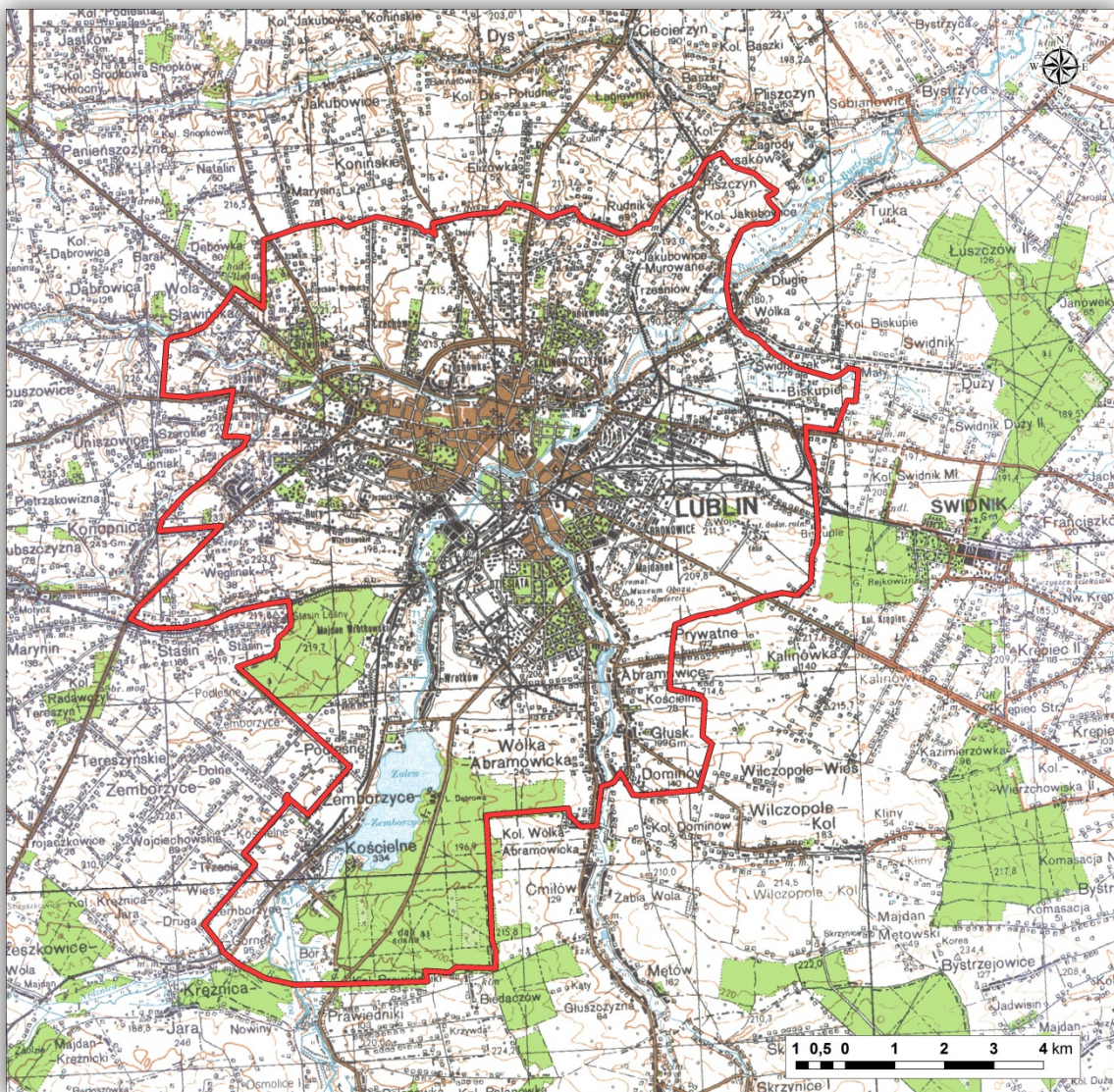
Baza danych i atlas geologiczno-inżynierski będą także użyteczne dla administracji państwowej, rządowej i samorządowej oraz dla sektorów gospodarki związanych z przemysłem, budownictwem i usługami, a także dla inwestorów, mieszkańców aglomeracji i geologów. Władze samorządów terytorialnych aglomeracji lubelskiej uzyskają źródło danych, które stanowi podstawę planowania przestrzennego i podejmowania decyzji w sferze inwestycji infrastrukturalnych i budowlanych, zgodnie z Koncepcją Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 i Krajową Polityką Miejską.

2 Charakterystyka ogólna terenu badań

2.1 Lokalizacja terenu badań

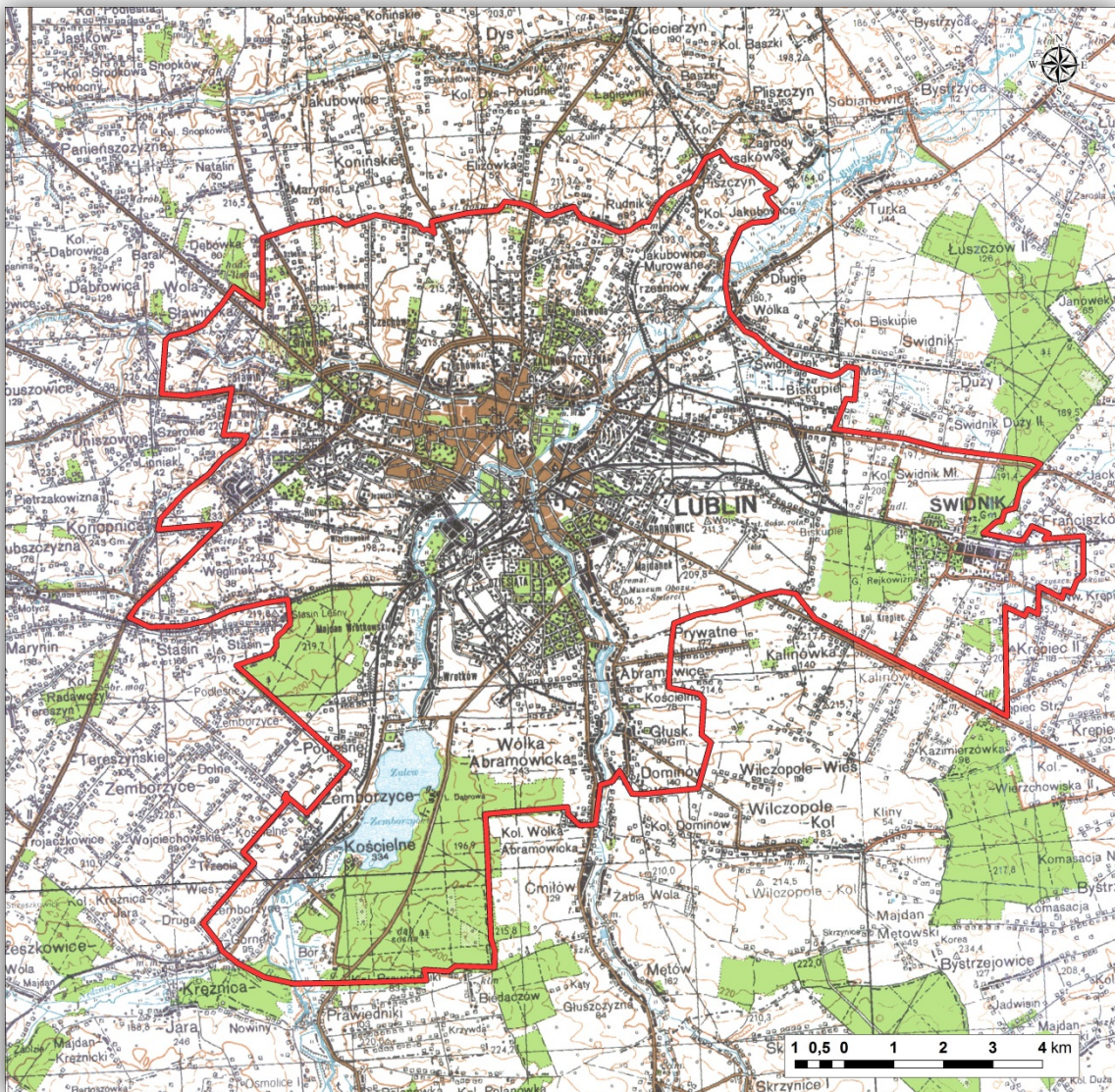
Miasto Lublin jest głównym elementem będącym podstawą niniejszego *Studium wykonalności*. Jednak ze względu na perspektywę rozwoju aglomeracji wzięto pod uwagę trzy warianty dla możliwego obszaru opracowania.

Wariant I (podstawowy) to najmniejszy obszar objęty granicami miasta Lublin (Rys. 2), którego powierzchnia wynosi około 144,0 km².



Rys. 2 Wariant I obszaru opracowania - teren miasta Lublina

Wariant II (Rys. 3) opracowania obejmowałby miasto Lublin oraz obszar miasta Świdnik o powierzchni 20,35 km². Łączny obszar opracowania to około 164,2 km².



Rys. 3 Wariant II obszaru opracowania - teren miasta Lublin i Świdnik

Lokalizacja dwóch pierwszych wariantów terenu studium wykonalności jest powiązana z granicami administracyjnymi Lublina i Świdnika. Teren ten zlokalizowany jest w województwie lubelskim i obejmuje obszar miast Lublina i Świdnika tworzących aglomerację na potrzeby planowanego opracowania. Lublin jest miastem na prawach powiatu o powierzchni 147 km², a Świdnik jest miastem i gminą w powiecie świdnickim, o powierzchni 20,35 km².

Lublin leży na środkowym wschodzie Polski i jest największym miastem w Polsce na wschód od Wisły. Lublin jest położony na północnym skraju Wyżyny Lubelskiej na wysokościach 163-238 m n.p.m., nad rzeką Bystrzycą dzielącą miasto na dwie części. Jest to centralne miasto aglomeracji lubelskiej i stolica województwa lubelskiego. Do miasta dochodzą drogi krajowe nr 12; 17; 19; 82 i drogi wojewódzkie nr 809; 822; 830 i 835.

Świdnik położony jest na Płaskowyżu Świdnickim (wg J. Kondrackiego), należącym do Wyżyny Lubelskiej. Jest to równina denudacyjna, ulegająca erozji i wietrzeniu, pozbawiona pokrywy lessowej, w przeciwieństwie do okolicznych mezoregionów. Miasto znajduje się około 10 km na wschód od Lublina drogą krajową nr 12; 17 lub drogą wojewódzką nr 822 oraz kilkadziesiąt kilometrów od przejść granicznych z Ukrainą (w Dorohusku) i Białorusią (w Terespolu). Świdnik położony jest niedaleko terenów wypoczynkowych Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego, około 30 km na południowy zachód.



Rys. 4 Wariant III obszaru opracowania - miasto Lublin, Świdnik oraz fragmenty przyległych gmin

Obszar opracowania może zostać rozszerzony o dodatkowe fragmenty gmin przyległych do granic Lublina, w zależności potrzeb jednostek samorządowych (rozwój urbanistyczny aglomeracji lubelskiej) i dostępności materiałów archiwalnych. Dlatego **Wariant III** opracowania obejmowałby miasto Lublin, miasto Świdnik oraz przyległe do nich fragmenty sąsiadujących gmin (Rys. 4). Łączny obszar opracowania wynosiłby około 314,5 km².

2.2 Zagospodarowanie powierzchni terenu

Tereny miast Lublin i Świdnik, czyli pierwszego i drugiego wariantu, mają bardzo podobny stopień zurbanizowania. Tereny zabudowane stanowią około 43,8% z czego około 28,66% powierzchni jest użytkowane jako tereny przemysłowe a około 17,4% użytkowane jako inne tereny zabudowane (budownictwo mieszkaniowe, rekreacja itp.). Ponadto niemal 6,7% powierzchni jest sklasyfikowana jako teren zurbanizowany – niezabudowany, a około 1,6% powierzchni to drogi. Pozostała część powierzchni, około 0,14% powierzchni to grunty orne, około 0,2% powierzchni to grunty rolne zabudowane, natomiast około 45% powierzchni jest użytkowanych jako tereny różne (grunty przeznaczone do rekultywacji, niezagospodarowane grunty zrehabilitowane, wały ochronne, tereny powojenne itp.).

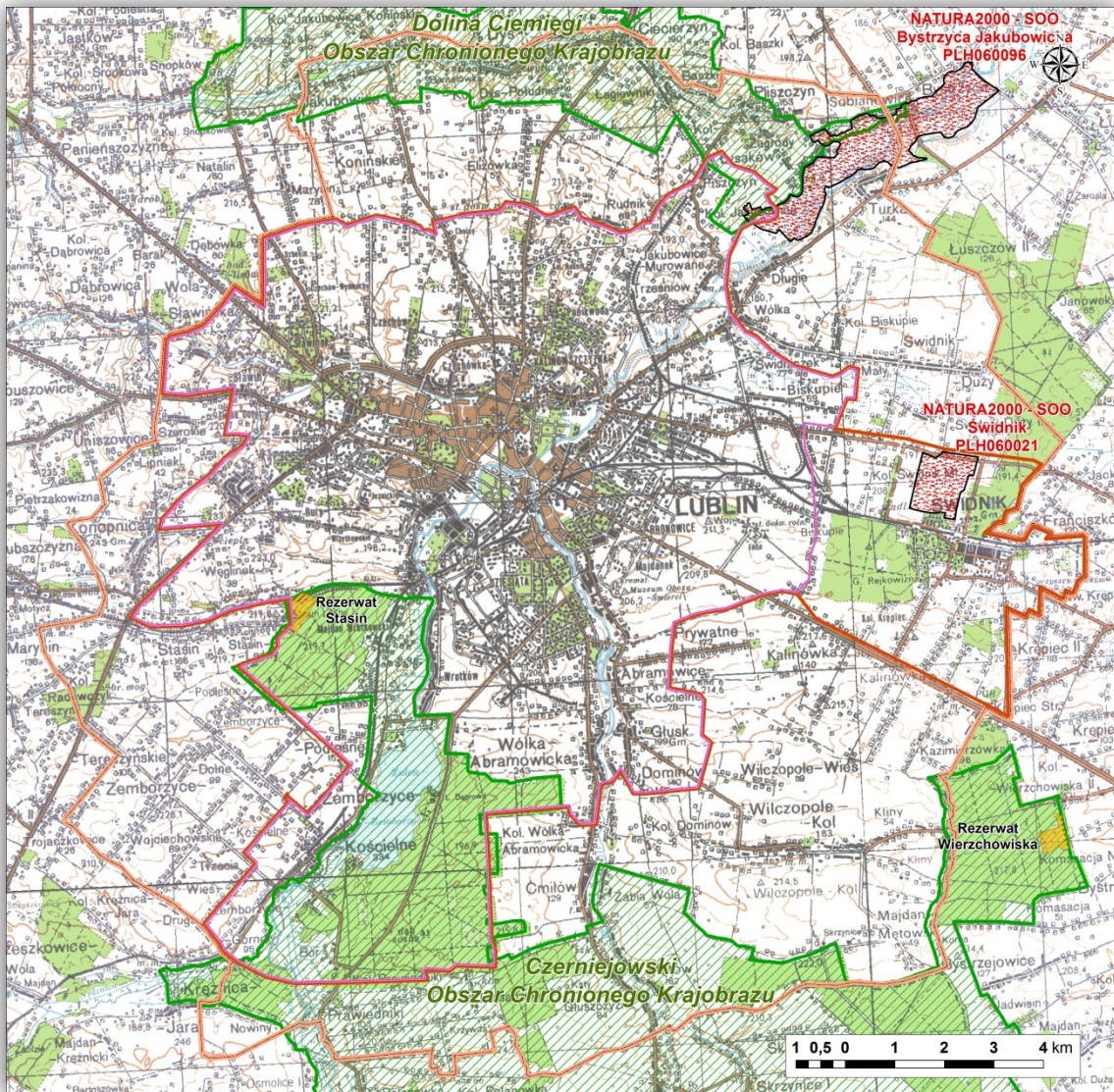
W przypadku trzeciego wariantu udział terenów rolnych i leśnych wzrasta znacząco kosztem terenów zurbanizowanych. Tereny upraw rolnych wraz z łąkami to niemal 45% powierzchni. Lasy natomiast zajmują obszar o powierzchni niemal 20%.

Nie bez znaczenia jest także powierzchnia zajmowana przez zbiorniki wodne. W każdym z wariantów jest to niemal 3 km². Znaczny udział ma w tym Zalew Zemborzycy. Jest to wybudowany w 1974 roku zbiornik retencyjny na rzece Bystrzycy, położony w granicach administracyjnych Lublina, w dzielnicy Zemborzycze.

2.3 Obszary chronione

Od północnej strony miasto Lublin graniczy z obszarem Chronionego Krajobrazu „Dolina Ciemięgi” (Rys. 5). Obszar ten znajduje się głównie na terenie gminy Niemce, a także częściowo na terenie gmin Wólka i Jastków. Jest to obszar o dużej atrakcyjności krajobrazowej. Jego głównym walorem jest głęboko wcięta dolina rzeki Ciemięgi z przylegającymi do niej stokami lessowymi, na których rozwinęła się gęsta sieć wąwozów i suchych dolin z ciekawą roślinnością kserotermiczną (ciepło i sucholubną). Dominuje tu krajobraz rolniczy, z wilgotnymi łąkami, łągami oraz ciepłolubnymi murawami na zboczach doliny Ciemięgi i licznych wąwozów.

Częściowo w granicach administracyjnych Lublina (teren wokół Zalewu Zemborzycy) znajduje się Czerniejowski Obszar Chronionego Krajobrazu – CzOChK (Rys. 5). Poza częścią Lublina obejmuje także cały obszar gminy Jabłonna, południową część gminy Głusk, północną część gminy Strzyżewice oraz północną część gminy Bychawa. Generalnie swoim zasięgiem obejmuje tereny położone pomiędzy korytem rzeki Bystrzycy i Czerniejówki. Północną część CzOChK, głównie w obrębie miasta Lublina, stanowią lasy: Stary Las, Las Dąbrowa i Las Wierzchowiska. Na obszarze CzOChK jak i opracowania znajduje się rezerwat „STASIN” – o powierzchni 24,40 ha. Celem ochrony jest zachowanie fragmentu lasu liściastego z wieloma gatunkami chronionymi zarówno fauny jak i flory. Rosną tutaj: brzoza czarna, wawrzynek wilczełyko, parzydło leśne, lilia złotogłów, podkolan zielonawy, gnieźnik leśny i sromotnik bezwstydy. Występuje tu również 19 gatunków ptaków chronionych takich jak: grubodziób, muchówka żałobna, dzięcioł duży, wilga.



- | | |
|---|--|
|  Wariant 1 opracowania |  Obszary siedliskowe NATURA2000 - SOO |
|  Wariant 2 opracowania |  Rezerваты |
|  Wariant 3 opracowania |  Obszary chronionego krajobrazu |

Rys. 5 Obszary chronione na obszarze opracowania

Na wschód od Lublina został wyznaczony Obszar Natura 2000 Świdnik – obszar siedliskowy (kod PLH060021) o pow. 122,8 ha, położony na Wyżynie Lubelskiej, na Płaskowyżu Świdnickim. Jest to trawiasta płyta lotniska o długości 1240 m (północ-południe), szerokości 1000 m (wschód-zachód). Znajduje się tutaj najliczniejsza z siedmiu zwartych kolonii susła perełkowanego (*spermophilus suslicus*) w Polsce. Teren lotniska jest minimalnie nachylony w kierunku północnym. Trawiasta powierzchnia lotniska jest w sposób ciągły konserwowana (wyrównywane są nierówności i podsiewana jest trawa). Całość lotniska koszona jest dwukrotnie, natomiast pasy startowe sześciokrotnie w ciągu roku.

Na północny wschód od Lublina wyznaczono Obszar Natura 2000 Bystrzyca Jakubowicka – obszar siedliskowy (kod PLH060096) o pow. 456,2 ha. Ostoja jest położona na Wyżynie Lubelskiej, na północny wschód od miasta Lublina. Obejmuje fragment doliny Bystrzycy, przyujściowy odcinek doliny Ciemięgi wraz z widłami obu rzek, a także fragmenty stoków dolin. Bystrzyca Jakubowicka jest ważną ostoją staroduba łąkowego z wysoką liczebnością, jedną z najwyższych w województwie. Ponadto obszar jest ważnym siedliskiem dla populacji czterech gatunków motyli z Załącznika II Dyrektywy Siedliskowej. Liczebność ich populacji również należy do największych w województwie lubelskim. Na terenie obszaru znajduje się ponadto stanowisko kumaka nizinnego. Na terenie Bystrzycy Jakubowskiej znajdują się również niewielkie populacje chronionych gatunków roślin: miłka wiosennego, kosaćca bezlistnego oraz goździka pysznego.

2.4 Geomorfologia i hydrografia

Obszar przewidywanego opracowania (Rys. 6) położony jest w obrębie makroregionu Wyżyna Lubelska (Kondracki J. 2002) i znajduje się w obrębie mezoregionów:

343.12 Płaskowyż Nałęczowski – buduje go gruba seria lessu, spoczywająca na warstwach górnokredowych, glinach morenowych oraz piaskach i żwirach fluwioglacjalnych,

343.13 Równina Bełżycka – zbudowana z warstw górnokredowych z cienką, zdenudowaną pokrywą czwartorzędu,

343.16 Płaskowyż Świdnicki – zdenudowana równina, w dużej mierze pozbawiona pokrywy lessowej, z odsłoniętymi marglistymi warstwami górnokredowymi,

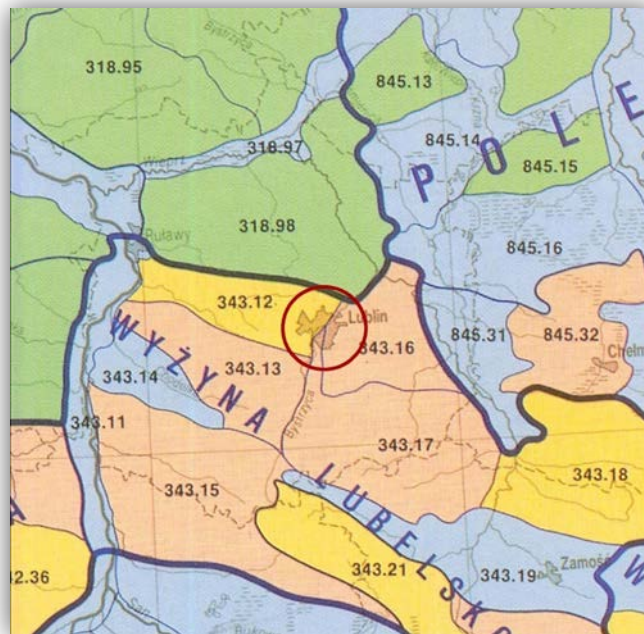
343.17 Wyniosłość Giełczewska – intensywne urzeźbienie, płytkie less na przemian z Teren planowanego opracowania zlokalizowany jest na obszarze Wyżyny Lubelskiej będącej częścią większego wydzielenia fizyczno-geograficznego Wyżyny Lubelsko-Lwowskiej w obrębie Wyżyn Polskich. Na Wyżynie Lubelskiej granice prac obejmą mezoregiony: Płaskowyż Nałęczowski, Równinę Bełżycką, Płaskowyż Świdnicki i Wyniosłość Giełczewską. Poza wyżyną lessową Płaskowyżu Nałęczowskiego pozostałe 3 wyżyny są wyżynami węglanowymi.

Płaskowyż Nałęczowski osiąga wysokość ponad 200 m n.p.m. z kulminacją na 253 m n.p.m. i opada na południe do Równiny Bełżyckiej. Od wschodu ogranicza go dolina rzeki Bystrzycy, która jest głównym ciekim w rejonie. Cała sieć hydrograficzna na analizowanym obszarze należy do dorzecza Bystrzycy, która odprowadza wody do Wieprza. Do Bystrzycy w dokumentowanym rejonie dopływają kolejno od północnego zachodu Czechówka i Ciemięga.

Równina Bełżycka jest zdenudowanym peryglacjalnie regionem o niewielkich wysokościach względnych lecz na dziale wodnym pomiędzy Wisłą i Bystrzycą wysokości bezwzględne przekraczają 230 m n.p.m.

Na wschód od Bystrzycy, w północnej części dokumentowanego terenu znajduje się Płaskowyż Świdnicki, który jest również płaską równiną denudacyjną, pozbawioną charakterystycznej dla regionu pokrywy lessowej. Na terenie płaskowyżu zlokalizowany jest w okolicy analizowanego obszaru, Nadwieprzański Park Krajobrazowy i, na wschód od Świdnika, rezerwat „Wierzchowiska”.

Najwyższą częścią Wyżyny Lubelskiej jest Wyniosłość Giełczewska obejmująca południową część dokumentowanego terenu na wschód od Bystrzycy. Od północnej strony Wyniosłość Giełczewska przechodzi bez wyraźnej granicy w Płaskowyż Świdnicki a na zachodzie graniczy z doliną Bystrzycy. Na południowy zachód od terenu, w Zemborzycach, znajduje się powstały na Bystrzycy w 1973 r. zalew dla celów retencyjno-przeciwpowodziowych i rekreacyjnych, znany obecnie jako Jezioro Zemborzyckie. Wysokość spiętrzenia wynosi ok. 4 m a powierzchnia zalewu wynosi około 2,3 km².



Rys. 6 Lokalizacja opracowania na tle regionów mezoregionów fizyczno-geograficznych w Polsce (Kondracki J., 2009)

Miasto Lublin leży na Wyżynie Lubelskiej (na granicy Płaskowyżu Nałęczowskiego, Płaskowyżu Świdnickiego i Wyniosłości Giełczewskiej), nad rzeką Bystrzycą – lewobrzeżnym dopływem Wieprza. Na terenie miasta do Bystrzycy wpadają dwie strugi: Czerniejówka i Czechówka. Przez miasto płynie też czwarta rzeka – Nędznica, zwana również Krężniczanką.

Dominujące formy rzeźby na dokumentowanym terenie są ściśle powiązane z budową geologiczną. Na północny zachód od doliny Bystrzycy znajdują się równiny lessowe przecinane mniejszymi dolinami rzeczными Czechówki i Ciemięgi. Dolina Bystrzycy przecina dokumentowany teren na szerokości do 2 km (wraz z tarasami), z płaskim zatorfionym dnem o szerokości 1 km, z piaszczystymi tarasami nadzalewowymi po obu stronach. Na wschód od doliny Bystrzycy dominują formy pochodzenia denudacyjnego z charakterystycznymi progami denudacyjnymi, często o założeniach strukturalnych. Lokalnie występują równiny torfowe, np. w okolicy Świdnika Małego, Świdniczka i wzdłuż dolin rzecznych.

3 Charakterystyka budowy geologicznej terenu badań

Analiza budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych została przeprowadzona w oparciu o:

- Szczegółową mapę geologiczną Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusze: Lublin - 749 (Butrym J. i in., 1982), Niedzwica - 785 (Albrycht A. i in, 1989), Bychawa - 786 (Albrycht A. i in, 1989),
- Mapę geologiczną Polski w skali 1:200 000, arkusz Lublin, (Malinowski J., Mojski J.E., 1978)
- Mapę hydrogeologiczną Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusze: Bełżyce - 748 (Pietruszka W. i in., 2002), Lublin - 749 ((Pietruszka W. i in., 2002), Niedzwica - 785 (Czerwińska-Tomczyk J. i in, 1997), Bychawa - 786 (Pietruszka W. i in., 1997),

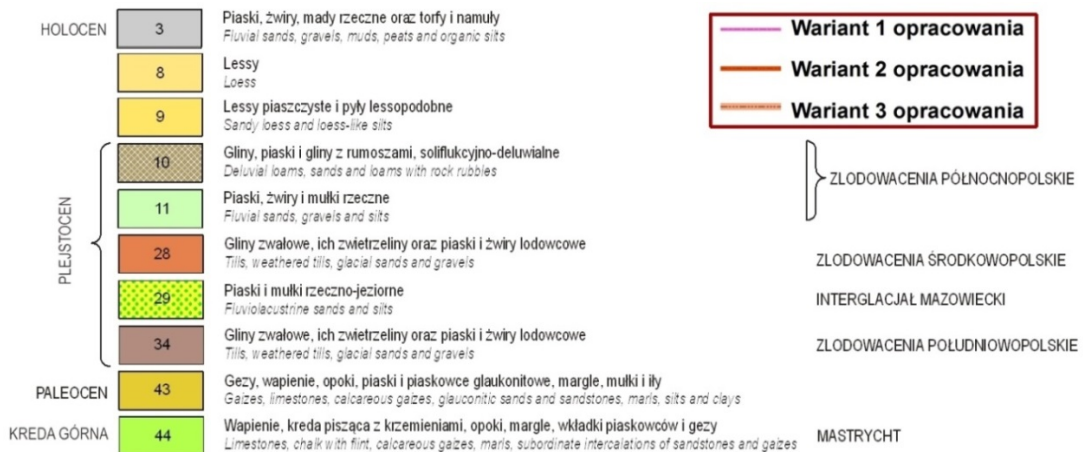
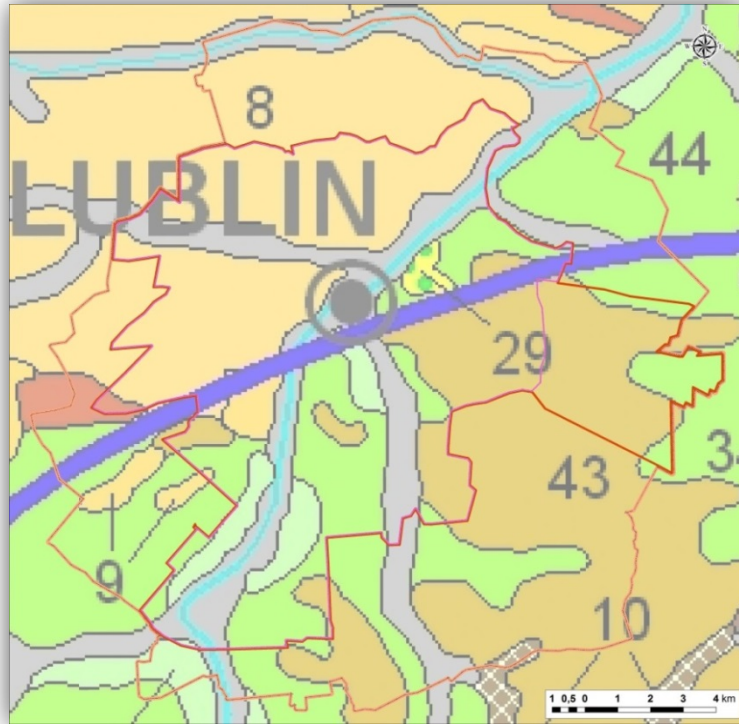
Obszar opracowania jest zróżnicowany pod względem morfologicznym jak i geologicznym. Teren objęty Studium położony na Wyżynie Lubelskiej zbudowany jest ze skał wapiennych, powstałych w morzu w końcu ery mezozoicznej. Podczas epoki lodowcowej została ona pokryta grubą warstwą lessu. Woda utworzyła w nim wiele wąwozów i parowów. Ten zróżnicowany geograficznie obszar zbudowany jest ze skał węglanowych różnego wieku. Przykrywają je osady czwartorzędowe o zróżnicowanej miąższości, z których największe rozprzestrzenienie mają lessy. To one sprawiają, że na dużych obszarach dominują wyraziste elementy erozyjnego krajobrazu lessowego. Less stał się też podłożem najlepszych gleb w Polsce.

3.1 Zarys budowy geologicznej

Najniższe partie podłoża omawianego obszaru badań, stanowi prekambryjski maszyf krystaliczny płyty wschodnioeuropejskiej pokryty młodszyimi utworami paleozoicznymi. Osady dewonu wykształcone są w postaci piasków z wkładkami mułowców (dewon dolny) i skał węglanowych (dewon środkowy i górny), łącznie przekraczają 2600 m miąższości. Nad nimi zalegają osady karbonu budujące wielki basen węglowy. Zastępują one na szczególną uwagę ze względu na fakt, iż tworzą samodzielną jednostkę strukturalną różniącą się od skał podłoża i młodszych, leżących nad nimi utworów mezozoiku. Wśród osadów karbonu istotne znaczenie posiadają tzw. warstwy lubelskie (westfal), które charakteryzują się występowaniem pokładów węgla kamiennego. Strop warstw lubelskich zalega na głębokości około 1200 m p.p.t., co na dzień dzisiejszy, mimo występowania pokładów bilansowych, ogranicza możliwość gospodarczego ich wykorzystania.

Pokrywą mezozoiczną budują skały osadowe, a wśród nich węglanowe osady jurajskie, piaszczysto – węglanowe osady kredy dolnej i potężna seria (około 800 – 900 m) skał węglanowych i węglano-krzemionkowych kredy górnej. Te ostatnie, należące do górnego mastrychtu, reprezentowane są przez miękkie skały typu kredy piszącej przechodzące ku górze w kompleks utworów z przewagą margli i opok z minimalnym udziałem gez. Margle i opoki tworzą wychodnie wzdłuż doliny Bystrzycy na terenie miasta

Lublin, w jego wschodniej części. Ma to swoje odzwierciedlenie w rzeźbie terenu, ponieważ margle, jako mniej odporne na procesy wietrzenia i podlegające krasowieniu, objawiają się obniżeniami terenu, a opoki bardziej twarde, tworzą lokalne wzniesienia. Cechą charakterystyczną utworów górnej kredy jest ich duże spękanie.



Rys. 7 Fragment Mapy Geologicznej Polski w skali 1:500 000 (Marks L., i in., 2006)

Skały trzeciorzędu (kenozoik) o miąższości kilkudziesięciu metrów wykształcone są najczęściej w postaci gez. Stratygraficznie należące do paleocenu, występują zwartą pokrywą w zachodniej części miasta i stanowią warstwę podścielającą dla zalegających na tym obszarze lessów. Granicą zwartego występowania paleocenu jest dolina Bystrzycy, pomimo że w jej obrębie kompleks ten nie występuje. Po prawej stronie doliny Bystrzycy utwory paleocenu spotyka się sporadycznie w postaci płatów o zmiennej miąższości (10 - 20 m). Poza osadami paleocenu, stwierdzono występowanie żuźlowych piasków oligoceńskich.

Holocen występuje w dolinach rzek (Bystrzyca i jej dopływy) w postaci torfów przejściowych, namułów, namułów torfiastych, piasków rzecznych tarasów zalewowych, piasków i glin aluwialnych facji powodziowej dolin rzecznych oraz piasków i pyłów deluwialnych.

3.2 Warunki hydrogeologiczne

W rejonie aglomeracji lubelskiej (jak i na całym obszarze Bystrzycy) występuje jeden podstawowy poziom wodonośny związany z węglanowymi utworami kredy górnej i częściowo paleocenu. Są to wody szczelinowo-warstwowe, krążące w silnie spękanych skałach węglanowych. Magazynowanie wód odbywa się w porach i szczelinach skalnych, natomiast przepływ następuje głównie poprzez system rozwartych szczelin.

Zmienność litologiczna profilu pionowego, a przede wszystkim zmienność uszczelinowienia decyduje o dużej anizotropowości parametrów hydrogeologicznych tego poziomu. Poziomy zasięg strefy efektywnego zawodnienia węglanowych skał górnej kredy i paleocenu określają głębokości studni warstwowych (głównie komunalnych ujęć wody), osiągając przeciętną głębokość około 70 m.

Zasilanie paleoceńsko-kredowego poziomu wodonośnego odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych. Intensywność infiltracji zależy od stopnia izolacji warstwy wodonośnej oraz od ukształtowania terenu. W lewostronnej części miasta opóźnia ją izolująca warstwa lessu osiągająca miąższość około 20-25 m. Korzystniejsze warunki zasilania istnieją na obszarach odsłoniętych lub przykrytych cienką warstwą piasków polodowcowych. Stwarza to jednak zagrożenie dla wód podziemnych z powodu łatwego przenikania do nich zanieczyszczeń. Wysoka wodoprzepuszczalność utworów strefy aeracji stwarza korzystne warunki do uzupełniania zasobów wód podziemnych.

Obszary wysoczyznowe posiadają zmienną, chociaż znaczną głębokość lustra wody 20-50 m p.p.t., najniższe wartości spotyka się w dolinach rzecznych - poniżej 2 m p.p.t. Wysokość quasi-statycznego zwierciadła wody waha się w granicach od 163 m n.p.m. w centralnej części miasta (ujęcie wody „Centralna”) do około 195 m n.p.m. w południowo-wschodnich rejonach Lublina. Ogólnie można stwierdzić, iż zwierciadło wód podziemnych obniża się ku dolinie Bystrzycy stanowiącej główną oś drenażu. Kilkudziesięcioletni pobór wód podziemnych na potrzeby komunalne i przemysłowe Lublina, a także trwająca susza hydrologiczna w latach 90 spowodowały powstanie regionalnego leja depresyjnego. Jego powierzchnia wynosiła 180 km² (przy powierzchni miasta 147,5 km²). Obecnie, w wyniku wyższego zasilania atmosferycznego w półroczu zimowym, a także znacznego spadku zapotrzebowania na wodę w sferze produkcyjnej i komunalnej zasięg leja depresyjnego został zredukowany niemal do zera.

Ważną cechą stosunków wodnych na obszarze aglomeracji lubelskiej jest istniejący związek hydrauliczny wód podziemnych pięter: kredowego, trzeciorzędowego i czwartorzędowego z wodami powierzchniowymi. Ma to kluczowe znaczenie dla ochrony jakości wód podziemnych. W takiej sytuacji zasoby tych wód (podziemnych i powierzchniowych) należy traktować jak jeden wielki zbiornik wodny o ograniczonych możliwościach eksploatacyjnych i dużej wrażliwości na degradację.

Wody podziemne (krążące po skałach kredy i paleocenu) odznaczają się wysoką jakością. Są to wody bezbarwne, bez zapachu lub o słabym zapachu roślinnym. Lokalnie wykazują podwyższoną mętność. Odczyn pH waha się w granicach 6,2-8,0, najczęściej wynosi 7,0-7,5. Przedział twardości wynosi od 100 do 700 mg CaCO₃/dcm³. Przeważają jednak wody twarde w granicach 300–500 mg CaCO₃/dcm³. Analizy porównawcze wyników badań z ostatnich kilku lat wykazują wzrost zawartości chlorków, siarczanów, azotanów i suchej pozostałości w wodach podziemnych rejonu Lublina. Jest to bez wątpienia przejaw rosnącej antropopresji. Zawartość metali ciężkich w ujęciach komunalnych („Prawiedniki”, „Wrotków”, „Wilczopole” i „Sławinek”) nie przekracza dopuszczalnych norm.

Na szczególną uwagę zasługuje problem zanieczyszczenia wód podziemnych związkami ropopochodnymi w rejonie ZGPN przy ul. Zemborzyckiej. O skali zjawiska świadczy fakt, iż proces likwidacji skutków wycieków substancji ropopochodnych z nieszczelnych zbiorników trwa już od 20 lat. Te brzemienne w skutkach doświadczenia powinny skutkować dużą ostrożnością w lokalizowaniu nowych stacji paliw w mieście. Terenami najbardziej wrażliwymi są dna dolin rzecznych Bystrzycy, Czechówki i Czerniejówki.

3.3 Warunki geologiczno-inżynierskie

Warunki geologiczno-inżynierskie zdefiniowane są poprzez rodzaje gruntów i skał podłoża oraz poprzez występujące procesy geodynamiczne charakterystyczne dla danego rodzaju gruntów oraz skał.

Zwarte i półzwarte lessy podatne na rozmywanie charakteryzują się licznymi rozcięciami i dolinami erozyjnymi, tworzącymi sieć wąwozów i parowów. Jako grunty z dominującą frakcją pyłową, podatne są na deformacje filtracyjne, powodowane przez przepływ wody podziemnej i powierzchniowej. Lessy wysoczyznowe są gruntami problematycznymi, ze względu na możliwość występowania osiadania zapadowego. Osiadanie zapadowe każdorazowo powinno zostać określone specjalistycznymi badaniami przed posadowieniem obiektu, dla którego takie zjawisko może być niepożądane.

Obszary występowania skał węglanowych są szczególnie podatne na erozję chemiczną wynikającą z przepływu wód podziemnych. Ze względu na spękania charakterystyczne dla skał węglanowych filtracja wód podziemnych przechodzi we fluację, gdzie zwiększona jest prędkość przepływu. Połączenie czynnika chemizmu skał i dynamiki przepływu wód podziemnych skutkuje zjawiskami krasowymi, ich rozwojem i wpływem na

bezpieczeństwo posadawiania obiektów budowlanych. Każdorazowo na dokumentowanym terenie powinna zostać przeprowadzona analiza skrasowienia terenu oraz analiza możliwości rozwoju zjawisk krasowych.

W rejonach występowania zboczy i skarp lessowych konieczna jest ocena warunków geologiczno-inżynierskich, uwzględniająca analizę stateczności. Choć suche zbocza i skarpy lessowe uznaje się za stateczne, to działalność erozyjna wody oraz systemów korzeniowych roślin może naruszać ich równowagę.

W dolinach rzecznych ze względu na grunty, które uznaje się za słabonośne oraz możliwość wystąpienia podtopień przy wysokich stanach wód, warunki geologiczno-inżynierskie są niekorzystne.

Dla oceny warunków geologiczno-inżynierskich poziomu kredowego bardzo ważne jest rozpoznanie zwierciadła wód podziemnych. Wody podziemne poziomu kredowego często mają napięte zwierciadło wody, co może powodować deformacje filtracyjne w formie przebić i wyparć hydraulicznych w trakcie prowadzenia prac ziemnych – wykopów. Niekontrolowane przebicie poziomu kredowego, może skutkować koniecznością wykonania skomplikowanych zabiegów uszczelniających.

Na potrzeby *Studium wykonalności* przeprowadzono wstępną klasyfikację warunków geologiczno-inżynierskich. Na podstawie warunków geologiczno-inżynierskich wydzielono (na obecnym etapie rozpoznania) trzy rejony o różnej kwalifikacji przydatności pod zabudowę. Klasyfikacja jest oparta o instrukcję wykonywania atlasów (Majer K., i in., 2012).

I - obszary o korzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich.

W jego obrębie występują grunty lodowcowe spoiste i mało spoiste reprezentowane przez gliny lodowcowe piaszczyste i piaski gliniaste oraz grunty niespoiste (sypkie) - wodnolodowcowe piaski ze żwirami. Grunty spoiste należą do gruntów twaroplastycznych, półzwartych, a nawet zwartych. Grunty niespoiste natomiast są zagęszczone, suche, ze zwierciadłem wód gruntowych występującym nie płycej niż 3 m p.p.t. Deniwelacje terenu wynoszą tu od 2 do 5 m, a spadki terenu nie przekraczają 5%. Nie stwierdza się występowania zagrożeń na skutek osuwisk i zsuwów zboczowych oraz podtopień.

Obszary o korzystnych warunkach występują w sposób skupiony, obejmując głównie wschodnie i zachodnie części obszaru opracowania. Obszary równiny bełżyckiej i płaskowyżu Świdnickiego są pozbawione pokrywy lessowej stanowiącej zasadniczy problem przy posadawianiu obiektów budowlanych. Odślaniają się tutaj warstwy górnokredowe stanowiące dobre podłoże budowlane.

II - obszary o mało korzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich.

W obrębie tych obszarów występują zarówno nośne, jak i słabonośne grunty spoiste oraz słabo zagęszczone grunty niespoiste. Są one reprezentowane przez piaszczyste i pylaste gliny oraz piaski gliniaste. Zwierciadło wód gruntowych występuje na głębokości od 2 do 3 m p.p.t. Często są to wody zawieszane w piaszczystych przewarstwieniach w obrębie gruntów spoistych. Wahania zwierciadła wód gruntowych wynoszą około 1 m.

Do tego rejonu zaliczono również strefy, gdzie spadki terenu są niższe od wartości 5%, ale występują tendencje do tworzenia się podtopień przy wysokich stanach wód powierzchniowych. W tej strefie wymagane jest szczegółowe rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich.

Takie grunty budują północno-wschodnie rejonu opracowania. Paskowyz nałęczowski jest pokryty miększą pokrywą lessową, stanowiącą wyzwanie przy projektowaniu obiektów budowlanych. Ponadto obszary położone na wyniosłości giełczewskiej ze względu na swoje duże zróżnicowanie w morfologii terenu mogą zostać zaliczone do obszarów mało korzystnych. Zaliczyć do nich także można obszary zagłębień odpływowych i obniżenia bezodpływowe w obrębie wysoczyzn.

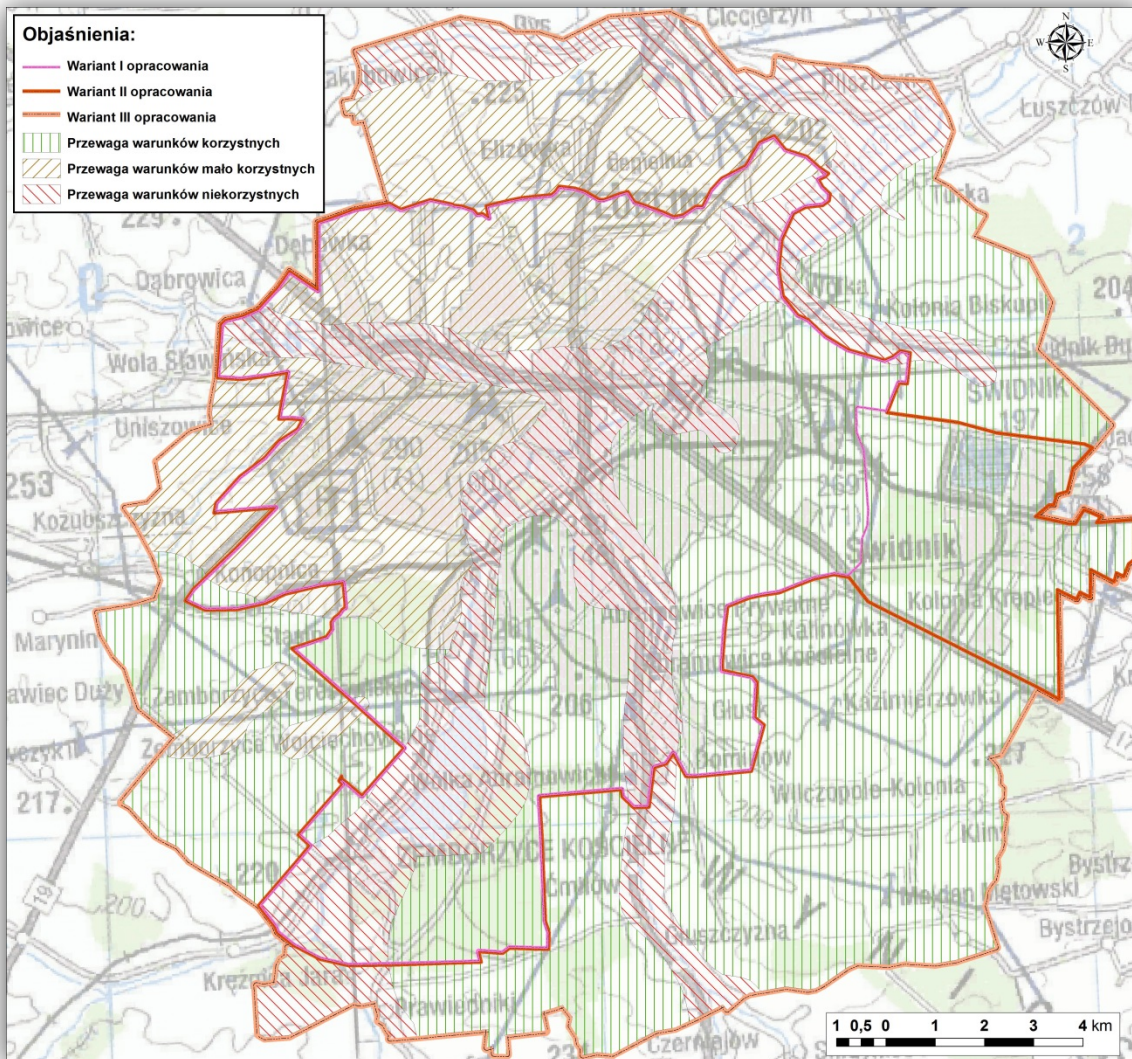
III - obszary o niekorzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich.

Jest to obszar, gdzie występują grunty słabonośne, najczęściej grunty organiczne (torfy i namuły) oraz silnie zawadnione, luźne grunty niespoiste dolin rzecznych, tarasów rzecznych i jeziornych. Zwierciadło wód gruntowych występuje tutaj na głębokości 0,5 m p.p.t., często są to tereny zalewowe, a wody gruntowe wykazują agresywność w stosunku do betonów i stali. Do tego rejonu zaliczono również strefy, gdzie spadki terenu są większe niż 5%.

Posadowienie obiektów inżynierskich w tym rejonie wymagać będzie kosztownych zabiegów posadawiania pośredniego (palowania, odwodnienia), wprowadzenia trwałego drenażu, a często także wymiany gruntów.

Do rejonu o niekorzystnych warunkach zaliczono przede wszystkim doliny cieków wodnych: Ciemięgi, Czerniejówki, Czechówki oraz największej w rejonie - Bystrzycy.

Przeprowadzona wstępna ocena warunków gruntowo-wodnych na obszarze opracowania wskazuje, iż mamy tu do czynienia z różnorodnym rozkładem (w zależności od przyjętego wariantu) terenów o warunkach niekorzystnych, mało korzystnych i korzystnych dla zabudowy.



Rys. 8 Szacunkowy obraz udziału obszarów o korzystnych, mało korzystnych i niekorzystnych warunkach geologiczno-inżynierskich

Szacowany procentowy udział obszarów o warunkach niekorzystnych (obszary podmokłe w dolinie rzek, obszary w centrum miasta podścielone przez grunty o naruszonej strukturze i przez miększe nasypy, skarpy wysoczyzn lessowych), bez powierzchni terenów znajdujących się pod wodami stojącymi lub płynącymi to 32% dla wariantu pierwszego opracowania. Dla drugiego wariantu opracowania jest to około 28%, zaś dla wariantu trzeciego 23%.

Udział obszarów o warunkach mało korzystnych dla wariantu pierwszego 32%, drugiego to około 28%, natomiast dla wariantu trzeciego jest to około 24%. Udział obszarów o warunkach korzystnych dla wariantu pierwszego opracowania, czyli samego miasta Lublina to 36%, dla drugiego wariantu opracowania jest to niemal 44%, zaś dla wariantu trzeciego jest to już przeszło 52%.

Przewaga terenów o mało korzystnych i niekorzystnych warunkach budowlanych, szczególnie tych położonych w rejonie skarp wysoczyzn w dolinach rzek wskazuje na to, że w dużej mierze są to obszary o skomplikowanym i złożonym stopniu złożoności budowy geologicznej (Majer K. i in. 2012). Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012, nr 0, poz. 463), obszary dolin rzecznych są uznawane za posiadające skomplikowane warunki gruntowe.

Należy jednak zaznaczyć, że udział obszarów o korzystnych warunkach do zabudowy rośnie wraz z kolejnym wariantem. Jest to związane z obejmowaniem granicami opracowania w coraz większym zakresie obszarów, gdzie w podłożu znajdują się skaliste utwory paleocenu i kredy.

3.4 Występowanie złóż kopalin

Otoczenie aglomeracji lubelskiej jest dość zasobne w surowce mineralne. Z surowców o znaczeniu ponadregionalnym występują zasoby węgla kamiennego. Stanowią 15% zasobów krajowych. Udokumentowane są w Lubelskim Zagłębiu Węglowym, w 11 złożach, choć eksploatowane są dotychczas tylko w jednym. Znaczenie ponadregionalne (27,4% zasobów krajowych) posiadają również złoża wapieni i margli dla przemysłu cementowego w Chełmie i Rejowcu, złoża kamieni drogowych i budowlanych koło Biłgoraja, a także piaski kwarcowe do produkcji betonów komórkowych (główne złoża w rejonie Lubartowa), surowce ilaste do produkcji kruszywa lekkiego w powiecie lubelskim.

Znaczną część zasobów krajowych stanowią również udokumentowane koło Rejowca złoża ziemi krzemionkowej (43,5% zasobów krajowych) i występujące w Annopolu złoża fosforytów (21,3%). Nie są one jednak eksploatowane.

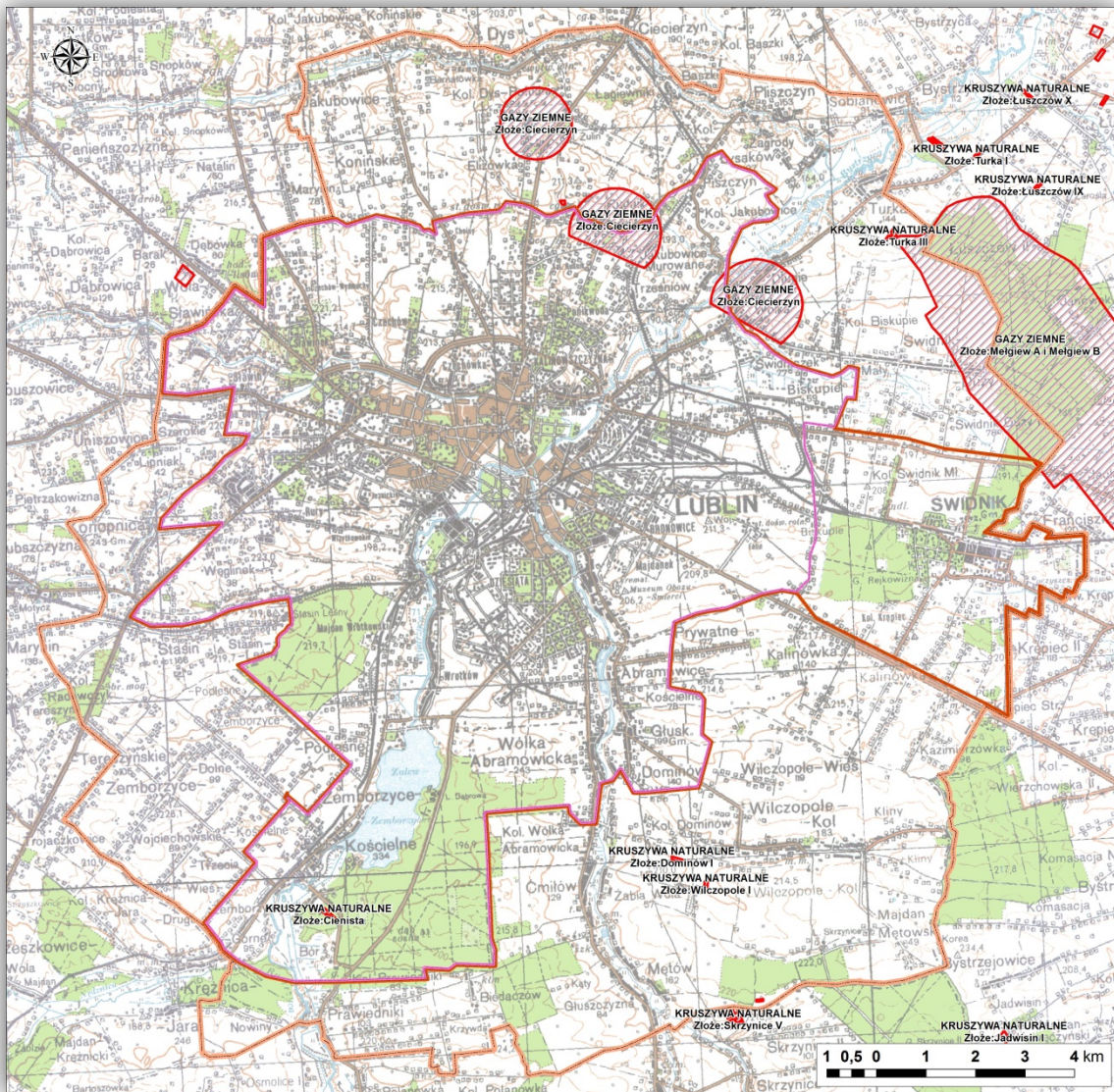
Zasoby bilansowe pozostałych złóż surowców, są niewielkie i posiadają lokalne znaczenie. Należą do nich złoża:

- ropy naftowej (w rejonie Lublina);
- gazu ziemnego (głównie koło Lublina i Świdnika);
- piasków formierskich (w rejonie Lubartowa).

Znaczenie lokalne posiadają także złoża kruszywa naturalnego (z przewagą piasków o frakcjach drobnych) rozprzestrzenione w całym powiecie lubelskim.

Wielkość złóż surowców o znaczeniu krajowym gwarantuje możliwość ich dalszej eksploatacji przemysłowej, ale o jej skali przesądzą uwarunkowania związane z ochroną przyrody i krajobrazu. z pozostałych surowców największe perspektywy udokumentowania nowych złóż dotyczą gazu ziemnego, dla którego obszarem perspektywicznym jest struktura geologiczna rozciągająca się na kierunku Mełgiew–Stężycza–Maciejowice. Możliwości

pozyskiwania kolejnych złóż są związane również z surowcami ilastymi ceramiki budowlanej (głównie w pasie wyżyn) i do produkcji kruszywa lekkiego (w północnej części Lubelszczyzny), a także piasków kwarcowych (w sąsiedztwie udokumentowania złóż). Można się również spodziewać udokumentowania znaczących złóż kruszywa naturalnego w powiecie lubartowskim. Racjonalne, oszczędne zużywanie surowców mineralnych powinno polegać na ograniczeniu otwierania dużych kopalń, a preferowaniu małych, mniej uciążliwych dla środowiska i łatwiejszych w rekultywacji.



- **Wariant 1 opracowania**
- **Wariant 2 opracowania**
- **Wariant 3 opracowania**
- Granice złóż**

Rys. 9 Złóża w rejonie aglomeracji lubelskiej (<http://midas.pgi.gov.pl>)

4 Stopień udokumentowania terenu badań

4.1 Rozpoznanie dotychczasowe

Przy opracowywaniu *Studium Wykonalności* wykorzystano i opierano się na wielu materiałach i dokumentacjach. Wstępnie uzyskano informacje na temat liczby dokumentacji geologiczno-inżynierskich, które znajdują się w Narodowym Archiwum Geologicznym – NAG. Następnie oszacowano liczbę dostępnych dokumentacji w Wojewódzkim Archiwum Geologicznym w Lublinie i w archiwach firm prywatnych.

Według zebranych informacji w archiwach wojewódzkich, powiatowych i firm prywatnych może się znajdować około 500 opracowań (w tym dokumentacji) geologicznych i geotechnicznych z obszaru miasta Lublina oraz 150 opracowań dla miasta Świdnik. Narodowe Archiwum Geologiczne natomiast jest w posiadaniu około 500 dokumentacji geologiczno-inżynierskich z obszaru miasta Lublina oraz 50 z obszaru miasta Świdnik. Należy jednak zaznaczyć, że w archiwach niezwiązanych z administracją geologiczną liczba dokumentacji geologiczno-inżynierskich oraz innych opracowań o tym charakterze jest nieznana.

Ostrożny szacunek zakłada średnio do 5 punktów dokumentacyjnych (łącznie wierceń i sondowań) na dokumentację. Oznacza to, że dla wariantu I opracowania (w granicach miasta Lublina) znajduje się 5000 punktów dokumentacyjnych. Doświadczenie autorów niniejszego opracowania pozwala założyć, że około 20% z ogólnej liczby punktów dokumentacyjnych to są sondowania, zatem należy się spodziewać, co najmniej 4000 otworów wiertniczych. Dla wariantu II (obszaru Lublina i Świdnika łącznie) może być dostępne 6000 punktów dokumentacyjnych, z czego co najmniej 4800 to wiercenia. Brak jest informacji na temat dokładnej liczby punktów dokumentacyjnych dla wariantu III, który obejmuje dodatkowo zarówno tereny zamieszkane, jak i obszary rolnicze. Spodziewane jest tutaj dużo mniejsze zagęszczenie otworów badawczych. Zakładając na podstawie poprzednich podobnych opracowań, że otwory tego typu to około 10-15% ogólnej liczby punktów dokumentacyjnych to można spodziewać się liczby około 10 000 punktów dokumentacyjnych, z czego 8000 to otwory wiertnicze.

Z powyższego szacunku wynika, że dla wariantu I przewidywane średnie zagęszczenie wynosi 28 otworów wiertniczych/km², dla wariantu II jest to 29 otworów wiertniczych/km² (Tab. 1). Jeżeli przyjmie się założenie, że obszar opracowania ma skomplikowany stopień złożoności budowy geologicznej to przy takim rozpoznaniu otworami wiertniczymi można stwierdzić, że jest on wystarczająco udokumentowany (Majer K. i in., 2012). Należy tu jeszcze dodać, że prawdopodobnie będzie można do tego rachunku doliczyć otwory wykonane przez inne przedsiębiorstwa i instytucje, nie wzięte pod uwagę przy szacowaniu prawdopodobnej, dostępnej liczby otworów.

Tab. 1 Szacunkowa liczba archiwalnych punktów dokumentacyjnych w zależności od przyjętego wariantu

	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Powierzchnia opracowania (km²)	≈144,0	≈164,2	≈314,0
Liczba opracowań archiwalnych (-)	≈1000	≈1200	>2000
Liczba archiwalnych punktów dokumentacyjnych (-)	≈5000	≈6000	≈10 000
Liczba archiwalnych sondowań (-)	≈1000	≈1200	≈2000
Liczba archiwalnych otworów wiertniczych (-)	≈4000	≈4800	≈8000
Stopień udokumentowania: Zagęszczenie archiwalnych otworów wiertniczych (otwory/km²)	≈28	≈29	≈25

Ze względu na częściowo rolniczy charakter dodatkowych terenów ujętych w wariantcie III opracowania należy się spodziewać słabszego pokrycia terenu punktami dokumentacyjnymi. Należy także wziąć pod uwagę, że fragmenty gmin okalających Lublin z pewnością charakteryzują się nierównomiernym rozkładem punktów dokumentacyjnych, zatem obszary obecnie zajmowane głównie przez pola uprawne mogą wymagać dodatkowych prac geologicznych. W większości te tereny powinny charakteryzować się względnie korzystnymi warunkami geologiczno-inżynierskimi we wschodniej części opracowania i mało korzystnymi w zachodniej części.

4.2 Dodatkowe prace uszczegóławiające stopień udokumentowania terenu badań

Jednym z podstawowych celów i efektów przy tworzeniu atlasów geologiczno-inżynierskich oraz oceny warunków geologiczno-inżynierskich jest stworzenie modelu geologicznego. Model geologiczny powinien być opracowywany już od pierwszego etapu prac nad BDGI i atlasem. Podczas zdobywania coraz szerszych informacji (dokumentacje i otwory archiwalne, badania terenowe i laboratoryjne, geofizyka) model geologiczny powinien podlegać ciągłej aktualizacji. W efekcie uzyskiwany jest coraz dokładniejszy, coraz bardziej zbliżony rzeczywistości model geologiczny dostosowany do dokładności rozpoznania, czyli stopnia udokumentowania modelu geologicznego.

Na każdym etapie, od samego początku tworzenia BDGI oraz atlasów bardzo ważna jest interpretacja otworowych danych archiwalnych (różnego rodzaju karty otworów oraz dokumentacje geologiczne – geologiczno-inżynierskie, złożowe, geotechniczne itp.), które tworzyć będą podstawę dla bazy danych. Jednak oprócz tego osiągnięcie zamierzonego celu wymagać będzie niejednokrotnie dodatkowych prac.

Na terenach zurbanizowanych zazwyczaj występuje bardzo dobre udokumentowanie obszaru opracowania otworami wiertniczymi i sondowaniami. Jednak bardzo często punkty dokumentacyjne są rozłożone nierównomiernie i na niektórych obszarach zagęszczenie otworów może być niewystarczające. Ponadto granice opracowania obejmują tereny będące perspektywicznymi dla rozwoju aglomeracji a jednocześnie słabo udokumentowanymi otworami (niezagospodarowane tereny budowlane, słabe grunty orne, nieużytki).

Roboty dodatkowe powinny być przeprowadzone na terenach niedostatecznie rozpoznanych celem uzyskania właściwego modelu geologiczno-inżynierskiego obszaru objętego atlasem – w tym wypadku dla aglomeracji miasta Lublin. Przy założeniu prostych warunków geologiczno-inżynierskich dla skali mapy 1:10 000, dla dostatecznego udokumentowania terenu wymogiem jest 20 otworów na km² (Majer K. i in. 2012). Stanowi to podstawę do przeprowadzenia prac uzupełniających. Jednak znaczna część obszaru aglomeracji lubelskiej położona jest w obrębie doliny rzecznej oraz na obszarze znacznych deniwelacji terenu, co pozwala przyjąć nawet skomplikowane warunki gruntowe. Ponadto należy dążyć do jak najlepszego udokumentowania terenu, a więc jak największej liczby otworów badawczych na kilometr kwadratowy powierzchni. Problematycznym wydaje się też nierównomierne rozłożenie archiwalnych punktów dokumentacyjnych, gdzie ich rozkład jest dość zwarty na obszarze zurbanizowanym, a poza nim znajdują się znaczne przestrzenie bez ani jednego otworu badawczego.

Przewiduje się zatem potrzebę poszerzenia wiedzy o terenie i uzupełnienie bazy danych geologiczno-inżynierskich (BDGI) o nowe dane pozyskane w terenie, szczególnie na obszarze słabo udokumentowanym. W związku z tym należy zaplanować przeprowadzenie terenowego kartowania geologiczno-inżynierskiego, wykonania uzupełniających wierceń badawczych wraz z badaniami laboratoryjnymi próbek gruntu a także badania geofizyczne.

Kartowanie geologiczno-inżynierskie (Malinowski J., 1960) to czynności mające na celu zebranie i opracowanie graficzne wszystkich obserwacji i zjawisk geologicznych, występujących w strefie przypowierzchniowej i mających znaczenie z punktu widzenia warunków i potrzeb budowlanych. Geologiczno-inżynierskie prace kartograficzne mają w pierwszej kolejności na celu wydzielenie w podłożu gruntowym kompleksów różniących się litologicznie i genetycznie.

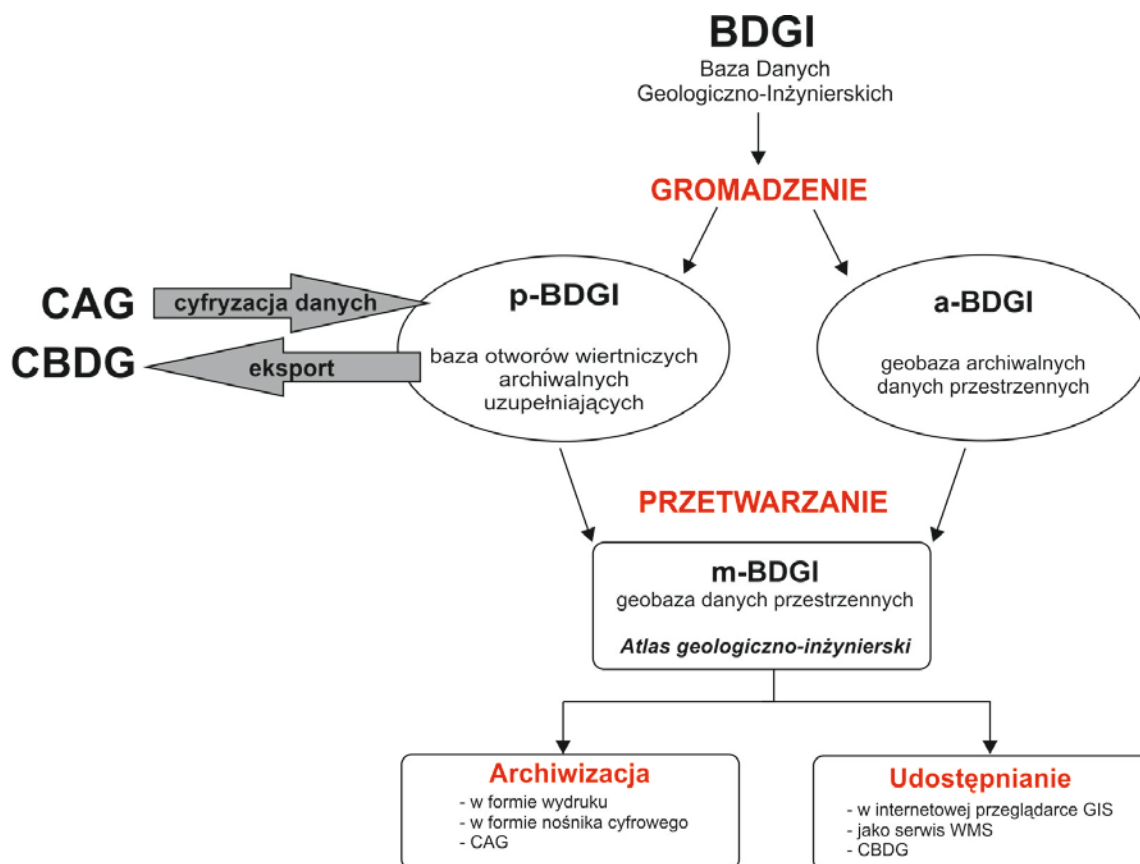
Kartowanie geologiczno-inżynierskie powinno być przeprowadzone ze szczególnym uwzględnieniem obszarów poza zwartą zabudową miejską w tym obszarów występowania różnego rodzaju procesów geodynamicznych oraz erozji i akumulacji w dolinach rzecznych.

Na terenach słabo udokumentowanych należy wykonać uzupełniające badania terenowe i laboratoryjne niezbędne do charakterystyki geologiczno-inżynierskiej gruntów na omawianym obszarze. Podczas typowania obszarów do dalszego rozpoznania i udokumentowania powinno się brać pod uwagę stopień udokumentowania (w tym liczba punktów na 1 km²) i równomierność rozmieszczenia punktów dokumentacyjnych oraz techniczne możliwości wykonania otworów wiertniczych.

Do rozpoznania i uszczegółowienia wiedzy na temat budowy geologicznej podłoża gruntowego, jako uzupełnienie otworów wiertniczych powinny być brane pod uwagę również badania geofizyczne, zarówno archiwalne jak i wykonane na potrzeby opracowania. Badania geofizyczne przydatne są szczególnie w miejscach trudno dostępnych dla prac wiertniczych lub w miejscach w których takie prace są niemożliwe (obszary chronione, zabudowane itp.). Metody geofizyczne, można wykorzystać podczas interpretowania zależności danych pomiędzy otworami wiertniczymi. Ich dobór powinien być odpowiednio dostosowany do warunków geologicznych. Zamiennie lub równoległe powinny być wykorzystane metody elektrooporowe, sejsmiczne, grawimetryczne lub inne.

5 Możliwości osiągnięcia celu – wykonania bazy danych i atlasu geologiczno-inżynierskiego

Studium wykonalności ma na celu określenie możliwości utworzenia otworowej bazy danych geologiczno-inżynierskich (BDGI) oraz na jej podstawie wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji lubelskiej.



Rys. 10 Schemat realizacji prac nad projektem BDGI

Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z atlasem mają być opracowane i przedstawione w wersji cyfrowej z możliwością wydruku kart otworów jak i arkuszy map atlasu. Opracowanie bazy i atlasu obejmie zbieranie, gromadzenie, analizę oraz przetwarzanie i wizualizację danych otworowych i przestrzennych.

Prace przewidziane do wykonania w ramach zadania „*Baza danych geologiczno-inżynierskich wraz z wykonaniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin*” powinny być realizowane etapowo (Rys. 10), co wynika z metodyki prac jak również z potrzeby synchronizacji przedsięwzięcia z istniejącymi już projektami wykonanymi w ramach BDGI.

5.1 Gromadzenie danych otworowych wraz z utworzeniem i prowadzeniem Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI) aglomeracji Lublin.

Jest to praca polegająca na zebraniu, cyfryzacji i przetwarzaniu głównie otworowych danych geologiczno-inżynierskich – tzw. baza p-BDGI (Rys. 10), znajdujących się w dokumentacjach zgromadzonych w Narodowym Archiwum Geologicznym, archiwach firm prywatnych oraz urzędów a także pozyskanych na podstawie robót geologicznych na potrzeby opracowania a następnie udostępnianiu ich użytkownikom. Baza danych ma być zgodna z wytycznymi instrukcji pn. *Instrukcja – prowadzenie i aktualizacja Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI)* (instrukcja obecnie w trakcie opracowywania). W zakresie tego etapu przewidywany szczegółowy zakres prac jest następujący:

a) Utworzenie Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich aglomeracji Lublin, będącej integralną częścią projektu BDGI i kompatybilnej z CBDG,

b) Prowadzenie Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich aglomeracji Lublin polegające na:

- uzupełnianiu i aktualizacji bazy BDGI o punkty dokumentacyjne:
 - archiwalne z dokumentacji zgromadzonych na potrzeby opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin,
 - wykonane na potrzeby opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin,
- weryfikacji wprowadzonych do bazy BDGI otworów w zakresie:
 - rzędnych i współrzędnych punktów dokumentacyjnych,
 - głębokości położenia zwierciadła wód gruntowych,
 - prawidłowego wydzielenia serii geologiczno-inżynierskich,
- udostępnianie zasobów bazy BDGI użytkownikom zewnętrznym, zgodnie z opracowanymi procedurami wynikającymi z aktów prawnych i zasad uzgodnionych z Narodowym Archiwum Geologicznym wraz z zasilaniem Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG) o dane zgromadzone w bazie.

Prace związane z gromadzeniem otworów realizowane w ramach zadania będącego przedmiotem niniejszego studium będą wykonywane według instrukcji pn. *Instrukcja - prowadzenie i aktualizacja Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich (BDGI)* – obecnie w trakcie opracowywania.

Wcześniej przeprowadzony przybliżony szacunek (Tab. 1) zakłada, że przy przyjęciu wariantu I opracowania (w granicach miasta Lublina) będzie można wprowadzić do bazy danych co najmniej 4000 otworów wiertniczych pochodzących z archiwalnych dokumentacji. Dla wariantu II (obszaru Lublina i Świdnika łącznie) może być dostępne prawdopodobnie 4800 profili z archiwalnych wierceń badawczych. Przyjęcie wariantu III, który obejmuje dodatkowo zarówno tereny zamieszkane, jak i obszary rolnicze najprawdopodobniej pozwoli na wprowadzenie do BDGI około 8000 otworów wiertniczych zamieszczonych w archiwach prywatnych, samorządowych i przede wszystkim NAG.

W ramach prac przy przyjęciu utrzymania „dobrego” udokumentowania obszaru zakłada się, że do bazy BDGI aglomeracji lubelskiej będzie wprowadzone nawet 8642 otworów wiertniczych w przypadku przyjęcia wariantu I, 9853 w wariacie II oraz 18 872 otworów wiertniczych w wariacie III (Tab. 2). Przy założeniu udokumentowania obszaru opracowania „wystarczającego” zakładana liczba otworów możliwych do umieszczenia w bazie BDGI w wariacie I wynosi 5762, w wariacie II 6769, a w wariacie III 12 582 (Tab. 2). Dla oszacowania liczby otworów przyjęto skomplikowany stopień złożoności budowy geologicznej dla całego obszaru opracowania.

W takim przypadku dla „wystarczającego” udokumentowania w wariacie I jak i II, założona spodziewana liczba otworów archiwalnych nadal nie jest wystarczająca. W wariacie III do średniego zagęszczenia co najmniej 40 otworów/km² brakuje ponad 6000 profili wiertniczych. Dla „dobrego” udokumentowania w wariacie I do średniego zagęszczenia co najmniej 60 otworów/km² należy dodać ponad 5000 otworów, dla wariantu II ponad 6000, a dla wariantu III już ponad 12 000 otworów wiertniczych.

Dodatkowe prace dokumentacyjne powinny być przeprowadzone przede wszystkim na terenach niedostatecznie rozpoznanych i o nierównomiernym rozłożeniu punktów dokumentacyjnych, dzięki czemu będzie możliwe uzyskanie właściwego modelu geologiczno-inżynierskiego. W związku z tym niezbędne jest przeprowadzenie terenowego kartowania geologiczno-inżynierskiego („zdjęcie geologiczno-inżynierskie”) oraz zaplanowanie wierceń badawczych wraz z badaniami laboratoryjnymi próbek gruntu, a także prace geofizyczne, będące badaniami uzupełniającymi i uszczegóławiającymi informację o budowie geologicznej obszaru opracowania.

Podczas kartowania geologiczno-inżynierskiego powinno się szczególnie uwzględnić obszary słabo udokumentowane, poza terenami zurbanizowanymi oraz obszary występowania procesów geodynamicznych (antropogeniczne zaburzenia warunków naturalnych, osuwiska), biorąc jednocześnie pod uwagę erozję jak i akumulację w dolinach rzek.

Zakres czynności przy kartowaniu geologiczno-inżynierskim powinien obejmować:

- identyfikację i opis litologiczno-strukturalny odsłoneń naturalnych i sztucznych (wkopy) w dowiązaniu do charakterystyki genetyczno-geomorfologicznej (doliny rzeczne, wysoczyzny morenowe itp.);
- identyfikację przejawów wód gruntowych (źródła, wysięki, podmokłości i zabagnienia), a także zasięg stanów wód powierzchniowych (stany powodziowe, podtopienia, strefy intensywnego odwadniania, zabudowa ochronna);
- identyfikację i dokumentowanie form geomorfologicznych z uwzględnieniem form antropogenicznych;
- identyfikację i dokumentowanie procesów geodynamicznych (np.: leje i zapadliska, szczeliny i progi terenowe, kras, osuwiska, osiadanie zapadowe w lessach, sufozja, erozja, abrazja itp.);
- identyfikację oraz dokumentowanie zjawisk antropogenicznych (np.: niecki osiadań itp.);
- wyznaczenie bądź skorygowanie granic wydziałów geologicznych i stref rejonizacji geologiczno-inżynierskiej w oparciu o kryteria geomorfologiczne, litologiczne i hydrogeologiczne celem charakterystyki serii geologiczno-inżynierskich budujących podłoże gruntowe.

Profile otworów badawczych wykonane podczas kartowania geologiczno-inżynierskiego powinny znaleźć się w bazie BDGI. Zagęści to siatkę wierceń na analizowanym obszarze, co uzupełni wiedzę na temat płytkiej budowy geologicznej.

Na terenach słabo udokumentowanych poza kartowaniem geologiczno-inżynierskim należy także wykonać uzupełniające badania terenowe i towarzyszące im badania laboratoryjne. Są one niezbędne do charakterystyki modelu geologicznego wraz z określeniem warunków geologiczno-inżynierskich obszaru objętego opracowaniem. Dodatkowe roboty geologiczne i prace wiertnicze oraz inne specjalne badania i obserwacje mają na celu rozpoznanie fizycznych i mechanicznych właściwości gruntów. Podczas typowania obszarów do dalszego rozpoznania i udokumentowania powinno się brać pod uwagę stopień udokumentowania i równomierność rozmieszczenia otworów oraz techniczne możliwości wykonania otworów badawczych.

Niezwykle istotne mogą okazać się wyniki badań geofizycznych. Geofizyka inżynierska wspomaga geologów inżynierskich w budowaniu modelu geologicznego. Odpowiednio zaplanowane prace geofizyczne uzupełnią rozpoznanie terenu uszczegóławiając wiedzę na temat struktury i budowy geologicznej obszaru opracowania.

Tab. 2 Liczba niezbędnych otworów do zapewnienia odpowiedniego rozpoznania terenu w zależności od przyjętego stopnia udokumentowania i wariantu opracowania (Majer K. i in., 2012)

	Wariant I	Wariant II	Wariant III
Powierzchnia (km²)	≈144	≈164,2	≈314
Spodziewana liczba archiwalnych otworów wiertniczych (-)	≈4 000	≈4 800	≈6 000
Liczba otworów przy stopniu udokumentowania 60 otworów/km² (dobre udokumentowanie terenu)	≈8 642	≈9 853	≈18 872
Liczba brakujących otworów dla zapewnienia dobrego udokumentowania terenu	≈4 642	≈5 053	≈12 872
Ogólna liczba otworów przy stopniu dokumentowania 40 otworów/km² (wystarczające udokumentowanie terenu)	≈5 762	≈6 769	≈12 582
Liczba brakujących otworów dla zapewnienia wystarczającego stopnia udokumentowania terenu	≈1 762	≈1 769	≈6 582

Otwory archiwalne oraz nowe, specjalnie odwiercone dla potrzeb realizacji zadania – Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin będą gromadzone w obrębie scalonej i spójnej z CBDG Bazy Danych Geologiczno-Inżynierskich. Idea gromadzenia otworów geologiczno-inżynierskich w BDGI zakłada, że wszystkie realizowane w ramach prac Państwowej Służby Geologicznej (PSG) atlasy geologiczno-inżynierskie, w tym omawiany atlas aglomeracji Lublin, stanowią podzbiory danych BDGI - tzw. projekty. Mają one homogeniczną strukturę tabel i są oparte o ujednoczone w całym zasobie BDGI i CBDG słowniki: litologii, genezy, stratygrafii i lokalizacji. W ramach BDGI występuje również wspólny dla wszystkich atlasów słownik serii geologiczno-inżynierskich, który jest podstawą wyświetlania i wydruku kart otworów geologiczno-inżynierskich w przeglądarce otworowej CBDG ze stron internetowych PIG-PIB (<http://atlasy.pgi.gov.pl>).

Dzięki jednolitej metodyce wprowadzania otworów geologiczno-inżynierskich zasób gromadzonych w ten sposób danych geologicznych nadaje się do prowadzenia zaawansowanych analiz przestrzennych GIS, generowania szerokiego spektrum map tematycznych oraz efektywnego publikowania danych otworowych i map poprzez strony internetowe, m.in. na geoportalu CDBG oraz BDGI, a także w postaci usług WMS.

5.2 Gromadzenie wektorowych i rastrowych danych przestrzennych dla opracowania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin.

Celem opracowania atlasu geologiczno-inżynierskiego jest stworzenie zbioru cyfrowych map tematycznych opracowywanych w systemie GIS, opartych na syntezach i analizach geoprzestrzennych przeprowadzonych na podstawie informacji zawartych w bazie danych oraz dostępnych, archiwalnych danych przestrzennych. Mapy atlasu mają charakteryzować się warstwowym układem treści w postaci cyfrowych warstw informacyjnych. Wszystkie warstwy łącznie stanowią możliwie pełną dostępną informację o terenie. Atlas wykonuje się na podstawie odpowiednio wykonanej bazy danych otworowych – p-BDGI oraz bazy danych przestrzennych, zarówno wektorowych jak i rastrowych – m-BDGI (Rys. 10).

Przy tworzeniu map należy wykorzystać podkłady topograficzne w skalach 1:10 000, 1:50 000 oraz 1:100 000 dla odpowiednich arkuszy map. Należy też wykorzystać bazę danych obiektów topograficznych (BDOT) dedykowanej dla skali 1:10 000 dla rejonu opracowania, numeryczny model terenu (DMT) oraz wszelkie inne produkty/warstwy mogące wnieść wkład w zawartość i ostateczny kształt atlasu. Materiały są do pozyskania w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK) i mogą być wykorzystane wyłącznie za jego pozwoleniem. Wszystkie podkłady topograficzne muszą być przystosowane (skalibrowane) i przedstawiane w układzie współrzędnych prostokątnych PL-1992 (dawniej PUWG-1992) co jest zgodne z rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych.

Dostęp do aktualnych informacji o złożach, gospodarce surowcami, a także obszarach i terenach górniczych oraz koncesjach oferuje „System Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych MIDAS”. Jest to podstawowe źródło wiedzy i danych wektorowych o surowcach mineralnych Polski oraz eksploatacji złóż. Wszelkie materiały zawarte w systemie „MIDAS” są udostępniane przez Państwową służbę geologiczną (PSG).

Bieżące dane cyfrowe na temat Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP), użytkowych poziomów wodonośnych oraz stanie wód podziemnych w zakresie ich jakości i ilości, są w posiadaniu Państwowej służby hydrogeologicznej (PSH).

Aktualne informacje związane z obszarami chronionymi są do pozyskania na stronie internetowej Geoserwis (<http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>) Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska (GDOŚ), która odpowiada za realizację polityki ochrony środowiska między innymi w zakresie zarządzania ochroną przyrody. GDOŚ prowadzi centralny rejestr form ochrony przyrody i jest dysponentem danych wektorowych i rastrowych (warstw referencyjnych) dotyczących ochrony środowiska (m.in.: rezerваты, parki narodowe, obszary Natura 2000).

Ze względu na swoją treść, opracowania takiego rodzaju jak atlasy geologiczno-inżynierskie są bardzo przydatne w planowaniu przestrzennym. Jednocześnie dla stworzenia atlasu niezbędna jest informacja o obecnym zagospodarowaniu przestrzennym jak

i o kierunkach rozwoju urbanistycznego. Przy tworzeniu atlasu należy się opierać o miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego (MPZP) oraz studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego (SUiKZP). Wszelkie materiały dotyczące zagospodarowania przestrzennego są do pozyskania (o ile to możliwe w wersji wektorowej) z urzędów miejskich miasta Lublina i Świdnik oraz wszystkich urzędów gminnych, które obejmie obszar opracowania.

Atlas geologiczno-inżynierski, jako opracowanie interdyscyplinarne powinien brać pod uwagę wszelkie możliwe elementy środowiska, które będą elementem analiz geoprzestrzennych. Należy zatem pozyskać wszelkie warstwy informacyjne zawierające elementy środowiska, będące jednocześnie istotnymi w analizie geologiczno-inżynierskiej dla aglomeracji Lublin. Część takich informacji znajduje się w zasobach Państwowej służby geologicznej, Są to m.in. takie dane jak: informacje o terenach zagrożonych podtopieniami, baza Systemu Ochrony Przeciwosuwiskowej (SOPO).

W opracowaniu powinno się także umieścić zarówno dane o obiektach stanowiących zagrożenie dla środowiska naturalnego i ludzi oraz obiektów dziedzictwa kulturowego. Te informacje są najczęściej dostępne w odpowiednich jednostkach administracyjnych tj. urzędach miejskich i gminach objętych opracowaniem.

5.3 Opracowanie Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.

Idea tworzenia cyfrowych atlasów geologiczno-inżynierskich aglomeracji miejskich obejmuje stworzenie zespołu map tematycznych oddających możliwie najpełniejszą informację o warunkach geologiczno-inżynierskich danego obszaru. Rodzaj i liczba map tematycznych Atlasu zależy od przyjętej idei, wynikającej przede wszystkim z charakteru budowy geologicznej, obecnej i przewidywanej infrastruktury oraz problematyki regionalnej.

Według instrukcji (Majer K. i in., 2012) do podstawowych map traktowanych jako obligatoryjne w każdym atlasie geologiczno-inżynierskim aglomeracji miejskiej należą:

- mapa lokalizacyjna w skali 1:100 000,
- mapa dokumentacyjna w skali 1:10 000,
- mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 1 m p.p.t. w skali 1:10 000,
- mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 2 m p.p.t. w skali 1:10 000,
- mapa serii geologiczno-inżynierskich na głębokości 4 m p.p.t. w skali 1:10 000,
- mapa położenia pierwszego nawierconego zwierciadła wód podziemnych w skali 1:10 000
- mapa warunków budowlanych na głębokości 2m p.p.t. w skali 1:10 000,
- mapa zagospodarowania powierzchni terenu w skali 1:10 000,
- mapa terenów zagrożonych i wymagających ochrony w skali 1:10 000,
- mapa geomorfologiczna w skali 1:10 000,
- mapa zakresu udokumentowania w skali 1:100 000.

Ze względu na elementy związane z problematyką regionu i dedykowanych dla aglomeracji Lublina prawdopodobnie będzie należało wykonać takie mapy jak:

- mapa gruntów antropogenicznych w skali 1:10 000,
- mapa gruntów słabych w skali 1:10 000,
- mapa stropu podłoża podczwartorzędowego w skali 1:10 000,
- mapa hydroizohips i/lub głębokości zwierciadła w skali 1:10 000

W zależności od problematyki napotkanej podczas wykonywania prac nad atlasem związanej z podłożem gruntowym aglomeracji Lublin (np.: występowanie gruntów słabych) mogą powstać inne mapy tematyczne.

Oprócz opracowania map konieczne jest przedstawienie modelu geologicznego za pomocą przekrojów geologiczno-inżynierskich, co pozwoli zobrazować model geologiczny obszaru opracowania. Liczba, długość oraz przebiegi przekrojów powinny być dobrane tak, aby mogły oddać złożoność budowy podłoża gruntowego. Ze względu na charakter aglomeracji lubelskiej zakłada się wykonanie 6 przekrojów: 2 o przebiegu równoleżnikowym, 2 o przebiegu południkowym oraz po jednym o kierunkach SW-NE i NW-SE.

Ponadto atlas będzie zawierać opracowanie tekstowe, które jest zazwyczaj integralną częścią atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji miejskiej. Część tekstowa opisuje budowę podłoża i problematykę związaną z rejonem Atlasu, oraz zakres prac wykonanych na rzecz opracowania. Stanowi także objaśnienia do jego części graficznej.

Prace nad Atlasem realizowane w ramach zadania będącego przedmiotem niniejszego studium będą wykonywane według instrukcji będącej obecnie w trakcie opracowywania pn.: "Instrukcja wykonywania Atlasów geologiczno-inżynierskich w skali 1:10 000", która zaktualizuje instrukcję pn.: „Atlasy geologiczno-inżynierskie dla miast - Instrukcja wykonywania techniką komputerową” (Dubaj-Nawrot J.i in., 2005).

5.4 Udostępnienie Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.

Jednym z celów wykonywania atlasów geologiczno-inżynierskich aglomeracji miejskich jest szeroki i prosty dostęp do bazy danych i map tematycznych atlasów. Atlas ma być użyteczny dla administracji państwowej, rządowej i samorządowej oraz dla sektorów gospodarki związanych z przemysłem, budownictwem i usługami, a także dla inwestorów, mieszkańców aglomeracji i geologów. Całe opracowanie należy przystosować w końcowym etapie do zwizualizowania w sieci map tematycznych, poszczególnych cyfrowych warstw i kart otworów za pomocą serwisów WMS bądź WFS.

Całe opracowanie Atlasu aglomeracji Lublin (część graficzna i tekstowa) wraz z bazą danych będzie dostępna przez strony internetowe i odpowiednie serwisy Państwowej służby geologicznej np.: <http://atlasy.pgi.gov.pl>.

5.5 Oszacowanie kosztów wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin w skali 1:10 000.

Wstępny koszt prac związanych z opracowaniem atlasu oszacowano na podstawie rozeznania rynku oraz analizy umów realizowanych przez PSG w ostatnim czasie. Poza wielkością powierzchni opracowania, koszt także zależy od stopnia udokumentowania, co uwarunkuje liczbę i głębokość otworów badawczych niezbędnych do wykonania atlasu.

Przyjęto, że opracowanie Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin będzie obejmować:

- pracę zespołu osób przez okres 36 miesięcy – przyjęto, że koszt Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin wyniesie 1600 zł/km² z czego:
 - koszt utworzenia geobazy danych przestrzennych wraz z opracowaniem Atlasu geologiczno-inżynierskiego wyniesie 1500 zł/1 km².
 - koszt udostępnienia i archiwizacji wyniesie 100 zł/km².
- wiercenia badawcze i badania laboratoryjne:
 - koszt 1 mb wiercenia mechanicznego wyniesie 150 zł/mb,
 - koszt 1 mb sondowania parametrycznego wyniesie 150 zł/mb,
 - koszt badań właściwości fizycznych gruntu wyniesie 200 zł/otwór - komplet badań,
 - koszt badań właściwości mechanicznych gruntu wyniesie 2500 zł/ wydzieloną warstwę (serię geologiczno-inżynierską) - komplet badań,
- inne niezbędne prace:
 - koszt pozyskania i wprowadzenia do bazy BDGI otworu archiwalnego 35-40 zł/otwór badawczy,
 - koszt kartowania geologiczno-inżynierskiego 600 zł/km²,
 - koszt badań geofizycznych (tomografia elektrooporowa 5000 zł/km bieżący,

Podczas prac nad atlasem już w fazie wstępnej powinno się rozpoznać stopień równomierności rozmieszczenia archiwalnych punktów dokumentacyjnych. Będzie to ważne w wyznaczeniu liczby otworów wiertniczych do wykonania na potrzeby Atlasu. Przyjmuje się wykonanie uzupełniających otworów wiertniczych o głębokościach 2, 4 i 6 m (średnio 4 m).

Tab. 3 Zestawienie przybliżonych kosztów sporządzenia Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Szczecin dla III wariantów opracowania

	Wariant I	Wariant II	Wariant III
<i>Powierzchnia obszaru opracowania (km²)</i>	≈144	≈164,2	≈314
Utworzenie geobazy danych i opracowanie atlasu geologiczno-inżynierskiego - 1500zł/km² (zł)	216 000,00	246 300,00	471 000,00
Udostępnienie oraz archiwizacja bazy danych i atlasu geologiczno-inżynierskiego - 100 zł/km² (zł)	14 400,00	16 420,00	31 400,00
Kartowanie geologiczno-inżynierskie - 600zł/km².(zł)	86 400,00	98 520,00	188 400,00
<i>Spodziewana liczba archiwalnych otworów wiertniczych (-)</i>	≈4000	≈4800	≈6000
Pozyskanie i wprowadzenie do BDGI otworu archiwalnego - 40zł/otwór (zł)	160 000,00	192 000,00	240 000,00
<i>Przewidywana liczba uzupełniających otworów wiertniczych dla zapewnienia równomiernego ich rozmieszczenia (-)</i>	1762	1769	6582
<i>Przewidywany metraż uzupełniających otworów wiertniczych dla zapewnienia równomiernego ich rozmieszczenia (m)</i>	7048	7076	26 328
Wykonanie wierceń mechanicznych (otworów wiertniczych) - 150zł/mb (zł)	1 057 200,00	1 061 400,00	3 949 200,00
<i>Liczba przewidywanych sondowań parametrycznych (-)</i>	529	531	1975
Wykonanie sondowań parametrycznych - 150zł/mb (zł)	79 290,00	79 605,00	296 190,00
<i>Przewidywany metraż badań geofizycznych (m)</i>	60 000	70 000	90 000
Badania geofizyczne - tomografia elektrooporowa - 5zł/mb (zł)	300 000,00	350 000,00	450 000,00
Badania właściwości fizycznych gruntu - 200zł/otwór (zł)	352 400,00	353 800,00	1 316 400,00
Badania właściwości mechanicznych gruntu 2500zł/warstwę - ≈ 25 serii geologiczno-inżynierskich (zł)	62 500,00	62 500,00	62 500,00
Sumaryczny koszt wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin	2 328 190,00	2 460 545,00	7 005 090,00

Koszt wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Szczecin będzie zależny od przyjętego wariantu opracowania (

Tab. 3). W powyższym zestawieniu tabelarycznym przyjęto średnie ceny usług i prac kameralnych z roku 2013. Zestawiono powierzchnię wariantów opracowania i przewidywaną do wykonania liczbę otworów wiertniczych niezbędnych do realizacji atlasu. Uwzględniono także wykonanie sond parametrycznych i badań geofizycznych.

6 Podsumowanie

Celem wykonania Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin jest zebranie i uporządkowanie danych geologicznych oraz opracowanie w formie cyfrowej map geologiczno- inżynierskich. Efektem pracy będzie cyfrowa baza danych otworów zawierająca zbiór ujednoliconych informacji geologicznych i geologiczno-inżynierskich obszaru aglomeracji lubelskiej oraz zbiór map w formie Atlasu geologiczno-inżynierskiego. Wyniki pracy będą ogólnie dostępne poprzez stronę <http://atlasy.pgi.gov.pl>.

Mapy Atlasu będą stanowić użyteczny materiał dla administracji państwowej, rządowej i samorządowej oraz dla sektorów gospodarki związanych z przemysłem, budownictwem i usługami, a także dla inwestorów, mieszkańców aglomeracji i geologów. Władze samorządów terytorialnych aglomeracji lubelskiej uzyskają źródło danych, które stanowią podstawę planowania przestrzennego i podejmowania decyzji inwestycyjnych związanych między innymi z infrastrukturą budowlaną, zgodnie z Krajową Polityką Miejską i Konsepcją Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030.

Realizacja tematu będzie kontynuacją prowadzonego przez PSG tematu BDGI. Przewiduje się, że realizacja Atlasu geologiczno-inżynierskiego aglomeracji Lublin będzie prowadzona w latach 2017-2020 jako zadanie stałe, realizowane w ramach zadań Państwowej Służby Geologicznej.

7 Literatura, akty prawne, normy

7.1 Literatura

ALBRYCHT A., i in., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Ndrzwica (0785), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

ALBRYCHT A., i in., 1991 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Ndrzwica (0785), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

ALBRYCHT A., i in., 1992 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Bychawa (0786), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

ALBRYCHT A., i in., 1996 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Bychawa (0786), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

BUTRYM J., i in., 1982 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Lublin (0749), Instytut Geologiczny, Warszawa,

BUTRYM J., i in., 1982 – Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Lublin (0749), Instytut Geologiczny, Warszawa,

CZERIESKA-TOMCZYK J. i in., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusz Ndrzwica (0785), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

DUBAJ-NAWROT J., FRANKOWSKI Z., 2005 – Atlasy geologiczno-inżynierskie dla miast - Instrukcja wykonywania techniką komputerową, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa

KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski, PWN, Warszawa,

MALINOWSKI J., – 1960. Geologia inżynierska, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa,

MALINOWSKI J., i in. 1978a – Mapa geologiczna Polski z utworami powierzchniowymi. Arkusz Lublin. 1:200 000. Instytut Geologiczny, Warszawa,

MALINOWSKI J., i in. 1978b – Mapa geologiczna Polski bez utworów czwartorzędowych. Arkusz Lublin. 1:200 000. Instytut Geologiczny, Warszawa,

MAJER K. i in., 2012 – Atlasy Geologiczno-Inżynierskie Aglomeracji Miejskich w skali 1:10 000. Instrukcja wykonywania. Państwowy instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa,

MARKS L., i in., 2006 – Mapa Geologiczna Polski w skali 1:500 000, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

PIETRUSZKA W. i in., 2002 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusz Bełżyce (0748), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

PIETRUSZKA W. i in., 2002 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusz Lublin (0749), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

PIETRUSZKA W. i in., 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami, arkusz Bychawa (0786), Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa,

7.2 Akty prawne

2008/966/WE: Decyzja Komisji z dnia 12 grudnia 2008 r. przyjmująca na mocy dyrektywy Rady 92/43/EWG wstępny wykaz terenów mających znaczenie dla Wspólnoty składających się na stepowy region biogeograficzny (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 8066)

Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, 2014 – Krajowa Polityka Miejska – projekt I wersja (http://www.mir.gov.pl/rozwoj_regionalny/polityka_regionalna/rozwoj_miast/kpm)

UCHWAŁA Nr 239 RADY MINISTRÓW z dnia 13 grudnia 2011 r. w sprawie przyjęcia Koncepcji Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030 (Monitor Polski 2012, Poz. 252)

USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2011, nr 163, poz. 981), tekst jednolity z późniejszymi zmianami

USTAWA z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. 2008, nr 25, poz. 150), tekst jednolity z późniejszymi zmianami

ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. 2011, nr 288, poz. 1696),

ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie sposobu i zakresu wykonywania obowiązku udostępniania i przekazywania informacji oraz próbek organom administracji geologicznej przez wykonawcę prac geologicznych (Dz. U. 2001, nr 153, poz. 1781),

ROZPORZĄDZENIE Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012, nr 0, poz. 463),

7.3 Normy

PN-B-02480:1986 Grunty budowlane. Określenia, symbole i podział gruntów,

PN-B-02481:1998 Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar,

PN-B-04452:2002 Grunty budowlane. Badania polowe,

PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu,

PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne,

PN-EN 1997-1:2008/ApZ Załącznik krajowy NA – postanowienia krajowe w zakresie przedmiotowym EN 1997-1: 2004

PN-EN 1997-2:2009 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego.

7.4 Strony internetowe

<http://geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/>

http://www.mir.gov.pl/rozwoj_regionalny/polityka_regionalna/rozwoj_miast/kpm

<http://midas.pgi.gov.pl>

<http://otworywiertnicze.pgi.gov.pl/>