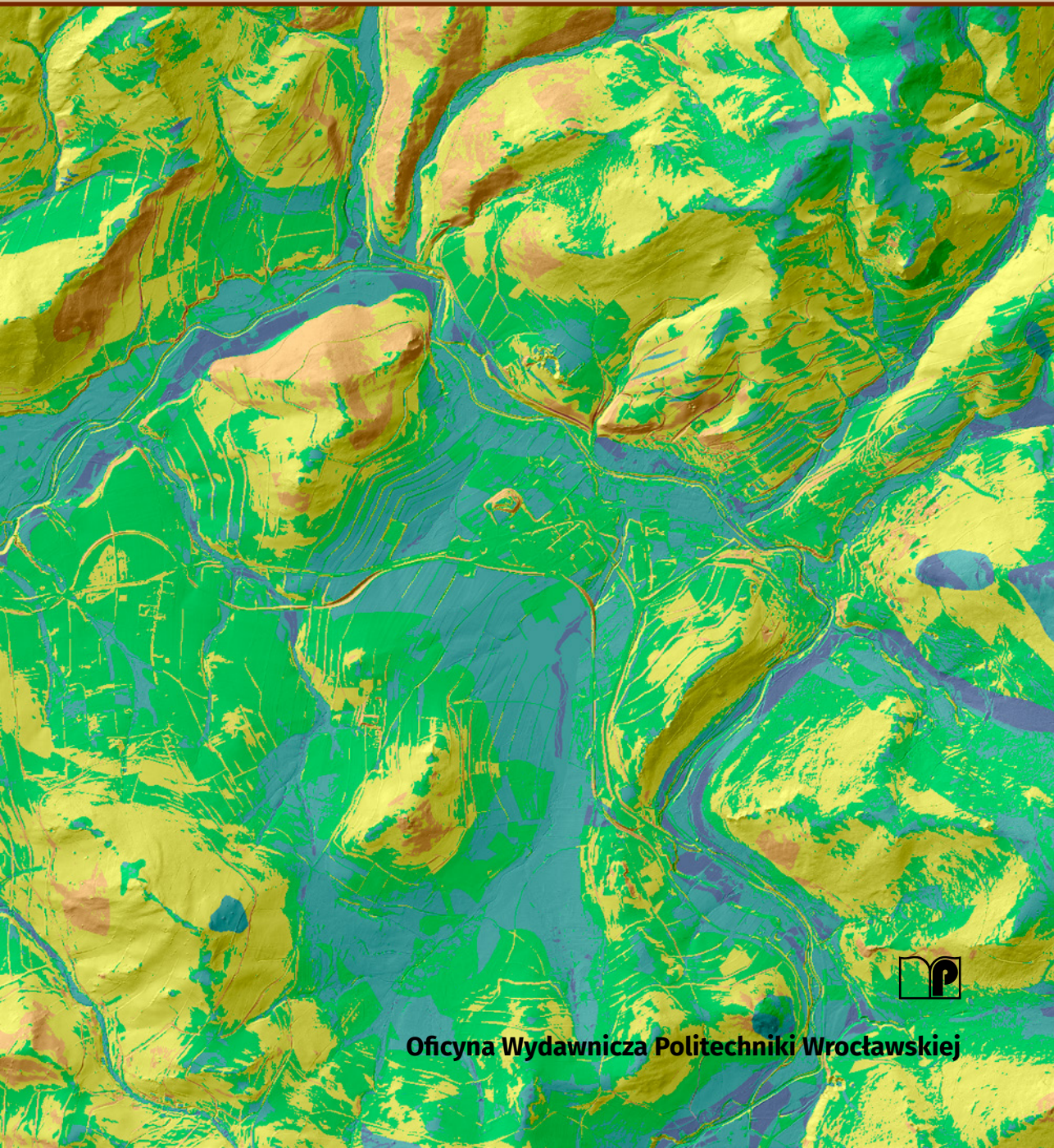


Aleksandra Kozłowska-Woszczycka
Adam Górecki

Zagrożenie suszą hydrogeologiczną w zlewni rzeki Białej Łądeckiej



Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej

**Aleksandra Kozłowska-Woszczycka
Adam Górecki**

Zagrożenie suszą hydrogeologiczną w zlewni rzeki Białej Łądeckiej



**Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
2022**

Recenzent
Anna UCIECHOWSKA-GRAKOWICZ

Korekta techniczna
Stanisław GANCARZ

Skład i łamanie
Tomasz GRACEK

Wydano na podstawie materiałów dostarczonych przez autorów.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Niniejsza książka, zarówno w całości, jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny, fotograficzny i inny bez zgody wydawcy i właścicieli praw autorskich.

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2022

OFICYNA WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
<http://www.oficyna.pwr.edu.pl>;
e-mail: oficwyd@pwr.edu.pl
zamawianie.ksiazek@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-7493-193-9
<https://doi.org/10.37190/AKWAG2022>

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
1.1. Cel i zakres pracy	6
1.2. Motywacja	6
2. Przegląd literatury	11
2.1. Klimat i jego zmiany oraz ekstremalne zjawiska pogodowe w Polsce	11
2.2. Potencjał retencyjny a zjawisko suszy	14
2.3. Obieg wody w przyrodzie i zasoby wód podziemnych	17
2.4. Czynniki przyrodnicze wpływające na zasilanie wód podziemnych	20
2.5. Rola GIS w wyznaczaniu stref zasobów wód podziemnych	23
3. Wykorzystane dane i oprogramowanie	27
4. Charakterystyka objętej analizą zlewni rzeki Białej Łądeckiej	31
4.1. Położenie zlewni	31
4.2. Charakterystyka hydrograficzna	34
4.3. Struktura geologiczna	36
4.4. Rzeźba terenu i cechy krajobrazu	44
4.5. Warunki glebowe	47
4.6. Warunki klimatyczne i rozkład opadów atmosferycznych	65
4.7. Użytkowanie terenu	68
5. Metodyka i opracowanie	71
5.1. Wagowanie globalne	71
5.2. Wagowanie lokalne	75
5.3. Nakładanie priorytetowe	78
6. Wyniki	79
6.1. Ocena gęstości lineamentów	79
6.2. Ocena gęstości sieci rzecznej	80
6.3. Ocena warunków glebowych	81
6.4. Ocena warunków opadowych	82
6.5. Ocena nachylenia terenu	83
6.6. Ocena warunków geologicznych	84
6.7. Ocena użytkowania terenu	85
6.8. Ocena podatności obszaru na wystąpienie suszy hydrogeologicznej i wyodrębnienie stref zagrożenia suszą	86
7. Podsumowanie i wnioski	89
Bibliografia	93
Załączniki	99
Spis tabel i rysunków	121
Tabele	121
Rysunki	122

1. Wprowadzenie

Wody podziemne są niezwykle ważnym i niezastąpionym źródłem zaopatrzenia w wodę we wszystkich regionach klimatycznych, zarówno na obszarach wiejskich, jak i miejskich, w krajach rozwijających się i rozwiniętych. Problem zmniejszających się zasobów wód podziemnych jest ogólnoswiatowy (Waikar i Nilawar 2014). Spowodowane jest to tym, że w poszczególnych regionach, ze względu na strukturę ludnościową i gospodarczą, zapotrzebowanie na wodę znacznie przewyższa jej zasoby (Kaczmarek 1993). Skutki niedoborów wody odczuwalne są przede wszystkim na obszarach niezwodociągowanych, które zazwyczaj charakteryzują się występowaniem przeszkód w prowadzeniu takich sieci np. trudno dostępne, górskie tereny. Co więcej, wśród negatywnych skutków obniżania się zwierciadła wód podziemnych wyróżnić można również szkody i straty w rolnictwie, a także degradację ekosystemów, których istnienie uwarunkowane jest przez wody podziemne (Woźnicka i Kowalczyk 2016).

Warunki klimatyczne uwarunkowane przez położenie geograficzne Polski sprawiają, że susza jeszcze nie jest tak dotkliwa jak w innych rejonach świata. Jednakże w ostatnich latach na przeważającym obszarze Polski obserwuje się ciągłe obniżanie się stanów wód podziemnych. W niektórych regionach kraju odczuwalne są negatywne skutki niedoborów wody, spowodowanych wahaniami zwierciadła płytkich wód podziemnych. Taka sytuacja, nazywana suszą czy też niżówką hydrogeologiczną, spowodowana jest przede wszystkim przedłużającymi się niekorzystnymi warunkami meteorologicznymi i niedoborem infiltrującej w głąb ziemi wody opadowej. Susze hydrogeologiczne, powodowane przede wszystkim przez susze atmosferyczne, pojawiają się w wielu regionach Polski, a dokładne ich rozpoznanie, biorąc pod uwagę zasięg i intensywność tego zjawiska, pozwala na poprawę w zakresie gospodarowania ograniczonymi zasobami wodnymi. Na wahania poziomu zwierciadła wód podziemnych, poza czynnikami meteorologicznymi, wpływ mają również inne czynniki: geograficzne, geologiczne, geofizyczne, a także kosmiczne związane głównie z aktywnością Słońca (Jakubowski 2011; Woźnicka i Kowalczyk 2016; Kowalczyk 2017).

Identyfikacja obszarów zagrożonych wystąpieniem suszy hydrogeologicznej jest procesem niezwykle skomplikowanym, gdyż analizy tego typu przeprowadza się dysponując wieloletnimi obserwacjami zwierciadła wód podziemnych, co w praktyce jest bardzo utrudnione. Po pierwsze, trudność ta wynika z braku wystarczającej liczby danych z wielolecia pochodzących z wiarygodnych punktów monitoringu wód podziemnych (Gurwin 2015). Co więcej, udział wielu czynników wpływających na zjawisko niżówki hydrogeologicznej sprawia, że każdy punkt charakteryzuje się indywidualną specyfiką wahań, a obserwacje z punktów położonych blisko siebie mogą wykazywać asynchroniczność, podczas gdy punkty oddalone od siebie o kilkadziesiąt kilometrów wykazują duże podobieństwo zmian poziomu zwierciadła wód podziemnych (Kowalczyk 2016).

W niniejszej pracy zastosowano schemat postępowania polegający na jakościowej ocenie przestrzennej zmienności podatności na suszę hydrogeologiczną. W celu identyfikacji obszarów narażonych na wystąpienie niżówki hydrogeologicznej, przyjęto, że wahania zwierciadła wód podziemnych powodowane są przez wszystkie czynniki warunkujące ich zasilanie. Bazowano zatem na danych geologicznych, glebowych i geomorfologicznych, numerycznych danych wysokościowych, danych pomiarowo-obszernych dotyczących opadów atmosferycznych, a także danych o użytkowaniu terenu i obiektach topograficznych – sieci rzecznej. Metodyka pracy polega na stworzeniu konstrukcji wielokryterialnego modelu, opartego na technice MIF (ang. *Multi-Influencing Factor*) i przeprowadzeniu analizy przestrzennej z wykorzystaniem narzędzi GIS.

1.1. Cel i zakres pracy

Celem autorów w niniejszej pracy jest przeprowadzenie wielokryterialnej analizy, biorącej pod uwagę zróżnicowane czynniki środowiskowe, pod kątem identyfikacji stref i oceny poziomu zagrożenia suszą hydrogeologiczną. Obszarem opracowania objęto teren zlewni górskiej rzeki Białej Łądeckiej, położonej w subregionie fizyczno-geograficznym Sudetów.

Tak postawiony cel obejmuje cztery zasadnicze zadania:

- opis proponowanych czynników środowiskowych z przedstawieniem ich wpływu na zasilanie wód podziemnych;
- określenie wzajemnych relacji między poszczególnymi czynnikami środowiskowymi;
- przeprowadzenie analizy przestrzennej z zastosowaniem wagowego nakładania poszczególnych warstw tematycznych;
- analizę i opis otrzymanych wyników.

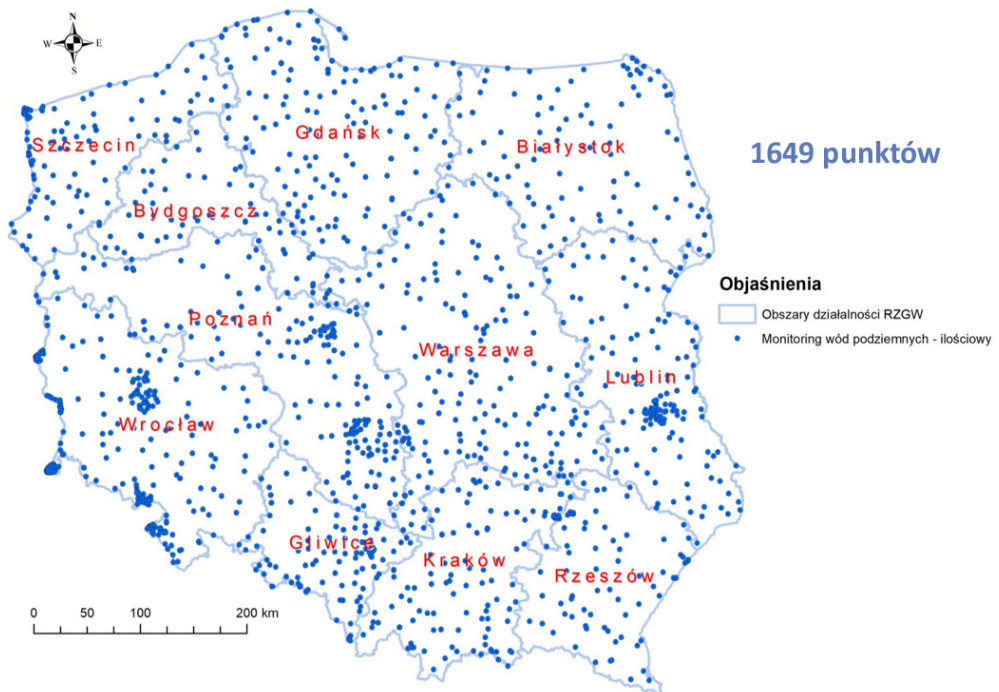
Zakres pracy obejmuje:

- przegląd literatury i opis teoretyczny zagadnienia;
- pozyskanie, weryfikację i opracowanie wykorzystanych danych;
- utworzenie warstw tematycznych reprezentujących poszczególne czynniki przyrodnicze;
- przeprowadzenie analizy wielokryterialnej, mającej na celu wyłonienie czynników dominujących i pobocznych;
- wyznaczenie obszarów zagrożonych wystąpieniem niżówki hydrogeologicznej wraz z oceną poziomu zagrożenia.

1.2. Motywacja

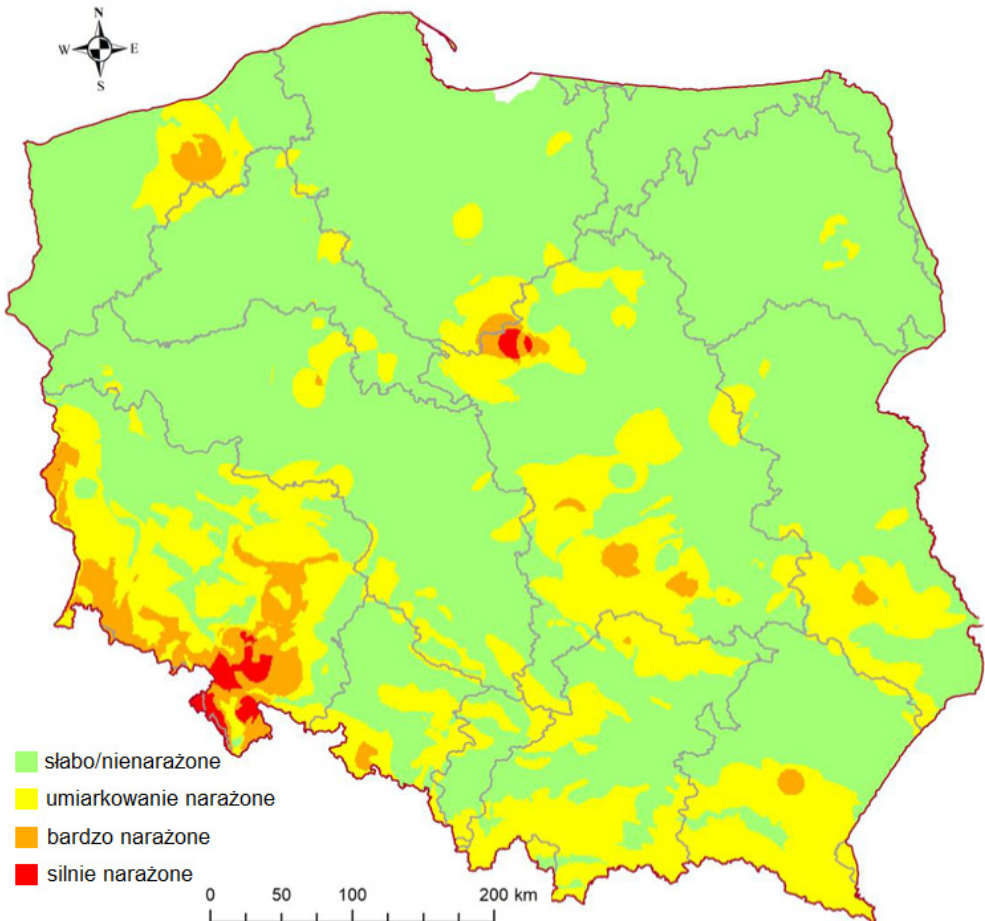
Zagadnienie suszy hydrogeologicznej, czyli stanu, który polega na długotrwałym obniżeniu zasobów wód podziemnych, jest niezwykle istotnym i aktualnym problemem. Pierwszorzędną kwestią, która powinna być poruszana, jest identyfikacja obszarów podatnych na wystąpienie tego zjawiska. W 2019 roku w Warszawie

miała miejsce ogólnopolska konferencja *Stop Suszy!*, podczas której zaprezentowano rezultaty projektu realizowanego przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie pt. „Opracowanie planu przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy”. Metodyka wyznaczania obszarów zagrożonych wystąpieniem suszy hydrogeologicznej w tym projekcie bazowała na wykorzystaniu punktów monitoringu wód podziemnych, regionalizacji geograficznej obszarów oraz podziale dorzeczy na strefy hydrodynamiczne. Za pomocą danych z punktów monitoringu wód podziemnych, dotyczących maksymalnej długości ciągu niżówkowego w punktach obserwacyjnych w wieloleciu 1987–2018, opracowana została ocena zagrożenia przy pomocy interpolacji metodą IDW lub krigingu (w zależności od morfologicznych cech terenu). Do interpolacji wykorzystano 1649 punktów rozłożonych nierównomiernie na terenie Polski, co przedstawiono na rys. 1. Pozostałe składowe analizy to zgeneralizowane strefy hydrodynamiczne (zasilania, przepływu lub drenażu) oraz mezoregiony (doliny, równiny, wyżyny, pogórza i góry). Składowe analizy poddano klasyfikacji i rangowaniu. W rezultacie otrzymano zidentyfikowane obszary zagrożenia suszą hydrogeologiczną wraz z oceną poziomu tego zagrożenia (Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2019).



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów monitoringu wód podziemnych (źródło: materiały konferencyjne „Stop Suszy!”; opracowanie: Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2019)

Przedstawiona przez Wody Polskie metodyka nie daje dokładnego rozpoznania zjawiska suszy hydrogeologicznej. Wynika to z występowania zarówno miejsc wyraźnego zagęszczenia punktów monitoringu wód podziemnych, jak i miejsc, gdzie nie zlokalizowanego żadnego z punktów lub ich rozmieszczenie jest niewystarczające do przeprowadzenia właściwej analizy. Wyraźnie zauważalne jest, że zagęszczenie punktów monitoringu występuje w pobliżu obszarów wydobywania kopalin. Dodatkowo, analiza nie uwzględnia czynników wpływających na infiltrację wody w głąb gruntu. Nie uwzględnia tym samym potrzeby rozpoznania indywidualnej specyfiki wahań poziomu zwierciadła wód podziemnych, co w swojej pracy podkreśla m.in. Kowalczyk (2016). Z analizy wynika, że największy odsetek obszarów silnie i bardzo zagrożonych suszą znajduje się w południowo-zachodniej Polsce, oraz w subregionie Sudetów, co przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Obszary zagrożone wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (źródło: materiały konferencyjne „Stop Suszy!”; opracowanie: Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2019)

Zgodnie z raportem STOP SUSZY! 2020 (Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2020), w Sudetach występują obszary o różnej podatności na wystąpienie niżówki hydrogeologicznej. W raporcie podkreślono, że obszary szczególnie narażone na wystąpienie suszy mogą być jednocześnie podatne na występowanie wezbrań powodziowych. Z tego względu, w niniejszej pracy opracowaniem postanowiono objąć zlewnię górskiej rzeki Białej Łądeckiej, która znana jest z okresowo występujących wysokich stanów poziomu wody i licznych wezbrań oraz która wcześniej stanowiła obszar badań Autorów w kontekście wyznaczania obszarów zalewowych, co zostało przedstawione m.in. w artykule Kozłowskiej-Woszczyckiej (2019).

Inspiracją dla Autorów do przeprowadzenia analizy wielokryterialnej wykorzystującej zróżnicowane czynniki przyrodnicze i możliwości GIS było wystąpienie doktora Arjuna Doke podczas szkoły letniej *ISPRS Student Consortium Summer School: Geospatial technologies for natural environment management and monitoring*, gdzie zaprezentował on wyniki swojej pracy. Doke (2019), wykorzystując czynniki warunkujące infiltrację wód opadowych oraz bazując na technice MIF, wyznaczył strefy zasobności wód podziemnych. Zaletą tego podejścia jest dokładne rozpoznanie specyfiki konkretnego obszaru pod kątem uwarunkowań środowiskowych wpływających na zasilanie wód podziemnych.

2. Przegląd literatury

Wody podziemne są jednymi z najcenniejszych zasobów naturalnych, dzięki którym możliwe są m.in. stały rozwój gospodarczy i zachowanie bioróżnorodności (Waikar i Nilawar 2014). Parlament Europejski i Rada Wspólnoty Europejskiej, przedstawiając podstawę Dyrektywy Wodnej (Dyrektywa 2000/60/WE), stwierdziły, że „woda nie jest tylko towarem komercyjnym, jak inne dobra, lecz w większym stopniu dziedzictwem, które musi być chronione, bronione i traktowane podmiotowo”. Rozpoznawaniem, bilansowaniem i ochroną wód podziemnych w Polsce w celu ich racjonalnego wykorzystania zajmuje się Państwowa Służba Hydrogeologiczna. Istotnym elementem jej działalności jest współpraca z Państwową Służbą Hydrologiczno-Meteorologiczną, za którą odpowiedzialny jest Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (Sadurski i Nowicki 2003).

Od lat 50. ubiegłego wieku w Polsce rozpoczęła się intensyfikacja produkcji rolnej, która spowodowała zwiększenie bezzwrotnego zużycia wody na transpirację i parowanie. Co więcej, wówczas na szeroką skalę podejmowane były pewne działania techniczne m.in. regulacja koryt rzecznych, budowa obwałowań i odwadniających systemów melioracyjnych. Zabiegi te spowodowały zwiększenie powierzchniowego odpływu wody, co z kolei miało wpływ na zubożenie retencji, czyli zdolności do gromadzenia zasobów wodnych. Zubożenie retencji gleb na wysoczyznach i zboczach spowodowało zakwalifikowanie tych gleb do stale lub okresowo suchych. Z kolei w obniżeniach terenowych zaobserwować można skutki niekontrolowanego obiegu wody w zlewni, który spowodowany jest anomaliami pogodowymi i występującymi naprzemiennie nadmiarem lub niedoborem wody opadowej. Postępujące niekorzystne zmiany klimatyczne oraz niekontrolowana działalność gospodarcza przyczyniają się do powstawania stref deficytowych wody (Czamara 1998).

W celu zapobiegania tragicznym skutkom suszy podejmowane są działania polegające m.in. na identyfikacji zagrożonych obszarów, określaniu zasobów wód podziemnych i ocenie aktualnej sytuacji hydrogeologicznej. Obserwacje, analizy oraz prognozy prowadzone systematycznie, a także rozpowszechnianie informacji o stanie wód podziemnych, wpisują się w realizację polityki zrównoważonego rozwoju (Sadurski i Nowicki 2003).

2.1. Klimat i jego zmiany oraz ekstremalne zjawiska pogodowe w Polsce

Istotną kwestią w rozważaniach na temat zmian klimatycznych jest dostrzeżenie, że klimat jest czymś więcej niż stanem pogody, a interpretacja jego zmian to niezwykle trudne i skomplikowane zagadnienie. Klimat rozumiany jest jako statystyczny stan atmosfery, a zatem jest to obraz pogody uśredniony za dłuższy okres np. 30 lat. Charakteryzowany jest on przez zmienne meteorologiczne, głównie przez temperaturę, opad, nasłonecznienie, wilgotność powietrza, parowanie oraz

prędkość wiatru. Zmienne te podlegają wahaniom i reprezentowane są przez wartości średnie (Kundzewicz 2012).

W historii Ziemi klimat zmieniał się wielokrotnie. Mechanizmy odpowiedzialne za zmiany klimatyczne podzielić można na takie, których przebieg w całości jest naturalny oraz na takie, na które wpływ mają zarówno czynniki naturalne o charakterze ekstremalnym np. erupcje wulkanów, jak i działalność człowieka. Do pierwszej grupy zaliczają się zmiany aktywności Słońca i tym samym wahania promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi oraz zmiany parametrów orbity ziemskiej. Wśród drugiej grupy wyróżnić można zmiany składu atmosfery ziemskiej (emisje gazów cieplarnianych, pyłów, aerozoli) oraz zmiany właściwości powierzchni Ziemi, czyli m.in. zmiana sposobu użytkowania terenu wpływająca na współczynnik odbicia. Postępujące obecnie zmiany klimatyczne doprowadziły do wzrostu średniej globalnej temperatury powietrza, co ma przełożenie we wzroście temperatur wód i tym samym w zwiększającym się poziomie mórz i oceanów, a także w coraz szybszym topnieniu lodowców i zanikaniu wiecznej zmarzliny. Największym wzrostem średniej temperatury charakteryzuje się północna półkula naszego globu, co ma związek z rozmieszczeniem obszarów lądowych – więcej z nich znajduje się w części północnej (Le Treut i in. 2007; Kundzewicz i Juda-Rezler 2010; Horska-Schwarz i in. 2015).

Klimat w Polsce charakteryzuje się fluktuacją zjawisk pogodowych, biorąc pod uwagę przebieg pór roku w latach następujących po sobie. Średnia wartość rocznej temperatury powietrza jest zróżnicowana obszarowo i waha się od ok. 5 do 9°C. Najniższymi średnimi temperaturami odznaczają się północno-wschodnia część kraju oraz obszary górskie. Z kolei najwyższe średnie temperatury odnotowuje się na południowym zachodzie Polski (poza Sudetami). Roczne amplitudy temperatur powietrza, czyli różnice między średnimi z miesiąca najcieplejszego i najchłodniejszego, wynoszą od 19 do 23°C. Zróżnicowane temperatury powietrza, występujące na obszarze kraju, powodują zmienność długości trwania okresu wegetacyjnego i okresu aktywnego wzrostu roślin, które mierzone są liczbą dni ze średnią dobową temperaturą większą odpowiednio od 5 i 10°C. Długość okresu wegetacyjnego wynosi w Polsce średnio 214 dni i waha się od 199 do 233 dni, zgodnie z gradientem temperatury z obszaru północnego wschodu na południowy zachód. Średnia dobową temperatura powietrza jest również wyróżnikiem sześciu pór roku występujących w Polsce: przedwiośnia (0–5°C), wiosny (5–15°C), lata (>15°C), jesieni (5–15°C), przedzimy (0–5°C) i zimy (<0°C). Wysokość opadów atmosferycznych wykazuje zależność od ukształtowania powierzchni terenu, a jej średnia suma wynosi około 600 mm. Najwyższe sumy opadów odnotowuje się w miesiącach letnich (Ministerstwo Ochrony Środowiska 2013).

W Polsce, począwszy od dwóch ostatnich dekad XX wieku, we wszystkich porach roku obserwuje się wzrost temperatury powietrza (w historii instrumentalnych obserwacji) – przeważający w zimie, a słabszy w lecie. Ponadto, zauważalna jest znaczna zmienność sum opadów atmosferycznych z roku na rok. Obserwuje się bowiem występowanie w krótkich odstępach czasu okresów mniej i bardziej wil-

gotnych. W ostatnim czasie na obszarze Polski nastąpiła zmiana struktury opadów, a analiza trendów zmian klimatu w Polsce pokazuje jego niestabilność – zauważono bowiem równoczesny wzrost liczby dni z intensywnymi opadami deszczu oraz długości okresów bezopadowych, co sprawia rosnące zagrożenie zarówno suszą jak i powodzią. Na obszarze Polski wschodniej (od Wisły na wschód), charakteryzującym się najczęściej występującą kłęską suszą, obserwuje się wydłużanie się okresów bezdeszczowych – w niektórych miejscach nawet o 5 dni na dekadę. Okresowe występowanie susz jest charakterystyczną cechą klimatu Polski, jednakże prowadzone obserwacje wskazują, że w ostatnich latach zjawisko to staje się coraz częstszym i większym zagrożeniem. Co więcej, prowadzone obserwacje i badania wykazują coraz krótszy czas trwania pór przejściowych, a nagły wzrost temperatur wczesną wiosną powoduje brak przedwiośnia i tym samym wydłużenie okresu wegetacyjnego. Obserwowane zmiany uwidaczniają, że klimat w Polsce przekształca się w kierunku dwóch pór roku: cieplej pory suchej oraz zimnej pory deszczowej (Ministerstwo Ochrony Środowiska 2013; Horska-Schwarz i in. 2015).

Największy wpływ na warunki klimatyczne panujące w Polsce wywierają coraz częściej występujące i nasilające się zjawiska, które mają charakter ekstremalny i które w zauważalnym stopniu zmieniają dynamikę cech klimatu. Wśród zjawisk tych wyróżnić można: silne wiatry i huragany, gwałtowne burze z piorunami, nawałne deszcze, gradobicia, fale upału i fale zimna. Obserwacje i badania prowadzone przez klimatologów wskazują, że w najbliższej przyszłości, negatywne skutki zmian klimatycznych będą coraz bardziej i częściej odczuwalne. Jedną z konsekwencji globalnych zmian, polegających na wzroście temperatury powietrza i zmniejszaniu się ilości opadów, jest przesuwanie się stref klimatycznych w kierunku północnym (na półkuli północnej). Przesunięcie się strefy zwrotnikowej na północ powoduje, że do Polski coraz częściej dopływa powietrze zwrotnikowe. Sprawia to, że dopływające rozgrzane powietrze zderza się z chłodnym z rejonów polarnych, co jest przyczyną intensyfikacji burz i nawałnic. Projekcje zmian klimatu na obszarze Polski wskazują na coraz częstsze występowanie licznych zagrożeń: intensywnych opadów prowadzących do osuwisk i powodzi, w tym powodzi błyskawicznych, silnych wiatrów czy fal upałów, które przyczyniają się do suszy w okresie wegetacyjnym (Kundzewicz i Juda-Rezler 2010; Kundzewicz 2012; Ministerstwo Ochrony Środowiska 2013; Horska-Schwarz i in. 2015).

Ekstremalne zjawiska pogodowe przyczyniają się do powstawania szkód bezpośrednich, które zagrażają życiu, naruszają stan środowiska naturalnego, przyczyniają się do zniszczeń infrastruktury technicznej oraz powodują ogromne straty materialne. Oddziaływanie tych zjawisk przyczynia się również do powstawania tzw. szkód pośrednich, które są wynikiem długoterminowych konsekwencji klimatycznych i swym zasięgiem obejmują obszar znacznie większy od tego, który został bezpośrednio dotknięty kłęską. Szkody te mają charakter gospodarczy i dotyczą m.in. ograniczenia popytu na rynku, który został dotknięty przez zniszczenia czy też utraty zysków niektórych przedsiębiorstw, która spowodowana została przez problemy z komunikacją lub wymuszone zmniejszenie produkcji. Najwyższe straty

odnotowywane są w czasie występowania kompleksów zjawisk np. silnych wiatrów, którym towarzyszą nawalne opady deszczu, gradu i wyładowania atmosferyczne. Przykładowo, w 2006 roku z powodu silnych mrozów oraz występujących po sobie najpierw suszy, a później intensywnych opadów, ucierpiała produkcja rolna poprzez znaczącą utratę plonów. Warto nadmienić, że straty odnotowane wówczas w sektorze rolnictwa kilkukrotnie przewyższyły te spowodowane przez powódź, która miała miejsce w 2010 roku. Powódź ta spowodowała straty oszacowane na około 12,5 mld zł i dotknęła 14 z 16 województw. Tylko w latach 2001–2011, wartość strat bezpośrednich, których przyczyną były ekstremalne zjawiska pogodowe, oszacowana została na kwotę ponad 56 mld zł. Biorąc pod uwagę straty pośrednie, przyjęto, że łączna wartość odnotowanych strat wyniosła około 90 mld zł (Ministerstwo Ochrony Środowiska 2013).

2.2. Potencjał retencyjny a zjawisko suszy

Polska, na tle innych krajów europejskich, posiada bardzo małe zasoby wodne, które charakteryzuje zmienność czasowa i przestrzenna. Oznacza to, że miejscowo dany obszar zagrożony jest występowaniem zarówno powodzi, jak i suszy. Optymalnym działaniem w takiej sytuacji jest retencjonowanie wód, które łagodzi skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych w skali lokalnej i regionalnej, nie wywierając przy tym niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne (Horska-Schwarz i in. 2015). Niestety, poczynając od lat 40. ubiegłego wieku, w Polsce, stopniowo zmniejszana była tzw. mała retencja wodna w zlewni¹. Likwidowano wówczas m.in. stawy, śródpolne oczka wodne czy niewielkie ciekły wodne – tzw. młynówki (Czamara 1998). Przez pojęcie małej retencji wodnej rozumie się zarówno działania inwestycyjne jak i nieinwestycyjne, które poprzez gromadzenie wód opadowych na powierzchni terenu, w warstwach geologicznych i glebie, służą ograniczeniu szybkiego ich spływu (Horska-Schwarz i in. 2015). Należy przez to rozumieć zatem wszelkie zabiegi, które mają na celu wydłużyć drogę oraz czas obiegu wody w zlewni (Miler 2009). Kowalczak (2001) i Mioduszewski (2003) zwracają przy tym uwagę na aspekt ekologicznego zrównoważonego rozwoju i jednoczesną ochronę jakości wód.

1 Zlewnię stanowi obszar, z którego wszystkie wody spływają do wspólnego systemu odbiorników np. rzek czy jezior i są nimi odprowadzane do określonego przekroju hydrometrycznego. Zlewnia stanowi termin ogólny i obejmuje zarówno obszar, którego wody zasilają cały obiekt np. zlewnia jeziora czy zlewnia rzeki, a także obszar zasilający rzekę do konkretnego punktu zamknięcia (określonego profilu) czy między dwoma profilami. Za granice powierzchniowej zlewni rzecznej uznaje się morfologiczne działy wodne, z kolei zlewni podziemnej – działy wód podziemnych. Jednakże wododziały powierzchniowe i podziemne charakteryzują się najczęściej na tyle zbliżonym przebiegiem, że w skali analiz regionalnych za granicę zlewniowego systemu krążenia wód podziemnych przyjmowany jest wododział morfologiczny (Burzyński i in. 2007).

Mioduszewski (1994) wśród najważniejszych rodzajów retencji wymienia:

- a) retencję glebową, której wielkość zależna jest od rodzaju, struktury i składu mechanicznego gleby;
- b) retencję leśną, bowiem las ma niezwykle korzystny wpływ na podniesienie retencji zlewni ze względu na wysoką zdolność magazynowania wody;
- c) retencję wód gruntowych i podziemnych, która odgrywa zasadniczą rolę w gospodarce wodnej zlewni;
- d) retencję koryt i dolin rzecznych, którą ocenia się na podstawie wypełnienia koryta cieku oraz doliny wodą.

Każda zlewnia charakteryzuje się określoną zdolnością retencyjną, która związana jest z uwarunkowaniami fizyczno-geograficznymi danego obszaru, tj. użytkowaniem terenu, warunkami glebowymi i geologicznymi, nachyleniem terenu, gęstością sieci rzecznej czy też występowaniem powierzchniowych zbiorników wodnych. Uwarunkowania te wpływają na zmianę szybkości odpływu wód ze zlewni i odpowiadają za naturalny i niesterowalny rodzaj retencji. Struktura użytkowania terenu istotnie wpływa na warunki obiegu wody, bowiem kształtuje zarówno odpływ powierzchniowy jak i podziemny. Na przykład z obszarów miejskich o gęstej zabudowie zdecydowana większość wód opadowych (wynosząca ok. 70%) nie zasila wód gruntowych, odpływając do kanalizacji. Istotnym elementem krajobrazu, który wpływa na potencjał retencyjny jest stopień pokrycia danego obszaru roślinnością. Kompleksy leśne, łąki czy torfowiska charakteryzują się dużym potencjałem retencyjnym. Z kolei tereny zabudowane odznaczają się niewielką zdolnością do zatrzymywania wód opadowych, co jest spowodowane znacznym udziałem tzw. gruntów uszczelnionych, do których zaliczają się m.in. asfalt czy beton (Miler 2009; Bartnik i in. 2009; Horska-Schwarz i in. 2015).

W literaturze znaleźć można wiele charakterystyk, wskaźników opisu, a co za tym idzie – również definicji suszy. Według Maidment (1993) susza definiowana jest zależnie od rozpatrywanych zjawisk przyrodniczych czy też procesów gospodarczych. Hisdal i Tallaksen (2000) definiują suszę jako cechę klimatu określaną jako zauważalny brak wody, powodujący szkody w środowisku i gospodarce oraz wyraźną uciążliwość dla ludności. Tokarczyk (2008) zaznacza, że susza stanowi zjawisko złożone i nie ma jednej uniwersalnej i akceptowalnej dla niej definicji, gdyż jest ona rezultatem wielu złożonych czynników, które oddziałują na siebie wzajemnie. Co więcej, trudne jest zdefiniowanie początku i końca trwania suszy. W swojej pracy Tokarczyk (2008) przytacza definicję wypracowaną przez zespół badaczy *Low Flow & Drought Group* z projektu *Flow Regimes from International Experimental and Network Data (FRIEND)*, która mówi, że susza to zjawisko ciągłe, posiadające zasięg regionalny, które charakteryzowane jest przez odchylenie od warunków normalnych następujących czynników: opadów atmosferycznych, wilgotności gleby, położenia zwierciadła wody podziemnej oraz przepływów w rzekach. Łabędzki (2006) wyróżnia następujące rodzaje suszy:

- a) meteorologiczną (atmosferyczną), która powstaje w wyniku długotrwałych okresów bezopadowych lub charakteryzujących się bardzo niskimi wartościami opadów;
- b) glebową, polegającą na zmniejszonym uwilgotnieniu gleby poniżej pewnej wartości progowej;
- c) hydrologiczną, polegającą na wahaniu się przepływu w rzekach w strefie stanów niskich oraz charakteryzującą się znacznym obniżeniem poziomu zwierciadła wód podziemnych;
- d) rolniczą, która definiowana jest jako okres charakteryzujący się zbyt niską wilgotnością gleby w stosunku do zapotrzebowania roślin;
- e) gospodarczą, która jest następstwem wcześniej wymienionych susz.

Analizując zjawisko suszy, wyróżnić można jej następujące fazy: suszę atmosferyczną (I), suszę glebową skutkującą suszą rolniczą (II), suszę hydrologiczną (III) skutkującą niżówką wód powierzchniowych oraz niżówką wód podziemnych (Kowalczyk i in. 2017). Genezy niżówki hydrogeologicznej należy zatem upatrywać w długotrwałym deficycie efektywnej infiltracji wód opadowych. Kowalczyk (2016) wysunął stwierdzenie, że niżówka hydrogeologiczna stanowi najgłębszy przejaw suszy. W procesie rozwoju niżówki hydrogeologicznej istotne jest określenie poziomu retencji w zlewni, od którego rozpoczyna się okres posuszny, co zazwyczaj determinuje sytuacja hydrogeologiczna z roku poprzedniego. Spoglądając na kolejne fazy suszy, należy mieć na uwadze, że susza atmosferyczna najczęściej zanika jeszcze przed rozwinięciem się suszy glebowej, a susza glebowa ustępuje i nie przechodzi w fazę suszy hydrologicznej. Wynika z tego, że stosunkowo rzadko dochodzi do wystąpienia suszy hydrologicznej z niżówką hydrogeologiczną. Należy jednak pamiętać, że im zajdzie dalsza faza suszy, tym trudniej jest powrócić do stanu pierwotnego (Pich i Płochniewski 1984; Tomaszewski 2012; Kowalczyk 2016; Kowalczyk i in. 2017).

Występowanie suszy ma duży wpływ na wszystkie rodzaje retencji, gdyż powoduje ich znaczne pogorszenie (Jakubowski 2011). W celu zapobiegania skutkom suszy, lokalnych podtopień czy powodzi należy dążyć do poprawy warunków retencyjnych poprzez sztuczne zwiększanie zdolności danego obszaru do zatrzymywania wód opadowych. W tym celu zarówno władze lokalne, jak i cała społeczność lokalna powinny podejmować działania polegające m.in. na budowie zbiorników retencyjnych, rowów chłonnych, zbiorników przydomowych, obiektów małej retencji czy powierzchni chłonnych w miejscach silnie uszczelnionych. Z drugiej strony, należy również prowadzić działania przywracające potencjał retencyjny środowiska naturalnego na danym obszarze, czyli m.in. rekultywację terenów zdegradowanych czy renaturalizację dolin rzecznych (Horska-Schwarz i in. 2015).

2.3. Obieg wody w przyrodzie i zasoby wód podziemnych

Woda stanowi jedną z najważniejszych substancji występujących w przyrodzie i wraz z powietrzem i glebą jest istotnym składnikiem środowiska naturalnego. Zasoby wodne, na które składają się wody powierzchniowe i podziemne, są narodowym bogactwem Polski (Gutry-Korycka i in. 2014). Wszystkie wody, znajdujące się pod powierzchnią ziemi i wypełniające pory i szczeliny w skałach, zaliczane są do wód podziemnych. Woda podziemna występuje w utworach skalnych różnego pochodzenia i wieku, charakteryzujących się zróżnicowaniem pod względem składu mineralnego, struktury, tekstury czy tektoniki. Różnorodność środowiska geologicznego ma zatem nadrzędny wpływ m.in. na skład chemiczny, właściwości fizyczne, dynamikę i rozprzestrzenianie się wód podziemnych (Pazdro 1983). Dla gospodarki krajowej najbardziej istotne są zasoby wód podziemnych zawarte w górnej części skorupy ziemskiej (głębokość do 1 km). Stanowią one stale odnawiające się zasoby wód słodkich i są ściśle związane z wodami powierzchniowymi (Pleczyński 1981).

Między wodami podziemnymi, powierzchniowymi i atmosferycznymi zachodzi proces noszący nazwę obiegu wody w przyrodzie lub cyklu hydrologicznego (Pazdro 1983). Obieg ten stanowi zespół licznych dróg, którymi woda krążąc między atmosferą, litosferą i hydrosferą przenosi się kolejno z jednego środowiska do drugiego (Pazdro 1983, Jakubowski 2011). Wśród procesów zachodzących w atmosferze wyróżnić można: parowanie, kondensację, opady czy transport wilgoci. Biosfera z kolei charakteryzuje się występowaniem zjawiska polegającego na poborze i oddawaniu wody – transpiracji. W litosferze zachodzą procesy, takie jak wsiąkanie, spływ powierzchniowy i podziemny oraz czasowe zatrzymania wody w postaci różnego rodzaju retencji (Chormański 2017).

Obieg wody w przyrodzie, przedstawiony na rys. 3, składa się z obiegu dużego i małego. Obieg duży obejmuje cyrkulację ocean–atmosfera–ląd–ocean. Obieg mały z kolei stanowi lokalną wymianę wody między atmosferą a wodami powierzchniowymi: parowanie z lądów lub oceanów do atmosfery, a następnie skraplanie i opad (Kowalski 1998; Chormański 2017).

Krążenie wody w przyrodzie to proces stały, który lokalnie może podlegać jednak przyspieszeniu lub zwalnianiu, dlatego ilość wody biorąca udział w cyklu hydrologicznym wykazuje roczne wahania (Pazdro 1983). Rok hydrologiczny jest najkrótszym okresem, który zamyka pełen cykl obiegu wody w przyrodzie (Kowalski 1998). W Polsce rok hydrologiczny rozpoczyna się 1 listopada, a kończy 31 października następnego roku.

Cykl hydrologiczny w ogólnej formie wyrazić można w postaci równania bilansu wodnego zlewni (Soczyńska 1997):

$$P = E + R + G + \Delta S \quad (1)$$

gdzie:

P – wskaźnik całkowitych opadów na obszarze zlewni;

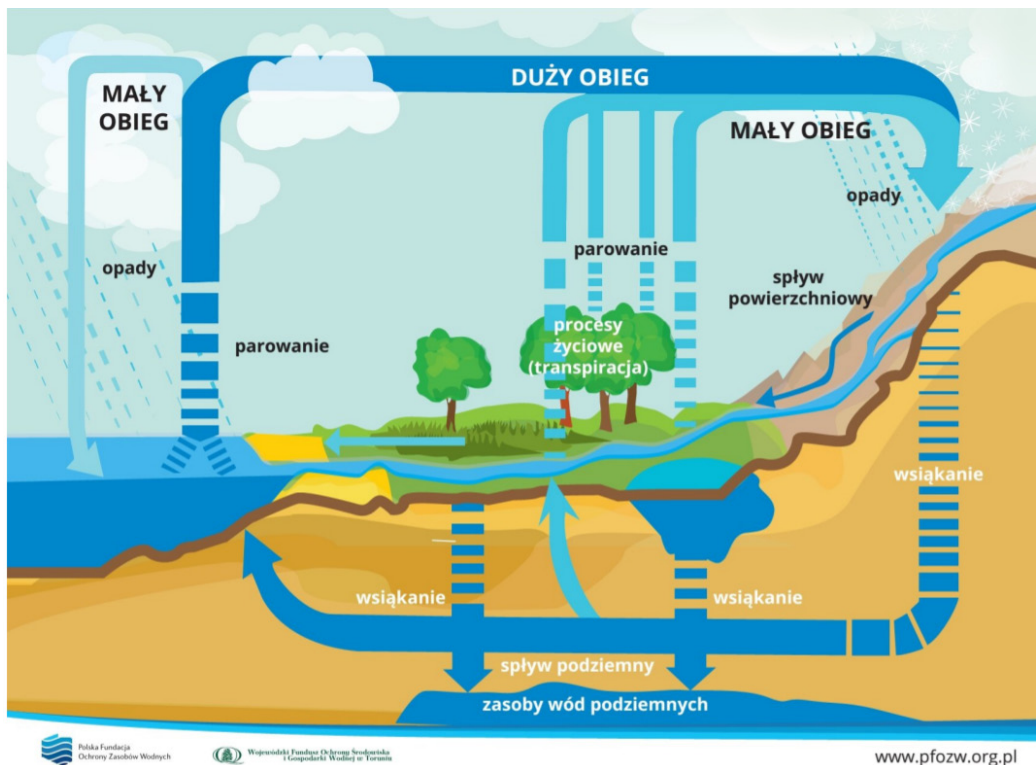
E – wskaźnik całkowitego parowania z obszaru zlewni;

R – wskaźnik całkowitego odpływu powierzchniowego z obszaru zlewni;

G – wskaźnik całkowitego odpływu podziemnego z obszaru zlewni;

ΔS – wskaźnik zmiany retencji zlewni.

Za pomocą przedstawionego równania możliwe jest określenie stanu uwilgotnienia całej zlewni (Jakubowski 2011). Częścią ogólnego bilansu wodnego jest bilans wód podziemnych, który określa stosunek ilości wód drenowanych do ilości wód zasilających i jest zależny m.in. od następujących czynników: wysokości opadów atmosferycznych, temperatury powietrza, warunków infiltracji (wsiąkania), wilgotności powietrza, parowania, pokrycia terenu, a także stosunków geomorfologicznych, geologicznych i hydrologicznych. Obliczanie bilansu wód podziemnych ma kluczowe znaczenie w prawidłowym gospodarowaniu zasobami wodnymi,



Rys. 3. Obieg wody w przyrodzie (źródło: Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych)

gdyż nieodpowiedzialne działania prowadzą do zachwiania równowagi naturalnej i szkód w postaci gwałtownej zmiany poziomu zwierciadła wód gruntowych (Pazdro 1983). Kowalski (1998) podkreśla, że znajomość bilansu wód podziemnych jest potrzebna w szczególności przy:

- a) ustalaniu zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wykorzystywanych do poboru wody;
- b) działaniach mających na celu ochronę przeciwpowodziową – zwiększona retencja wód gruntowych i podziemnych sprzyja wsiąkaniu wody opadowej i zarazem zmniejsza spływ powierzchniowy;
- c) projektowaniu piętrzących budowli hydrotechnicznych m.in. jazów, zapór czy zastawek – do oceny wpływu piętrzenia na stan wód gruntowych;
- d) projektowaniu systemów nawadniających i odwadniających;
- e) projektowaniu odwadniania kopalń odkrywkowych;
- f) projektowaniu budynków, wykopów fundamentowych itp.

Zasoby wód podziemnych podzielić można na: odnawialne, nieodnawialne, eksploatacyjne i ekologiczne. Zasoby odnawialne stanowi ilość wody wolnej, której utrata w określonym czasie jest równocześnie uzupełniana w wyniku naturalnego lub sztucznego zasilania. Z kolei do zasobów nieodnawialnych zalicza się tę ilość wody, która nie ma pokrycia w odnawianiu jej strat. Zasoby eksploatacyjne charakteryzowane są przez ilość wody, która może być pobierana w określonym czasie i w określonych warunkach ekonomiczno-technicznych, przyrodniczych i bilansowych. Zasoby ekologiczne stanowi natomiast ilość wody, nagromadzonej w strefie podziemnego krążenia, której nie można eksploatować ze względu na konieczność zachowania równowagi ekologicznej środowiska (Pleczyński 1981; Sadurski i Śmietański 2015).

Niewiele jest opracowań, w których przedstawione zostały wyniki badań w skali kraju dotyczące wieloletniej zmienności występowania niskich stanów wód podziemnych. Państwowa Służba Hydrogeologiczna, w ramach swojej działalności, od 2004 roku zajmuje się publikacją komunikatów o sytuacji hydrogeologicznej w Polsce, w których to analizowane jest zjawisko niżówki hydrogeologicznej. Jednakże charakter tego opracowania nie dostarcza pożądanego typu informacji ze względu na analizę zjawiska niżówki w ostatnich bieżących miesiącach, a nie w wieloleciu (Kowalczyk i in. 2017). W porównaniu do powierzchniowych wód płynących, procesy związane ze zmianą poziomu zwierciadła wód podziemnych zachodzą znacznie wolniej. Przyjęta skala czasowa pozwala na wyróżnienie dobowych, sezonowych, wieloletnich oraz wiekowych fluktuacji stanu zwierciadła wody podziemnej (Pazdro i Kozerski 1990). W ostatnich latach zaobserwowany został spadek poziomu wód podziemnych, spowodowany przez różnego rodzaju czynniki, wśród których wyróżnić można zarówno te o genezie naturalnej, jak i antropogenicznej. Wśród czynników naturalnych wyróżnia się m.in. opady atmosferyczne, temperaturę powietrza, ciśnienie atmosferyczne, głębokość przemarzania gruntu, czas trwania i grubość pokrywy śnieżnej, ewapotranspirację, warunki hydrogeologiczne, geomorfologiczne, stosunki wodne, aktywnością słoneczną, a także grawitacyjne

oddziaływania Słońca i Księżyca. Do czynników pochodzenia antropogenicznego zaliczyć można m.in. nadmierną eksploatację wód podziemnych na cele gospodarcze i rolnicze oraz oddziaływanie urządzeń melioracyjnych. Wszelkie działania, które dążą do zwiększania infiltracji do warstw wodonośnych, przyczyniają się do odnawiania zasobów wód gruntowych i podziemnych (Jakubowski 2011; Kowalczyk i in. 2017).

2.4. Czynniki przyrodnicze wpływające na zasilanie wód podziemnych

Wody podziemne występować mogą na mniejszych lub większych głębokościach. W profilu pionowym wyróżnia się strefę aeracji (napowietrzenia) i strefę saturacji (nasylenia wodą). Strefa aeracji charakteryzuje się tym, że szczeliny i pory występujące w skałach, wypełnione są powietrzem oraz częściowo wodą wolną. Pod strefą aeracji znajduje się strefa saturacji, w której woda całkowicie wypełnia wszystkie przestrzenie znajdujące się między cząsteczkami gruntu. Granicę między tymi strefami wyznacza zwierciadło wody podziemnej (Kowalski 1998; Chormański 2017).

Pochodzenie wód podziemnych opiera się na teorii infiltracyjnej, która wraz z upływem lat i rozwojem nauk hydrogeologicznych została poparta naukowymi podstawami i wiąże wody podziemne z opadami atmosferycznymi i ich przesiekaniem w głąb gruntu. Wody opadowe wsiąkają w podłoże i na pewnej głębokości natrafiają na warstwy nieprzepuszczalne, gdzie zatrzymują się i wypełniając puste przestrzenie w skałach, tworzą warstwę wodonośną – strefę saturacji (Kowalski 1998). Infiltracja wód opadowych do strefy saturacji, na obszarze ograniczonym wododziałem morfologicznym, tworzy zasoby odnawialne wód podziemnych (Buryński i in. 2007). Wody podziemne mogą być zasilane także poprzez infiltrację wód powierzchniowych (z rzek i jezior) oraz poprzez sztuczną infiltrację ze studni chłonnych, stawów lub basenów infiltracyjnych czy też rurociągów nawadniających (Kowalski 1998).

Polska to kraj stosunkowo ubogi w zasoby wodne, a sytuację pogarsza również brak świadomości społeczeństwa o potrzebie oszczędzania wody (Gutry-Korycka i in. 2014). Zasilanie wód podziemnych przez infiltrację zależy od wielu czynników: meteorologicznych, hydrologicznych, geologicznych, geomorfologicznych, biosferycznych, a także antropogenicznych (Pazdro 1983; Kowalski 1998). Głównymi przyczynami powstawania niedoborów wody podziemnej są niekorzystne zmiany procesów meteorologicznych, które spowodowane są postępującymi zmianami klimatu. W ostatnich latach na obszarze Polski obserwuje się znaczące zmiany warunków meteorologicznych: wzrost średniej temperatury powietrza wraz ze zmniejszaniem się ilości dni opadowych i towarzyszącym im powiększającym się niedosytem wilgotności powietrza, wzrostem prędkości wiatru i nasłonecznienia, które przyspieszają parowanie i tym samym wpływają negatywnie na ilość wody infiltrującej (Pazdro 1983; Kędzióra i in. 2014).

Do istotnych czynników w powstawaniu suszy hydrogeologicznej zaliczyć można także zmiany strukturalne pokrycia terenu – szaty roślinnej i utworów powierzchniowych (Kędziora i in. 2014). Dzięki roślinności, która utrudnia spływ wody po stoku, woda opadowa może zostać częściowo zatrzymana. Gęsta szata roślinna sprzyja bowiem magazynowaniu wody między pędami i korzeniami roślin i ułatwia tym samym infiltrację. Co więcej, systemy korzeniowe drzew ułatwiają przedostawanie się wód powierzchniowych do zbiorników wód podziemnych. Największą zdolnością do zatrzymywania wody odznaczają się obszary zalesione, z kolei najmniejszą zurbanizowane – przede wszystkim ze względu na występowanie zwartej zabudowy. Las, mimo że cechuje się największą zdolnością do infiltracji, odznacza się również dużym udziałem parowania oraz pobieraniem dla swych procesów życiowych znacznej ilości wody (Pazdro 1983; Chormański 2017).

Gleby stanowią naturalną, powierzchniową warstwę skorupy ziemskiej, która ukształtowana została dzięki procesom glebotwórczym działającym na macierzysty materiał glebowy – zwietrzelinę skalną (Marcinek i in. 2011). Właściwości fizyczne gleb w zależności od ich składu mechanicznego w znacznym stopniu wpływają na infiltrację i stanowią podstawę określania kategorii przepuszczalności. Skłonność danego obszaru do suszy określana jest na podstawie przepuszczalności utworów powierzchniowych i jest to zdolność gruntu i skał litych do przewodzenia wody i określa się ją za pomocą współczynnika filtracji k_f . Im więcej szczelin, porów i innych próżni znajduje się w skałach, tym więcej wody będą one przepuszczać. W tabeli 1. przedstawiono podział utworów skalnych według własności infiltracyjnych (Pazdro 1983; Pazdro i Kozerski 1990; Kowalski 1998; Chormański 2017).

Tabela 1. Podział utworów skalnych według własności infiltracyjnych wg Pazdry i Kozerskiego (1990) oraz Kowalskiego (1998)

Charakter przepuszczalności	Rodzaj utworów skalnych	Współczynnik filtracji k_f [m/s]
Skały lite		
Bardzo dobry	wapień i dolomity	10^0 – 10^{-2}
Dobry	margle	10^{-2} – 10^{-3}
Średni	kwarcyty	10^{-4} – 10^{-5}
Słaby	piaskowce	10^{-5} – 10^{-6}
Zły	mułowce	10^{-7} – 10^{-8}
Bardzo zły	łupki ilaste	10^{-8} – 10^{-9}

cd. tab. 1

Charakter przepuszczalności	Rodzaj utworów skalnych	Współczynnik filtracji k_f [m/s]
Skały osadowe (grunty)		
Bardzo dobry	rumosze, żwiry, pospółki, piaski gruboziarniste i równoziarniste, skały masywne z bardzo gęstą siecią drobnych szczelin	$3 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}$
Dobry	piaski różnoziarniste i średnioziarniste, piaski gruboziarniste (nieco gliniaste), słabospojone gruboziarniste piaskowce, skały masywne z gęstą siecią szczelin	$1 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-4}$
Średni	piaski drobnoziarniste, lessy	$2 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-5}$
Słaby	piaski pylaste, piaski gliniaste, muły, piaskowce, skały masywne z rzadką siecią drobnych spękań	$5 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-6}$
Zły	gliny, namuły, mułowce, ropy piaszczyste	$5 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$
Bardzo zły	ropy, łupki ilaste, gliny zwięzłe, margle ilaste, skały masywne niespękane	$< 10^{-8}$

W petrografii wyróżnia się podział skał na trzy podstawowe grupy: osadowe, magmowe i metamorficzne. Oceny poszczególnych skał pod kątem zdolności ośrodka skalnego do gromadzenia i przewodzenia wody można dokonać poprzez porównanie ich porowatości. Współczynniki porowatości niektórych skał przedstawiono w tabeli 2. W pracy Kowalskiego (1998) znaleźć można rozbudowaną charakterystykę hydrogeologiczną skał.

Im mniej przepuszczalna jest skała, tym mniejsza jest infiltracja wód opadowych, które w następstwie podlegają spływowi powierzchniowemu. Stanowi to początek rozwiniętego powierzchniowego systemu drenażowego. Gęsta sieć rzeczna wskazuje zatem na obecność skał bardzo słabo i nieprzepuszczalnych (Rashid i in. 2012).

Na zasoby wód podziemnych wpływ mają również czynniki geomorfologiczne, do których zalicza się urzeźbienie terenu. Rzeźba terenu w dominującym stopniu wpływa na kierunek i intensywność odpływu wody. Najlepsze warunki do infiltracji występują na terenach równinnych, charakteryzujących się przepuszczalnością podłoża. Duże deniwelacje terenu oraz pochyłości, występujące np. w górach, sprzyjają szybkiemu spływowi powierzchniowemu. Takie warunki, nawet przy występowaniu skał i gleb cechujących się bardzo dobrą przepuszczalnością, niemalże uniemożliwiają infiltrację (Pazdro 1983; Chormański 2017). Istotną rolę w ruchu wód podziemnych odgrywają lineamenty, czyli naturalne, prosto- lub krzywoliniowe elementy powierzchni Ziemi, które są odzwierciedleniem zjawisk geologicznych (głównie tektonicznych) zachodzących w podłożu. W skład lineamentów mogą wchodzić fragmenty rzeźby terenu reprezentujące m.in. ciosy, uskoki, spękania,

Tabela 2. Współczynniki porowatości przeciętnej niektórych skał wg Kowalskiego (1998)

Skały		Porowatość przeciętna [%]
Magmowe głębinowe	granity	0,76
	sjenity	0,5–0,6
	dioryty	0,25
Magmowe Wylewne	bazalty	0,95
	trachity	9
Metamorficzne	łupki ilaste	3,0
	serpentytyny	8,6
	marmury	0,4
Osadowe	lessy	50
	gliny	30
	iłły zwarte	25
	margle ilaste	30
	żwiry	25

długie i liniowe formacje geologiczne, a także przebieg cieków. Formacje te mogą pośrednio ujawniać zasobność wód podziemnych, ponieważ obecność lineamentów zwykle oznacza występowanie strefy przepuszczalnej (Rashid i in. 2012; Qadir i in. 2019).

Wyżej wymienione czynniki wskazują, że na zasilanie wód podziemnych wpływ ma wiele czynników przyrodniczych. Czynniki te mogą w różnym stopniu być od siebie zależne, co sprawia, że proces infiltracji wód opadowych jest bardzo skomplikowany. Co więcej, ilość wód infiltrujących jest zróżnicowana zarówno przestrzennie, jak i czasowo. Odsetek opadów infiltrujących w głąb gruntu wynosi najczęściej od 16 do 25%, a średnia dla Polski wynosi 18,2%. Na obszarach czynnej eksploatacji węgla odsetek ten wynosi nawet 40–50% (Pazdro 1983).

2.5. Rola GIS w wyznaczaniu stref zasobów wód podziemnych

W ostatnich latach dane przestrzenne, gromadzone za pomocą różnych technik, wykorzystywane są coraz częściej w wielu dziedzinach nauki. Z racji tego, że dane są tworzone i zarządzane w zróżnicowany sposób, coraz ważniejsze staje się analizowanie ich złożoności i wzajemnych relacji. Złożone i niepewne zbiory danych przestrzennych wymagają eksploracji, która ma służyć zwiększeniu ich uży-

teczności (Lytras i in. 2017). Systemy informacji geograficznej (ang. *Geographical Information System, GIS*) pozwalają na gromadzenie, analizowanie i przetwarzanie danych przestrzennych oraz ich wizualizację i udostępnianie (Gotlib i in. 2007). Coraz bardziej zróżnicowane i dokładniejsze dane przestrzenne oraz interoperatywność i narzędzia GIS stworzyły nowe możliwości dla analiz hydrologicznych, hydrograficznych i hydrogeologicznych, w tym dla badań nad identyfikacją obszarów zagrożonych wystąpieniem niżówki hydrogeologicznej i czynnikami wpływającymi na odnawialność zasobów wód podziemnych (Waikar i Nilawar 2014).

Zsacowanie zasobów wód podziemnych i identyfikacja suszy hydrogeologicznej są jednymi z najtrudniejszych zagadnień, ponieważ niemożliwe jest przeprowadzenie bezpośrednich pomiarów w całym obszarze badań (Lee i in. 2019). Analiza polegająca na wyznaczeniu stref zasilania wód podziemnych na podstawie warunków infiltracyjnych, wykorzystująca narzędzia GIS, jest oparta na różnorodnych danych dotyczących wielu czynników przyrodniczych (Waikar i Nilawar 2014). Liczne czynniki takie jak: warunki geologiczne, geomorfologiczne, litologiczne i glebowe, gęstość sieci rzecznej, użytkowanie i pokrycie terenu, wielkość opadów atmosferycznych czy warunki klimatyczne oraz wewnętrzne relacje między tymi czynnikami pomagają lepiej zrozumieć procesy rządzące zasilaniem wód podziemnych i tym samym dzięki nim możliwe jest wyznaczenie stref zagrożonych wystąpieniem suszy (Qadir i in. 2019).

Narzędzia GIS pozwalają na szybkie oraz efektywne analizy i modelowanie danych przestrzennych. W literaturze zagranicznej znaleźć można wiele metod wykorzystanych w omawianym zagadnieniu. Przykładowo, niektórzy naukowcy wykorzystali w tym celu modele probabilistyczne bazujące na współczynniku częstotliwości (Ozdemir 2011; Razandi i in. 2015), metodach wielokryterialnego podejmowania decyzji (Chowdhury i in. 2009; Pradhan 2009; Machiwal i in. 2011; Rahmati i in. 2015). Ozdemir (2011) oraz Lee i in. (2012) wykorzystali w tym celu także współczynnik wagi dowodu – WoE (ang. *Weight of Evidence*). W swoich pracach, Ozdemir (2011), Pourthagi i Pourghasemi (2014) oraz Pourghasemi i Beheshtirad (2015) wykorzystali również regresję logistyczną. Inne metody bazowały na drzewach decyzyjnych (Chenini i in. 2010) czy modelach sztucznych sieci neuronowych (Lee i in. 2012). Rahmati i in. (2016) w swojej pracy korzystali również z technik uczenia maszynowego, takich jak las losowy (ang. *Random Forest, RF*).

Chenini i in. (2010) wykorzystali systemy informacji geograficznej do wielokryterialnej analizy, integrując ze sobą historyczne dane opadowe, gęstość sieci rzecznej oraz dane geologiczne wraz z warunkami brzegowymi warstw wodonośnych. Opracowaniem objęli obszar środkowej Tunezji, charakteryzujący się suchym klimatem. Zastosowanie różnorodnych danych przestrzennych i poddanie ich analizie, z wykorzystaniem drzew decyzyjnych, skutkowało wyznaczeniem stref zasilania wód podziemnych.

Z kolei Machiwal i in. (2011) w swojej pracy proponują metodologię integrującą teledetekcję, GIS i metody wielokryterialnego podejmowania decyzji (ang. *Multi-Criteria Decision Making, MCDM*). Obszar ich badań stanowił dystrykt Udaipur znaj-

dujący się w stanie Radżastan (zachodnie Indie). Za pomocą GIS opracowali warstwy tematyczne obejmujące wysokość topograficzną powierzchni terenu, nachylenie, budowę geomorfologiczną, budowę geologiczną, warunki glebowe, głębokość wód podziemnych (przed i po okresie monsunowym), wielkość rocznego zasilania wód podziemnych, wysokość rocznych opadów i bliskość zbiorników wodnych. Dane te zostały poddane analizie polegającej na wybraniu czynników dominujących (*ang. Principal Component Analysis Technique*) w lokalizowaniu zasobów wód podziemnych. Autorzy pracy wykorzystali metodę analizy hierarchicznej problemu (*ang. Analytic Hierarchy Process, AHP*), która pozwala na kwantyfikację ilościową problemu za pomocą konstrukcji hierarchicznego usytuowania cząstkowych zależności, które reprezentują dany problem decyzyjny (Szarafińska i Fabisiak 2010). Metoda ta bazuje na porównywaniu parami poszczególnych czynników, dzięki czemu w rezultacie otrzymywana jest skala porównawcza analizowanych kryteriów (Błachowski i Masłowska 2015). Po wyznaczeniu wektora własnego macierzy, możliwe jest określenie wag dla poszczególnych kryteriów. Autorzy pracy przypisali właściwe wagi odpowiednim czynnikom i w efekcie końcowym, wykorzystując metodę ważonej kombinacji liniowej, otrzymali mapę zasilania wód podziemnych.

Magesh i in. (2011) w swojej pracy wykorzystali technikę MIF (*ang. Multi Influencing Factor*), która polegała na stworzeniu modelu składającego się ze wszystkich czynników branych pod uwagę w analizie i określeniu wpływu każdego z nich na pozostałe. Każdy z czynników stanowił opracowane dane przestrzenne, przekonwertowane do formatu rastrowego. Autorzy określili możliwą wielkość wpływu jako: przeważającą, niewielką i brak wpływu oraz nadali im wagi wynoszące odpowiednio: 1, 0,5 i 0. Następnie, każdemu czynnikowi przypisano sumę wag, reprezentującą wielkość wpływu danego czynnika na pozostałe. Dzięki temu możliwe było określenie proponowanych wag dla każdego z kryteriów, wykorzystując w tym celu następujące równanie:

$$w_i = \left[\frac{(\sum A_i + \sum B_i)}{\sum(A_j + B_j)} \right] \times 100 \quad (2)$$

gdzie:

$\sum A_i$ – suma wpływów, określonych jako przeważające, danego czynnika na inne czynniki;

$\sum B_i$ – suma wpływów, określonych jako niewielkie, danego czynnika na inne czynniki;

$\sum(A_j+B_j)$ – suma wszystkich wpływów wewnątrz modelu.

Następnie autorzy określili wagi dla poszczególnych klas składających się na czynniki modelu. Klasie, która wewnątrz danej warstwy rastrowej miała największy wpływ na zasilanie wód podziemnych, przypisywana została waga w_i . Pozostałym klasom wewnątrz danej warstwy przypisywane zostały odpowiednio wagi

mniejsze od w_i . Wagi te wykorzystano do rekłasyfikacji warstw rastrowych reprezentujących czynniki modelu. Otrzymane zreklasyfikowane rastry poddane zostały operacji nakładania, za pomocą której osiągnięto zamierzony cel, czyli wyznaczono strefy zasilania wód podziemnych.

Shaban i in. (2006) w swojej pracy również zastosowali metodę MIF, jednak ich podejście różni się nieznacznie od podejścia Magesha i in. (2011). Wagi dla poszczególnych czynników obliczane były w ten sam sposób. Natomiast wagi dla poszczególnych klas tychże czynników określano inaczej. Początkowo każdy czynnik podzielono na tą samą liczbę klas (5) i wpływ każdej z tych klas opisano np. jako znaczny, średni lub nieznaczny. Następnie każdej klasie przypisano wagi od 1 (bardzo niski wpływ) do 10 (bardzo wysoki wpływ). Wagi posłużyły do rekłasyfikacji rastrów (czynników analizy). Końcowy etap prac polegał na zastosowaniu ważonego nakładania (ang. *weighted overlay*) warstw z wykorzystaniem obliczonych wag dla poszczególnych czynników. W rezultacie, w obszarze opracowania wyznaczone zostały strefy przedstawiające wielkość infiltracji, wpływającą na odnawialność zasobów wód podziemnych.

W literaturze polskiej niewiele jest opracowań wykorzystujących podobną metodykę dla omawianego zagadnienia. Gurwin (2014; 2015) w swojej pracy wykorzystał dane z krajowego monitoringu wód podziemnych oraz wielokryterialną analizę i modelowanie GIS. Jako warstwy do analizy przyjęto mapę występowania suszy, rozmieszczenie stref geograficznych, mapę zasobów wód podziemnych w odniesieniu do faktycznej eksploatacji, mapę zasobów wód podziemnych w odniesieniu do dozwolonej eksploatacji, rzeczywistą eksploatację w ujęciach wód oraz mapę wpływu działalności górniczej na odwadnianie. Każda warstwa poddana została klasyfikacji i wewnętrznemu rangowaniu. Poszczególnym warstwom nadane zostały parametry wagowe na podstawie testowania kilku modeli i wykonana została analiza z wykorzystaniem ważonego nakładania warstw. W rezultacie otrzymano mapę podatności na suszę hydrogeologiczną.

3. Wykorzystane dane i oprogramowanie

W pracy wykorzystane zostały dane przestrzenne pochodzące z wielu źródeł, które wymagały eksploracji i opracowania kartograficznego. Na potrzeby analizy wielokryterialnej wykorzystano:

• Uwarunkowania geologiczne

Stanowią dwie bazy danych przestrzennych: wydzieleń litologicznych i utworów czwartorzędowych, które powstały w wyniku redakcji kartograficznej wybranych warstw tematycznych Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1:25 000, która skalibrowana została na mapie topograficznej w skali 1:10 000.

Redakcji poddano 9 arkuszy Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów:

- Trzebieszowice;
- Łądek Zdrój;
- Krosnowice;
- Bystrzyca Kłodzka;
- Stronie Śląskie;
- Strachocin, Bielice;
- Międzygórze;
- Nowa Morawa;
- Konradów.

Baza danych wydzieleń litologicznych składa się z 1019 obiektów poligonowych opisanych jako litologia i chronostratygrafia z dołączonym kodem warstw określającym wiek powstania danej warstwy litologicznej skały.

Baza danych utworów czwartorzędowych składa z 705 obiektów poligonowych opisana tak samo jak baza danych wydzieleń litologicznych.

• Uwarunkowania glebowe i użytkowanie terenu

Stanowią tematyczną bazę danych, przedstawiającą warunki glebowe (typy, rodzaje i gatunki gleb w pięciu poziomach głębokości wraz ze szkieletowością) oraz sposób użytkowania terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej. Baza powstała w wyniku połączenia danych pochodzących z map glebowo-rolniczych oraz map glebowo-siedliskowych lasów w skalach 1:5000, które skalibrowane zostały na mapie ewidencji gruntów i budynków.

Baza danych uwarunkowań glebowych i użytkowania terenu składa się 23 415 obiektów poligonowych opisanych przez następujące czynniki:

- podział administracyjny wg gmin i obrębów geodezyjnych;
- użytkowanie terenu wg klasoużytków (bonitacji);
- użytkowanie terenu wg kompleksów glebowo-rolniczych;
- siedliska przyrodnicze lasów i trwałych użytków zielonych;
- typy gleb wg mapy glebowo-rolniczej;
- typy gleb wg mapy glebowo-siedliskowej lasów;
- rodzaje gleb wg mapy glebowo-rolniczej;

- rodzaje gleb wg mapy glebowo-siedliskowej lasów;
- gatunki gleb dla pięciu poziomów głębokości wg mapy glebowo-rolniczej;
- gatunki gleb dla pięciu poziomów głębokości wg mapy glebowo-siedliskowej lasów;
- szkieletowość gleb dla pięciu poziomów głębokości wg mapy glebowo-rolniczej;
- szkieletowość gleb dla pięciu poziomów głębokości wg mapy glebowo-siedliskowej lasów.

Na potrzeby niniejszej pracy baza danych została zharmonizowana według oznaczeń z mapy glebowo-rolniczej.

• **Numeryczny Model Terenu (NMT)**

Wykorzystane zostały numeryczne dane wysokościowe, udostępnione przez Głównego Geodetę Kraju na potrzeby naukowo-dydaktyczne Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Na ich podstawie opracowany został raster nachylenia terenu i plastyczne przedstawienie rzeźby terenu w postaci cieniowania. Numeryczne dane wysokościowe są zapisane w formacie ARC/INFO ASCII GRID. Pliki te zawierają wartość wysokości punktów i utworzone zostały na podstawie danych pomiarowych LiDAR i uporządkowane w regularnej strukturze geometrycznej siatki ze stałym interwałem 1 m. Dane te zapisane są w postaci macierzy.

Opracowanie tych danych było podstawą projektu ISOK w zakresie kompetencji Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii. Do opracowania pozyskano 97 plików rastrowych. Poszczególne pliki zorganizowane są w arkuszach Państwowego Układu Współrzędnych Geodezyjnych 1992 w skali 1:5000. Dane wysokościowe odnoszą się do układu wysokości Kronsztadt'86.

• **Sieć rzeczna**

Dane przedstawiające sieć rzeczną pochodzą z Bazy Dany Obiektów Topograficznych (BDOT10k), udostępnionej przez Marszałka Województwa Dolnośląskiego w ramach Geoportalu Dolny Śląsk. Istnienie poszczególnych cieków zostało zweryfikowane również w oparciu o dane pochodzące z mapy topograficznej w układzie 1965. Usytuowanie cieków zostało porównane z ich przebiegiem na cieniowanej rzeźbie terenu (NMT).

• **Lineamenty (związane z formami tektonicznymi)**

Dane przedstawiające przebieg lineamentów zostały zredagowane na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów w skali 1:25 000, porównując je z rzeźbą terenu (metodą zagęszczonych poziomicy) z mapy topograficznej w skali 1:10 000 i plastycznym przedstawieniem rzeźby terenu w postaci cieniowania. Baza danych stanowi 710 obiektów sklasyfikowanych jako uskoki pewne lub przypuszczalne, nasunięcia pewne lub przypuszczalne oraz łączenia ww. klas.

- **Dane opadowe**

Meteorologiczne dane pomiarowo-obszaryjne udostępniane są bezpłatnie za pośrednictwem serwisu internetowego przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy. Wykorzystano dane o opadach pochodzące z sześciu stacji meteorologicznych z trzydziestolecia 1990–2019. Dane te stanowią pliki w formacie CSV.

Dodatkowo, do wykonania niniejszej pracy wykorzystano granicę zlewni opracowaną przez autorów za pomocą metody przecięć poziomich z wododziałem pod kątem prostym oraz dane przedstawiające regiony fizycznogeograficzne, które utworzone zostały na podstawie opisów w tomach XV, XVI i XVII Słownika Geografii Turystycznej Sudetów (Staffa 1993; 1994).

Przedstawione w pracy mapy stanowią opracowania własne w układzie 1992 na podstawie wyżej wymienionych danych. Do opracowania wykorzystano oprogramowanie ESRI ArcGIS.

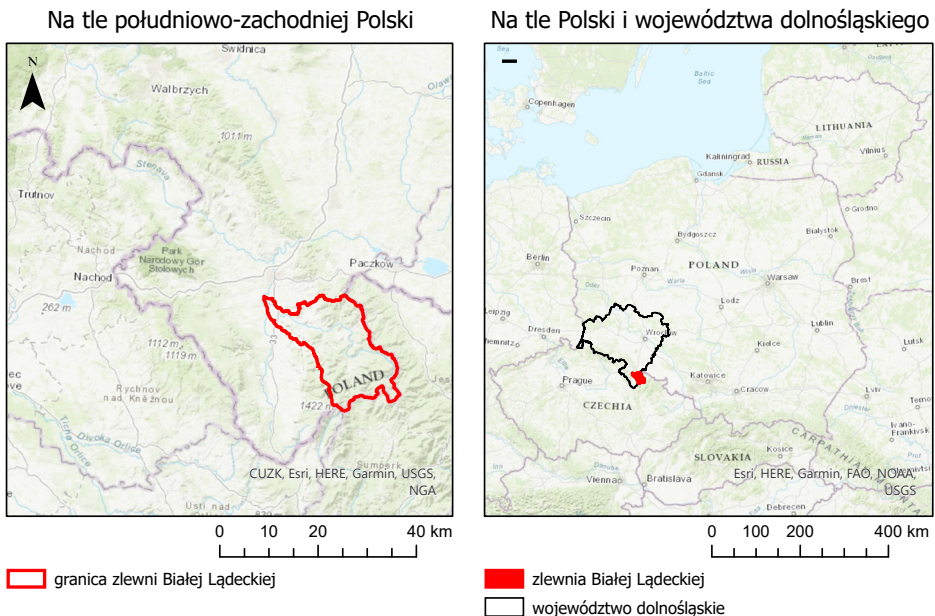
4. Charakterystyka objętej analizą zlewni rzeki Białej Łądeckiej

Zlewnia charakteryzowana może być przez wiele cech i parametrów, które w zróżnicowany sposób wpływają na przebieg poszczególnych zjawisk hydrologicznych i hydrogeologicznych. Określenie cech rozpatrywanych do konkretnych badań warunkowane jest przez istotność ich wpływu na dane zjawisko (Czamara 1998). W rozdziale tym omówione zostaną podstawowe charakterystyki, które uwzględnione zostały do analizy warunków infiltracyjnych w zlewni, niezbędnych do wyznaczenia stref zagrożonych wystąpieniem suszy hydrogeologicznej.

4.1. Położenie zlewni

Zlewnia rzeki Białej Łądeckiej położona jest w południowo-zachodniej części Polski, w województwie dolnośląskim. Położenie zlewni na terenie województwa dolnośląskiego przedstawiono na rys. 4. Obwód zlewni wynosi 108,3 km, z czego odcinek 50,7 km stanowi polsko-czeską granicę państwową. Obszar zlewni ograniczony jest przez następujące współrzędne geograficzne: $\delta - 50^{\circ}11'49''N$ i $50^{\circ}24'29''N$ oraz $\lambda - 16^{\circ}37'55''E$ i $17^{\circ}1'41''E$.

Położenie zlewni rzeki Białej Łądeckiej

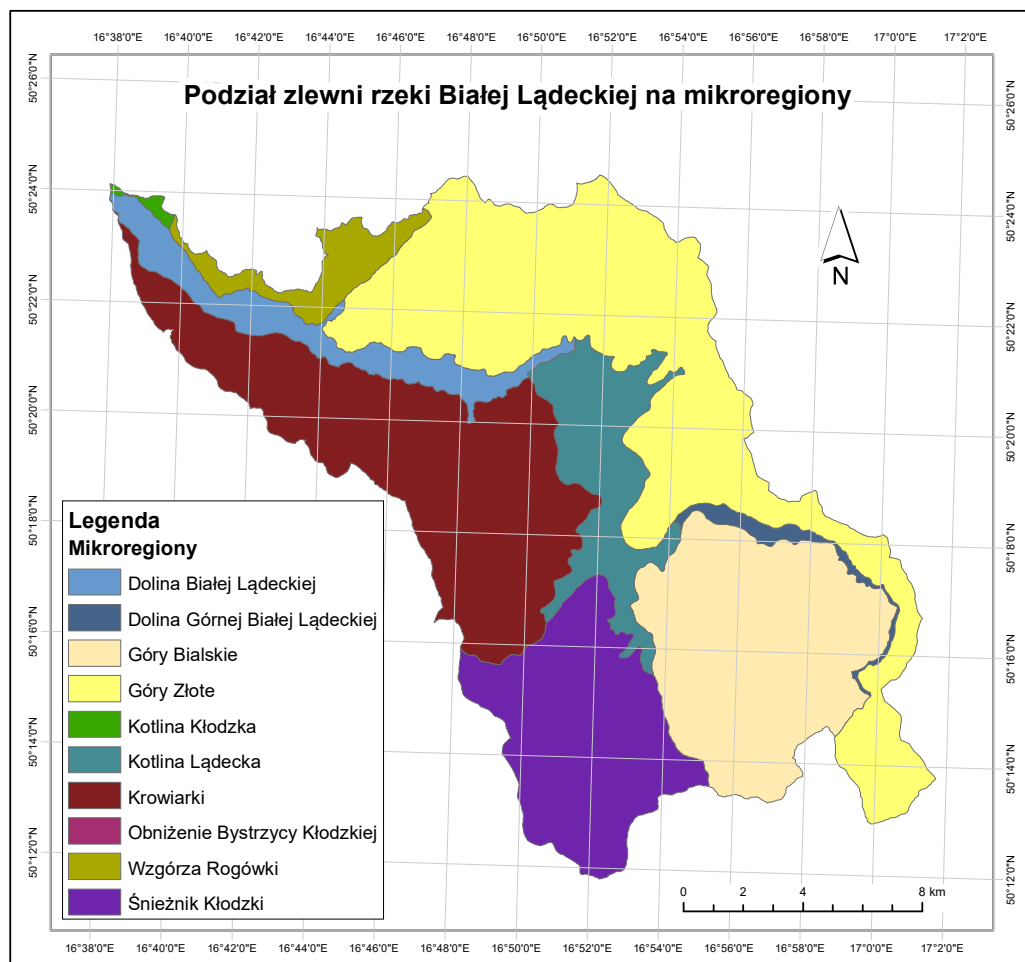


Rys. 4. Położenie zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podkładzie topograficznej mapy świata ESRI i na podstawie danych Państwowego Rejestru Granic)

Tabela 3. Regionalizacja fizyczno-geograficzna zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne)

Makroregion	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]	Mezoregion	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]	Mikroregion	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Sudety Środkowe	9,95	3,19	Kotlina Kłodzka	9,95	3,19	Kotlina Kłodzka	0,71	0,23
						Obniżenie Bystrzycy Kłodzkiej	0,02	0,00
Sudety Wschodnie	301,63	96,81	Góry Złote	191,80	61,56	Wzgórze Rogówki	9,22	2,96
						Dolina Białej Łądeckiej	15,88	5,10
						Dolina Górnej Białej Łądeckiej	3,30	1,06
						Góry Białskie	54,93	17,63
						Góry Złote	94,33	30,27
						Kotlina Łądecka	23,36	7,50
Suma	311,58	100,00	Masyw Śnieżnika	109,83	35,25	Krowiarki	67,51	21,67
						Śnieżnik Kłodzki	42,32	13,58
Suma	311,58	100,00	Suma	311,58	100,00	Suma	311,58	100,00

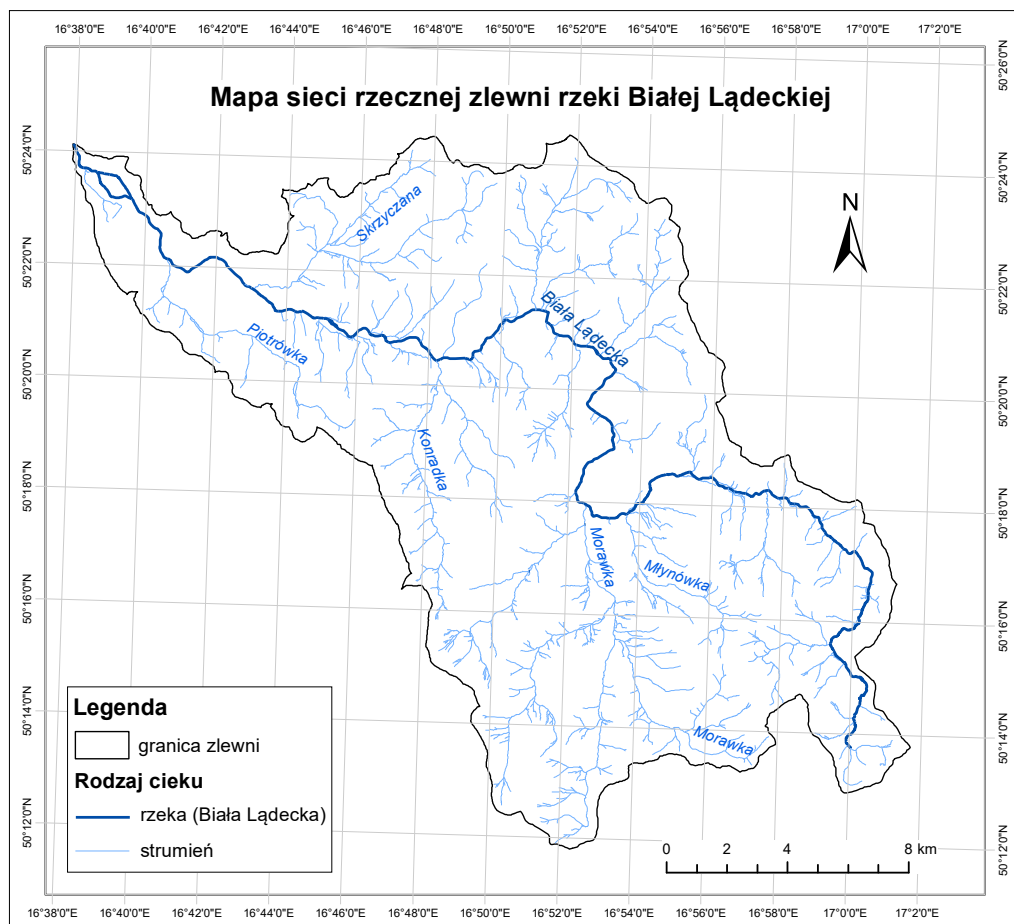
Zgodnie z podziałem obowiązującym w polskim prawie wodnym, zlewnia leży w dorzeczu Odry, w regionie wodnym środkowej Odry, w subregionie Sudetów. Subregion ten obejmuje pasmo górskie Sudetów i Przedgórze Sudeckie (Paczyński i Sadurski 2007). Biorąc pod uwagę regionalizację fizycznogeograficzną, przedstawioną w tabeli 3 oraz na rys. 5, przeważająca część powierzchni zlewni objęta jest przez makroregion Sudetów Wschodnich. Powierzchniowo niewielki obszar zlewni zajmuje również makroregion Sudetów Środkowych. Zlewnia swoim zasięgiem obejmuje mezoregiony Gór Żłoty, Masywu Śnieżnika i Kotliny Kłodzkiej.



Rys. 5. Regionalizacja fizycznogeograficzna zlewni rzeki Białej Łądeckiej – podział na mikroregiony (źródło: opracowanie własne)

4.2. Charakterystyka hydrograficzna

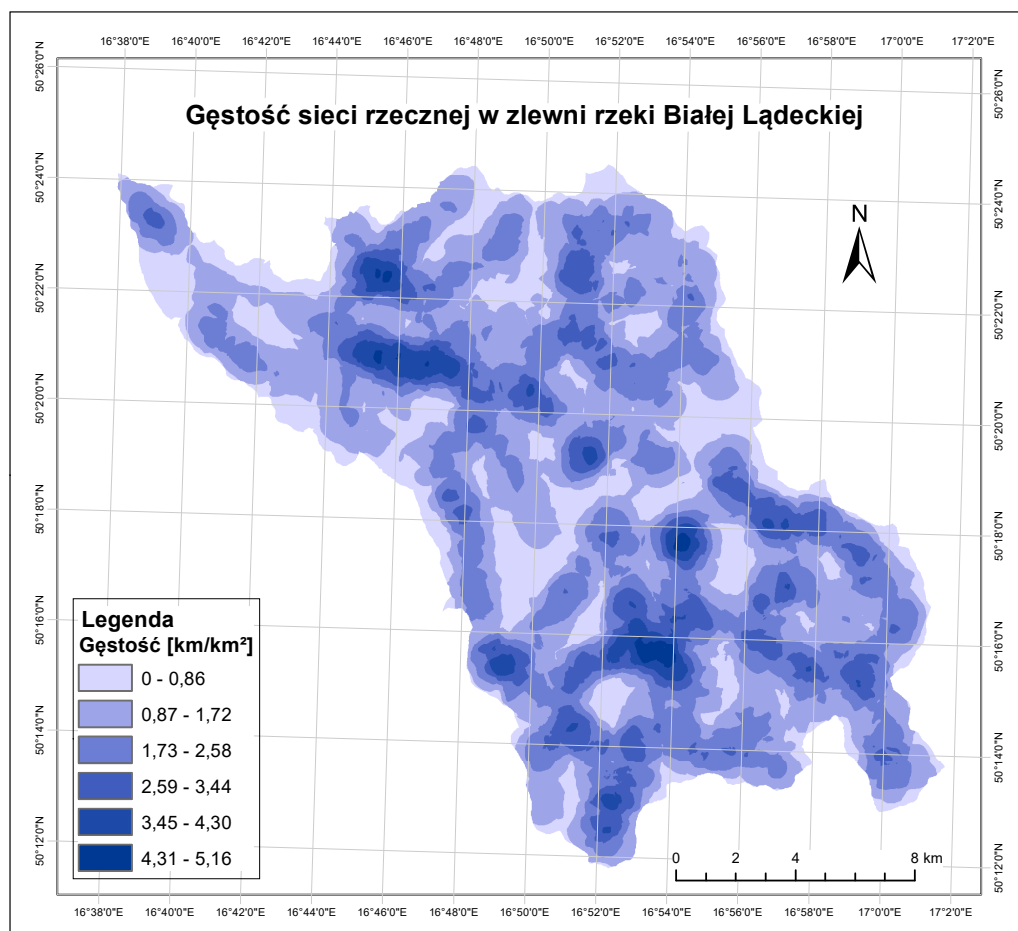
Górami Żłotymi, Górami Bialskimi i Masywem Śnieżnika przebiega Główny Europejski Dział wodny, który rozdziela zlewiska mórz: Bałtyckiego (rzeka Odra), Czarnego (rzeki Morawa i Dunaj) i Północnego (rzeka Łaba). Rzeka Biała Łądecka powstała z połączenia licznych potoków źródłowych, znajdujących się na pograniczu mikroregionów Gór Bialskich i Gór Żłotych, na wysokości 1080–1100 m n.p.m. Wśród najważniejszych jej potoków źródłowych wyróżnić można Biały Spław i Długi Spław. Biała Łądecka stanowi prawostronny dopływ Nysy Kłodzkiej, do której uchodzi w 135,08 km jej biegu. Ujście Białej Łądeckiej znajduje się w pobliżu miejscowości Krosnowice, na wysokości około 295 m n.p.m. Rzeka ma długość około 52,7 km, a powierzchnia jej zlewni wynosi około 311,58 km², z czego ponad 96%



Rys. 6. Mapa sieci rzecznej zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDOT10k, mapy topograficznej i cieniowanej rzeźby terenu)

powierzchni ma charakter górski. Zgodnie z tradycyjną klasyfikacją numeryczną z Mapy Podziału Hydrograficznego Polski, zarówno rzeka jak i zlewnia, zaliczane są do III rzędu. Biała Łądecka jako dopływ Nysy Kłodzkiej, należy do zlewni Odry w zlewisku Morza Bałtyckiego (Staffa 1993; 1994).

Biała Łądecka stanowi najbardziej zasobną rzekę Ziemi Kłodzkiej i znana jest z licznych wezbrań powodziowych, które najczęściej występują w jej dolnym biegu. Sieć rzeczna zlewni, przedstawioną na rys. 6, tworzy rzeka Biała Łądecka z jej licznymi dopływami, za pomocą których odwadnia ona całe Góry Bialskie, południowo-zachodnie zbocza Gór Żółtych oraz północną część Masywu Śnieżnika (Staffa 1993). Wszystkie te ciekі mają charakter potoków górskich, a u podnóża wzniesień – rzek przedgórskich, tworzących stożki napływowe w szerokich dolinach. Potoki charakteryzują się dużymi spadkami – w źródłowych odcinkach wynoszą nawet 300 ‰ (Tarka 1997).



Rys. 7. Przestrzenny rozkład gęstości sieci rzecznej w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne)

Wśród najważniejszych dopływów Białej Łądeckiej wyróżnić można:

- Morawkę – lewostronny dopływ, potok o długości około 12,7 km;
- Piotrówkę – lewostronny dopływ, potok o długości około 11 km;
- Konradkę – lewostronny dopływ, potok o długości około 10 km;
- Skrzyczanę – prawostronny dopływ, potok o długości około 9,2 km;
- Młynówkę – lewostronny dopływ, potok o długości około 6,8 km.

Gęstość sieci rzecznej dla całego obszaru zlewni obliczyć można za pomocą wzoru (Tarka 1999):

$$d = \frac{\sum L}{F} \quad (3)$$

gdzie:

L – długość wszystkich cieków na terenie zlewni;

F – powierzchnia zlewni.

Zatem:

$$d = \frac{526,46 \text{ km}}{311,58 \text{ km}^2} = 1,69 \text{ km}^{-1}$$

Na rysunku 7 przedstawiono mapę gęstości sieci rzecznej omawianego obszaru. Do jej stworzenia skorzystano z możliwości programu ArcGIS i narzędzia do określania zagęszczenia linii (*Spatial Analyst: Line Density*).

4.3. Struktura geologiczna

Budowa geologiczna związana jest z przebiegiem wielu procesów o zróżnicowanej intensywności, zachodzących przez około 4,5 miliarda lat historii geologicznej Ziemi. Wśród zjawisk tych wyróżnić można m.in. procesy: wulkaniczne, metamorficzne, sedimentacyjne, tektoniczne czy intruzyjne. W ciągu ostatniego miliarda lat Sudety naprzemiennie były wypiętrzane, niszczone, pogrążane w głębszych warstwach litosfery i zalewane morzami. Procesy geologiczne spowodowały, że w obrębie Sudetów ukształtowały się dwa charakterystyczne piętra strukturalne: starsze i młodsze. Starsze piętro strukturalne tworzy obecnie fundament Sudetów i składa się z kompleksów skalnych orogenezy kaledońskiej, objętych później hercyńskimi ruchami górotwórczymi. Piętro to reprezentowane jest przede wszystkim przez skały w różnym stopniu zmetamorfizowane tj. gnejsy, łupki krystaliczne oraz intruzywne skały magmowe (głównie granity i granitoidy), a rzadziej skały wylewne. Różne jednostki strukturalne, tworzone przez te skały, oddzielone uskokami tektonicznymi, tworzą charakterystyczne dla Sudetów zręby, rowy i niecki tektoniczne. Młodsze piętro strukturalne obejmuje głównie skały osadowe – zaczynając od osadów późnokarbońskich, do których zaliczyć można łupki ilaste, mułowce, piaskowce oraz zlepieńce, a kończąc na utworach trzeciorzędowych miocenu i pliocenu, czyli m.in. żwirach, piaskach i iłach oraz utworach czwartorzędowych plejsto-

cenu i holocenu: główne luźnych osadach polodowcowych, pokrywach lessowych oraz aluwiach w dnach dolin rzecznych (Czerwiński 2018).

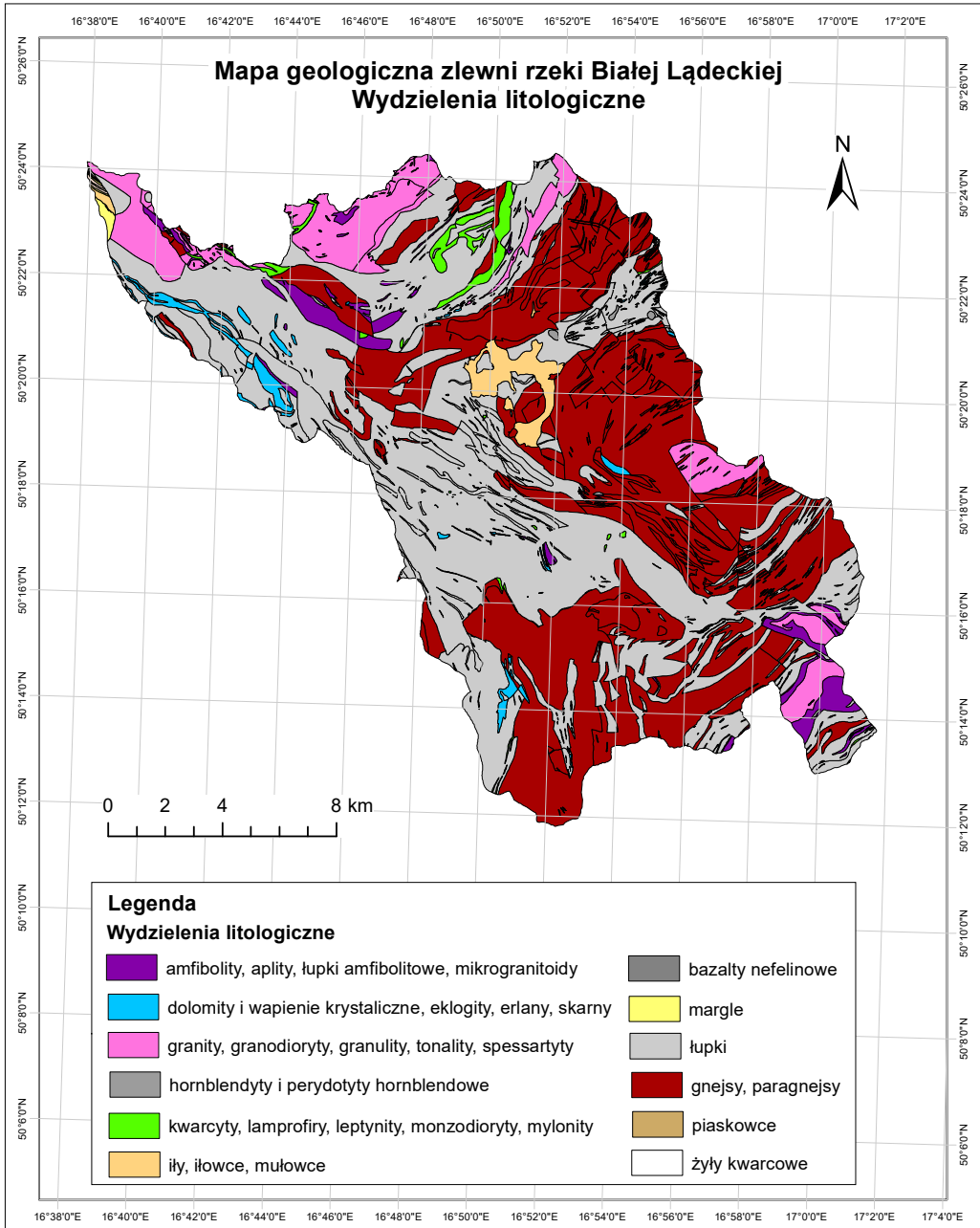
Budowa geologiczna zlewni rzeki Białej Łądeckiej jest bardzo skomplikowana i zmienna przestrzennie. Przeważają tu trzy zespoły skalne: serii strońskiej (łupki krystaliczne, granitognejsy, kwarcyty, wapienie oraz dolomity krystaliczne), serii gieraltowskiej i śnieżnickiej (gnejsy, lamprofiry i inne granitoidy) (Tarka 1999). Góry Żłote, Masyw Śnieżnika i Góry Bialskie, w większości tworzące badaną zlewnię, należą do metamorfiku łądecko-śnieżnickiego. Masyw Śnieżnika i Góry Bialskie w większości zbudowane są ze skał krystalicznych takich jak gnejsy śnieżnickie i gieraltowskie (w partiach szczytowych) i łupki (leżące niżej). W skałach tych występują wkładki i soczewy amfibolitów, łupków grafitowych, wapieni krystalicznych i kwarcytów. Interesujące są zjawiska krasowe, które rozwinęły się w skałach węglanowych (marmurach kalcytowych i dolomitycznych). Najbardziej złożona budowa geologiczna występuje na południowo-wschodnim krańcu Gór Bialskich – występują tu granitoidy waryscyjskie i amfibolity. Zachodnie podnóże Masywu Śnieżnika charakteryzuje się z kolei zaleganiem górnokredowych skał osadowych, w których występują piaskowce, margle i mułowce. Góry Żłote, ciągnące się od źródeł Białej Łądeckiej, również charakteryzują się dość skomplikowaną budową geologiczną, która w dodatku zaburzona jest przez liczne uskoki i przemieszczenia. Ich trzon zbudowany jest przede wszystkim z gnejsów śnieżnickich i gieraltowskich, granitognejsów i łupków łyszczkowych. Na obrzeżu Gór Żłoty, podczas orogenezy hercyńskiej nastąpiły intruzje granitoidów (sjenitów, granodiorytów i tonalitów). W okolicach Łądka Zdroju i Lutyni występują trzeciorzędowe bazalty w postaci kominów wulkanicznych (Staffa 1993). Wody podziemne charakteryzują się nieciągłym poziomem zalegania oraz występowaniem w sieci drobnych szczelin wietrzeniowych i tektonicznych. Występują one w uszczelnionych gnejsach oraz łupkach krystalicznych, a także w pokrywach zwietrzelinowych i rumoszowych (Tarka 1999).

Budowę geologiczną: wydzielenia litologiczne oraz wydzielenia utworów czwartorzędowych przedstawiono kolejno na rys. 8 i 9. Dodatkowo, zestawienie wydzieleni litologicznych i utworów czwartorzędowych przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Analizując powyższe mapy i zestawienia, zauważyć można, że:

- wśród wydzieleni litologicznych powierzchniowo najwięcej jest gnejsów oraz łupków;
- utwory czwartorzędowe występują tylko na 25,83% powierzchni zlewni;
- wśród wydzieleni utworów czwartorzędowych największą powierzchnią charakteryzują się gliny: deluwialne z rumoszem skalnym (7,98%) oraz pyłowate, lessopodobne (3,53%).

Opracowane mapy łączą w klasy te same rodzaje skał zróżnicowane pod względem genezy i składu mineralnego, np. gnejsy amfibolowo-epidotowe i gnejsy granulitowe należą do tej samej klasy – gnejsów, a łupki kwarcowo-skaleniove i łupki łyszczkowe do tej samej klasy: łupków.



Rys. 8. Mapa geologiczna zlewni rzeki Białej Łądeckiej - wydzielenia litologiczne
(źródło: opracowanie własne na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów)

Tabela 4. Wydzielenia litologiczne w zlewni rzeki Białej Łądeckiej – zestawienie (źródło: opracowanie własne)

Wydzielenia litologiczne	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Amfibolity	4,9854	1,60
Amfibolity i gnejsy nierozdzielone	3,3996	1,09
Amfibolity i łupki amfibolitowe nierozdzielone	0,5939	0,19
Aplity	0,0159	0,01
Aplity i mikrogranitoidy	0,0180	0,01
Bazały nefelinowe	0,2382	0,08
Dolomity krystaliczne	2,8148	0,90
Eklogity, amfibolity eklogitowe i amfibolity z karyntytem	0,3127	0,10
Erlany, skały wapienno-krzemianowe	0,1002	0,03
Gnejsy amfibolowo-epidotowe	0,2183	0,07
Gnejsy aplitowe	0,3495	0,11
Gnejsy blastomylonityczne, laminowane	0,0724	0,02
Gnejsy cienkowarstewkowe i smużyste z wkładkami gnejsów słoju-oczkowych	6,3661	2,04
Gnejsy cienkowarstewkowe, migmatyczne, plagioklazowo-mikroklinowe	1,5589	0,50
Gnejsy drobnosłojuowe, plagioklazowo-mikroklinowe	0,2654	0,09
Gnejsy drobnoziarniste, przeważnie warstewkowe lub smużyste	0,3845	0,12
Gnejsy granulitowe	0,3503	0,11
Gnejsy gruboziarniste słoju-oczkowe	10,5679	3,39
Gnejsy hornfelsowe, warstewkowe	0,0936	0,03
Gnejsy kataklastyczne	0,3498	0,11
Gnejsy laminowane, plagioklazowo-mikroklinowe z kordierytem, gnejsy haniackie	12,7016	4,08
Gnejsy migmatyczne	0,7700	0,25
Gnejsy mylonityczne	2,1900	0,70
Gnejsy oczkowe, oligoklazowo-mikroklinowe	1,2200	0,39
Gnejsy oczkowo-soczewkowate, oligoklazowo-mikroklinowe	8,4043	2,70
Gnejsy oligoklazowe z przewagą kwarcu	0,4759	0,15
Gnejsy oligoklazowo-biotytowe	10,1795	3,27
Gnejsy plagioklazowo-mikroklinowe i migmatyty z fałdkami ptygmatycznymi	3,0946	0,99
Gnejsy przeważnie cienkowarstewkowe, miejscami smużyste	32,1778	10,33
Gnejsy słojuowe, drobnoczkowe	1,1570	0,37
Gnejsy słoju-oczkowe (oczkowo-soczewkowe) z przełwiczeniami gnejsów słojuowych	25,3311	8,13
Gnejsy słoju-oczkowe z wkładkami gnejsów warstewkowych i smużystych	7,6284	2,45

cd. tab. 4

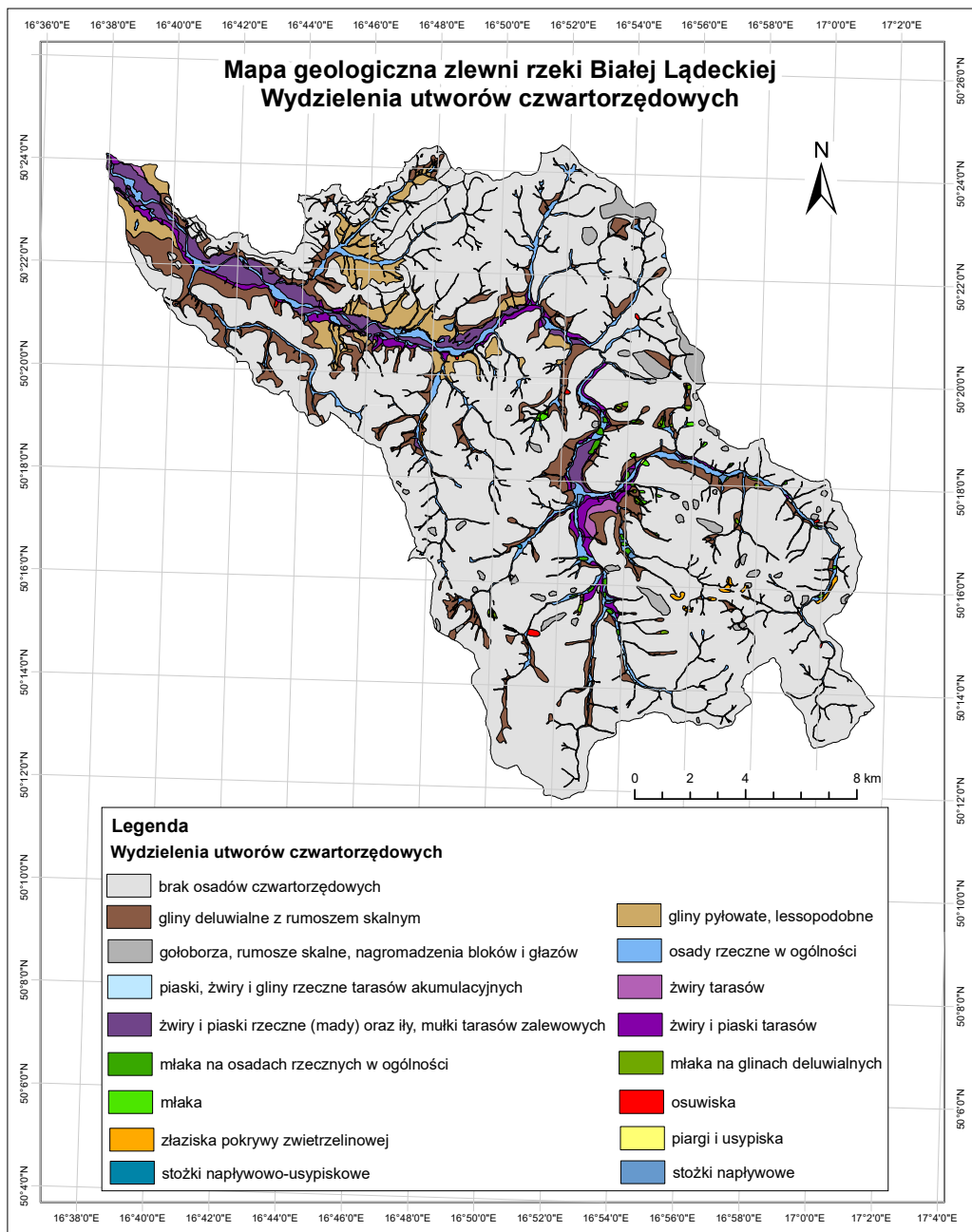
Wydzielenia litologiczne	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Gnejsy smużyste, miejscami nierównomiernie warstwowane i fałdowe	0,3367	0,11
Granity drobnoziarniste	1,6882	0,54
Granity i granodioryty porfirowate	1,8781	0,60
Granity, granodioryty i inne granitoidy średnioziarniste	11,7009	3,76
Granodioryty i granity jawornickie	2,2443	0,72
Granulity	2,9788	0,96
Hornblendyty i perydotyty hornblendowe	0,0018	0,00
Iłowce wapniste, mułowce i piaskowce, miejscami margle ilaste i ilasto-piaszczyste	0,2508	0,08
Iły, miejscami iły i piaski zwietrzelinowe	4,6585	1,49
Kwarcyty grafitowe i łupki kwarcytowo-grafitowe	0,1178	0,04
Kwarcyty i łupki kwarcytowe	0,3107	0,10
Kwarcyty	0,1793	0,06
Lamprofiry	0,0607	0,02
Leptynity	2,9132	0,93
Łupki amfibolitowe i amfibolity	0,2266	0,07
Łupki blastomylonityczne i gnejsy biotytowe	19,4598	6,25
Łupki dwułuszczkowe	1,1753	0,38
Łupki dwułuszczkowe obfite w granat, partiami zbiotytowany	0,5450	0,17
Łupki grafitowe	2,2500	0,72
Łupki hornfelsowe, granatowo-kordierytowe	0,0669	0,02
Łupki ilasto-piaszczyste z wkładkami piaskowców	0,0249	0,01
Łupki kwarcowo-skaleniove	0,3763	0,12
Łupki kwarcytowe i kwarcyty	0,6135	0,20
Łupki łuszczkowe	112,2279	36,02
Łupki mylonityczne, muskowitowe	0,1171	0,04
Łupki plagioklazowo-mikroklinowe	0,0200	0,01
Margle ilaste i iłowce wapniste	0,0656	0,02
Margle ilaste i iłowce wapniste	0,0514	0,02
Margle ilasto-krzemionkowe i mułowce margliste	0,0200	0,01
Margle piaszczyste z wkładkami wapieni marglistych	0,4109	0,13
Margle piaszczysto-krzemionkowe i wapniste z wkładkami piaskowców	0,0373	0,01
Monzodioryty, mylonity i inne granitoidy skataklastowane	0,5502	0,18
Mylonity	0,0827	0,03
Paragnejsy i amfibolity	0,6877	0,22
Piaskowce i łupki ilaste	0,0058	0,00

cd. tab. 4

Wydzielenia litologiczne	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Piaskowce kwarcowe, ciosowe	0,0275	0,01
Piaskowce kwarcowo-skaleniowe	0,0100	0,00
Skarny	0,0031	0,00
Spessartyty	0,0779	0,03
Tonality	2,1090	0,68
Tonality i granodioryty (granitoidy białskie)	1,5026	0,48
Wapienie krystaliczne (marmury kalcytowe)	1,0821	0,35
Żyły kwarcowe	0,0475	0,02
Suma	311,5800	100,00

Tabela 5. Wydzielenia utworów czwartorzędowych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej – zestawienie
(źródło: opracowanie własne)

Wydzielenia utworów czwartorzędowych	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Brak osadów czwartorzędowych	231,0910	74,17
Gliny deluwialne z rumoszem skalnym	24,8718	7,98
Gliny pyłowate, lessopodobne	10,9993	3,53
Gołoborza, rumosze skalne, nagromadzenia bloków i głazów	6,4995	2,09
Młaka na glinach deluwialnych	0,4255	0,14
Młaka na osadach rzecznych	0,8256	0,27
Młaka	0,3086	0,10
Osady rzeczne w ogólności (mady, gliny, piaski i żwiry)	21,4994	6,90
Osuwiska	0,1973	0,06
Piargi i usypiska	0,0149	0,01
Piaski, żwiry i gliny rzeczne tarasów akumulacyjnych	0,2211	0,07
Stożki napływowe	0,7798	0,25
Stożki napływowo-usypiskowe	0,0379	0,01
Złaziska pokrywy zwietrzelinowej	0,4764	0,15
Żwiry i piaski rzeczne (mady) oraz ily, mułki tarasów wzałewowych wyższych	8,1102	2,60
Żwiry i piaski tarasów najwyższych	4,4621	1,43
Żwiry rzeczne tarasów najwyższych	0,7596	0,24
Suma	311,5800	100,00



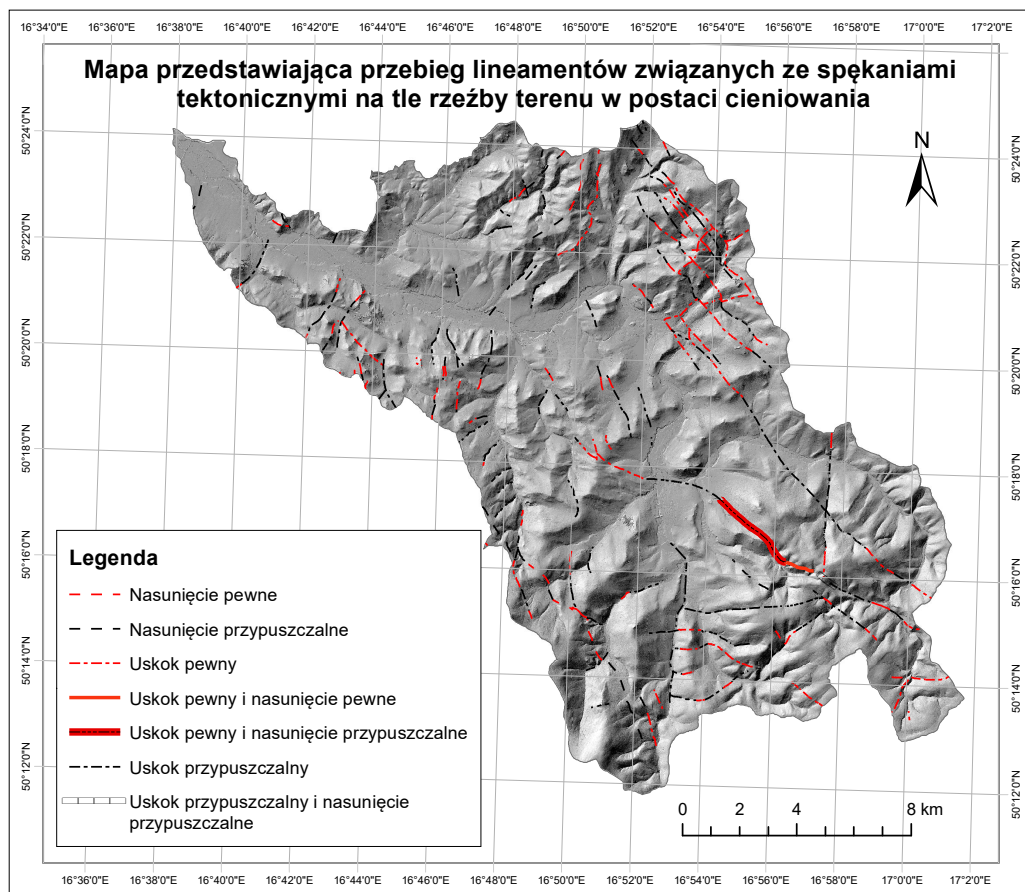
Rys. 9. Mapa geologiczna zlewni rzeki Białej Łądeckiej – wydzielenia utworów czwartorzędowych (źródło: opracowanie własne na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów)

Na rysunku 10 przedstawiono przebieg lineamentów związanych ze spękaniami tektonicznymi.

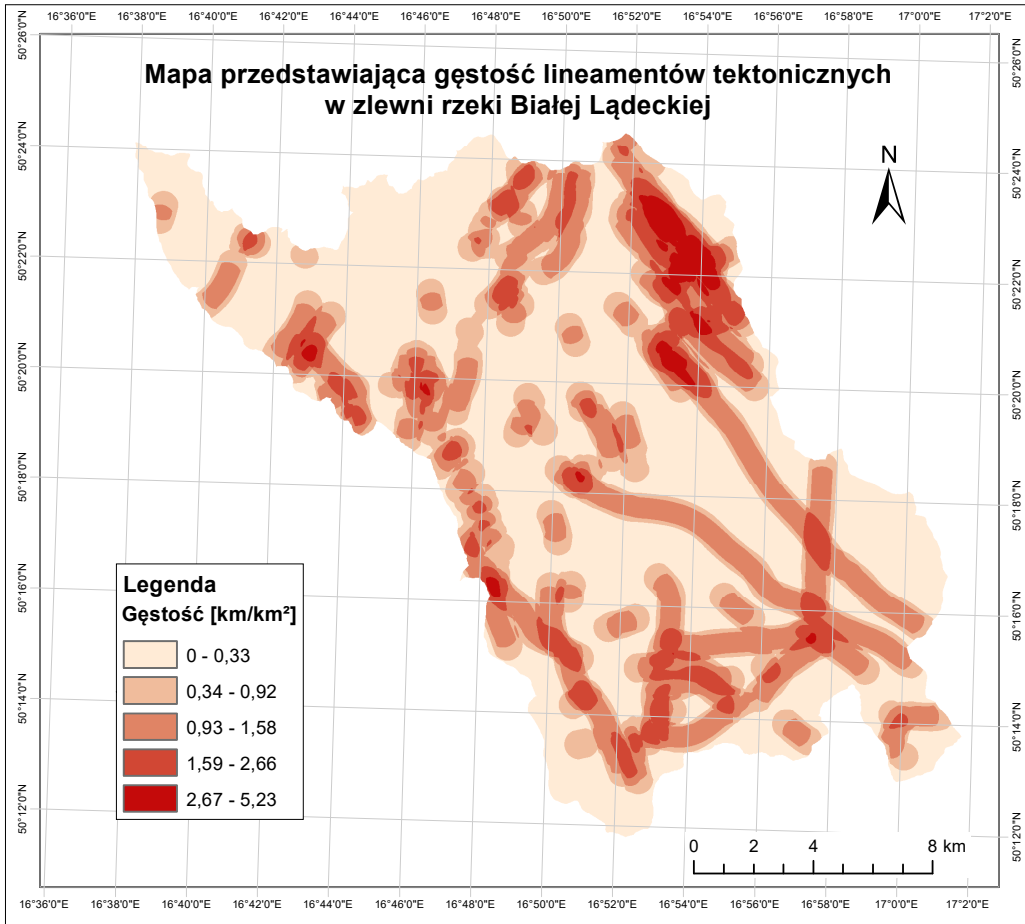
Gęstość lineamentów i jej przestrzenny rozkład (mapa gęstości) wyznaczone zostały tak samo, jak w przypadku sieci rzecznej. Korzystając ze wzoru 3 obliczono gęstość lineamentów na omawianym obszarze:

$$d = \frac{604,48 \text{ km}}{311,58 \text{ km}^2} = 1,94 \text{ km}^{-1}$$

Na rysunku 11 przedstawiona została mapa gęstości lineamentów w zlewni rzeki Białej Łądeckiej.



Rys. 10. Przebieg lineamentów w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT i Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów)



Rys. 11. Gęstość lineamentów w zlewni rzeki Białej Łądeckiej

4.4. Rzeźba terenu i cechy krajobrazu

Współczesna rzeźba Sudetów ukształtowana została w trakcie trzeciorzędowych ruchów górotwórczych, które miały miejsce w neogenie. Wówczas wypiętrzone w postaci zrębów zostały masywy zrównanych wcześniej hercyńskich Prasudetów. Ruchom tym towarzyszyła intensywna działalność wulkaniczna, co przejawia się występowaniem kominów wulkanicznych i pokryw lawowych. Zrębom, wypiętrzonemu na różnych wysokościach, towarzyszą rowy tektoniczne i śródgórskie kotliny (Czerwiński 2018). Na rysunku 12 zaprezentowano plastyczne przedstawienie rzeźby terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej w skali barw hipsometrycznych z wykorzystaniem metody cieniowania. Dodatkowo na rys. 13 przedstawiono nachylenie powierzchni terenu.

Maksymalną deniwelację obszaru zlewni rzeki Białej Łądeckiej obliczyć można za pomocą wzoru (Tarka 1999):

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} \quad (4)$$

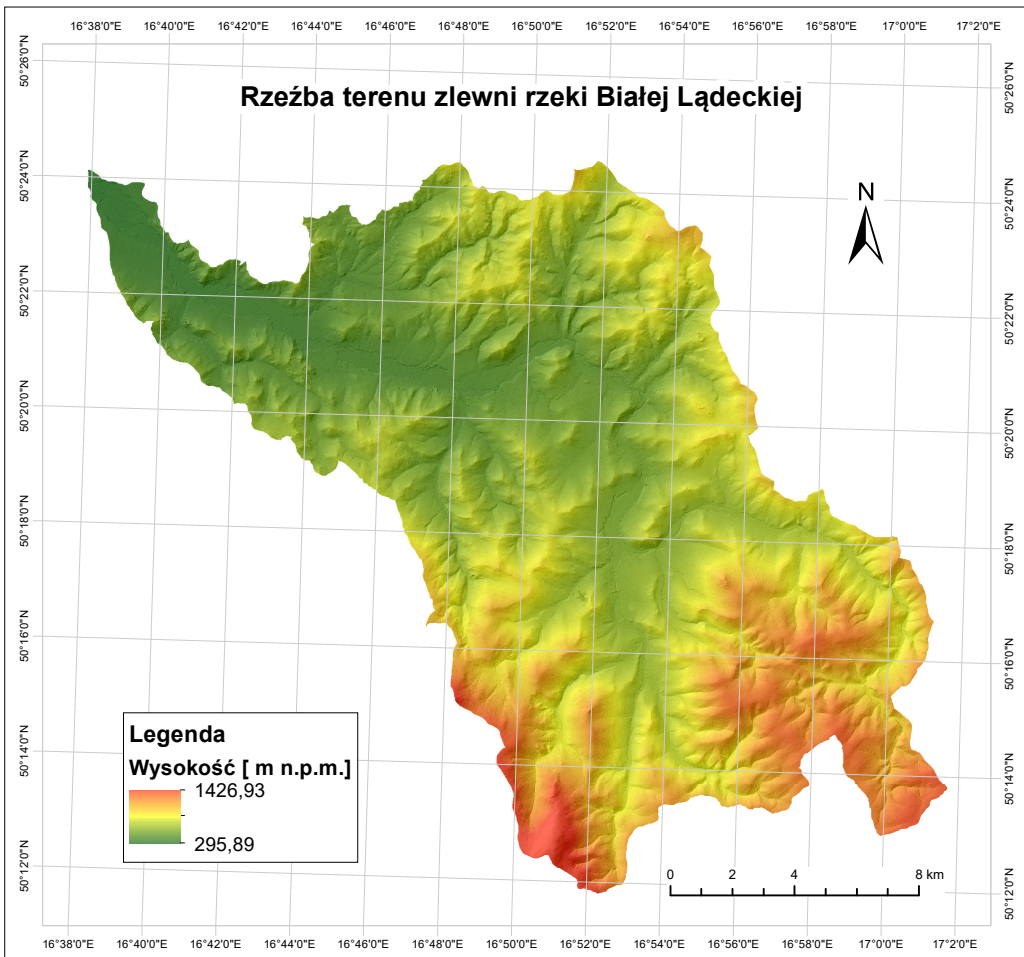
gdzie:

H_{\max} – maksymalna wysokość punktu położonego na obszarze zlewni;

H_{\min} – minimalna wysokość punktu położonego na obszarze zlewni.

Zatem:

$$\Delta H = 1426,93 \text{ m} - 295,89 \text{ m} = 1131,04 \text{ m}$$



Rys. 12. Rzeźba terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT)

Średni spadek w zlewni rzeki Białej Łądeckiej obliczyć można za pomocą wzoru (Tarka 1999):

$$I = \frac{\Delta H}{\sqrt{F}} \quad (5)$$

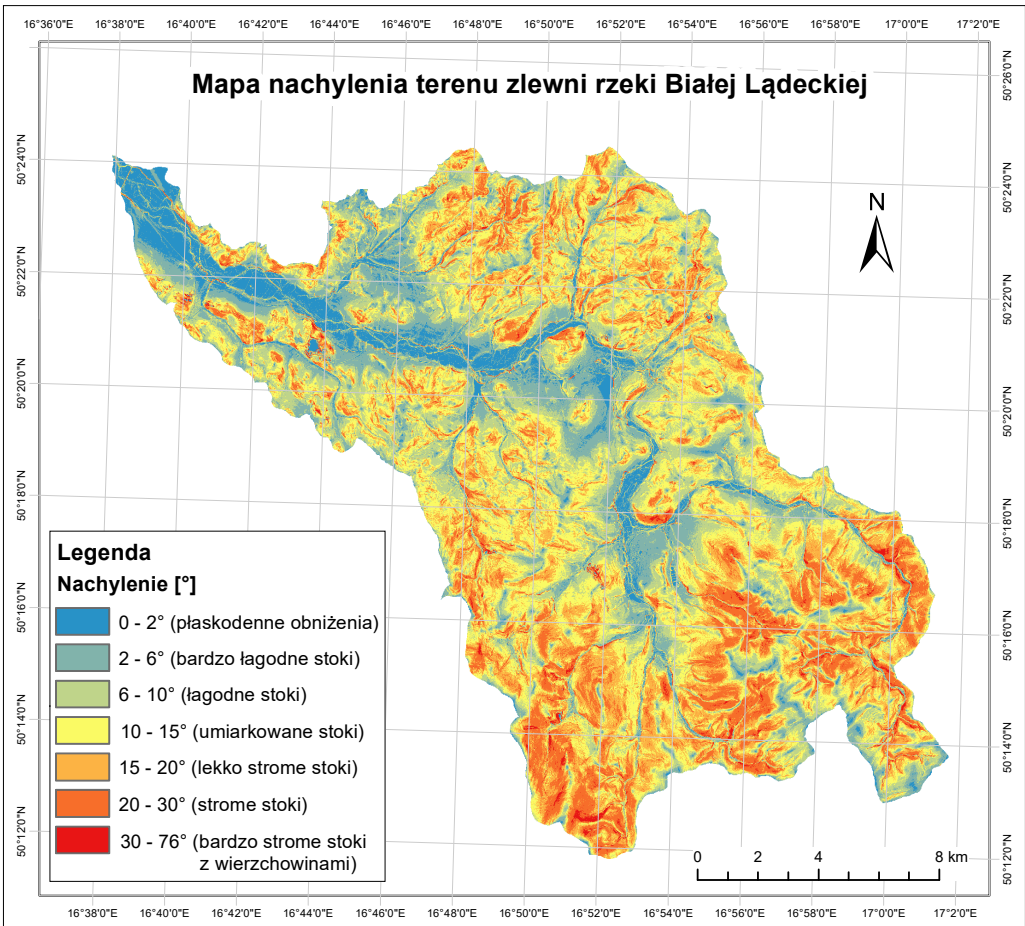
gdzie:

ΔH – maksymalna deniwelacja obszaru;

F – powierzchnia zlewni.

Zatem:

$$I_{sr} = \frac{1,13104 \text{ km}}{\sqrt{311,58 \text{ km}^2}} * 100\% = 6,41\% = 3,67^\circ$$



Rys. 13. Nachylenie terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej
(źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT)

Kształtowanie się gór w procesach wietrzenia, erozji i denudacji przebiegało w zmiennych warunkach klimatycznych. Początkowo, w trzeciorzędzie, panował klimat tropikalny – naprzemiennie suchy i wilgotny, z kolei w czwartorzędzie klimat zmieniał się od zimnego (peryglacjalnego) do umiarkowanego, okresowo cieplejszego od współczesnego. W plejstocenie, do dolin i kotlin sudeckich, miało miejsce wkroczenie lądolodu skandynawskiego, które spowodowało osadzenie się charakterystycznych ilów warwowych, glin morenowych, żwirów i piasków. W najwyższych partiach gór, w tym w Masywie Śnieżnika, występują rozległe połacie rumowisk skalnych – gołoborza, które powstały w wyniku mrozowego wietrzenia skał w klimacie periglacialnym. W plejstocenie i holocenie, wypiętrzone pasma górskie rozcięte zostały w wyniku intensywnej erozji rzecznej, która utworzyła głęboko wcięte i dość kręte przełomy o różnej genezie i charakterze. Wówczas miała miejsce również akumulacja piaszczysto-żwirowych pokryw terasowych w dolinach rzecznych. Na kształtowanie się współczesnej rzeźby Sudetów coraz większy wpływ mają skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych takich jak nawalne deszcze prowadzące do wezbrań, powodzi i osuwisk. Widoczna jest również działalność człowieka, zarówno ta pośrednia, jak i bezpośrednia – wylesianie stoków prowadzi do wzmożonej erozji gleb, a uprawy rolne wymuszają stosowanie tarasowania zboczy (Czerwiński 2018).

4.5. Warunki glebowe

Niemalże cały obszar Sudetów pokryty jest górkimi glebami bielcowymi i brunatnymi o silnym zakwaszeniu i wysokiej zawartości szkieletu. W osadach i dolinach rzecznych występują gleby fluwialne – mady. Na pogórzach również przeważają gleby bielcowe i brunatne, jednak tworzą one grubsze warstwy. Niewielkie obszary pogórzy pokryte są przez czarne ziemie (Staffa 1993).

Obserwacje ułożenia gatunków gleb, prowadzone przez gleboznawców na obszarze Polski, pozwoliły na przyjęcie następujących miąższości, określających poziomy zalegania podłoża:

- poziom G1 – bardzo płytki (0–25 cm);
- poziom G2 – płytki (25–50 cm);
- poziom G3 – średnio głęboki (50–100 cm);
- poziom G4 – głęboki (100–150 cm);
- poziom G5 – głębokość całkowita (>150 cm).

Zróznicowanie przestrzenne gatunków gleb zlewni rzeki Białej Łądeckiej wchodzących w skład pokrywy glebowej przedstawiono w poziomach zalegania podłoża na podstawie legendy do mapy glebowo-rolniczej. Miąższość poziomów głębokości pozwoliła na określenie objętości poszczególnych warstw. Do obliczeń przyjęto miąższość całkowitą wynoszącą 200 cm – tym samym miąższość poziomu G5 ustalono na 50 cm.

W tabeli 6 przedstawiono rozwinięcia skrótów używanych do opisu gatunków gleb.

Tabela 6. Gatunki gleb – rozwinięcia skrótów (źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy Glebowo-Rolniczej)

Oznaczenie	Rozwinięcia skrótów	Oznaczenie	Rozwinięcia skrótów
gc	głina ciężka	pgmp	piasek gliniasty mocny pylasty
gcp	głina ciężka pylasta	pl	piasek luźny
gl	głina lekka	pli	pył ilasty
glp	głina lekka pylasta	plp	piasek luźny pylasty
gp	głina piaszczysta	plz	pył zwykły
gs	głina średnia	ps	piasek słabogliniasty
gsp	głina średnia pylasta	psp	piasek słabogliniasty pylasty
i	ił	r	rumosz
ip	ił pylasty	sk	skała krystaliczna
m	mursz	sz	szkielet
mt/tm	mułowo-torfowe/torfowo-mułowe	z	żwir
pgl	piasek gliniasty lekki	zg	żwir gliniasty
pglp	piasek gliniasty lekki pylasty	zp	żwir piaszczysty
pgm	piasek gliniasty mocny		

W tabelach 7 i 8 przedstawiono zestawienie gatunków gleb występujących na obszarze zlewni rzeki Białej Łądeckiej, sklasyfikowanych zgodnie z poziomami ich zalegania. W tabelach ujęto powierzchnię, jej odsetek oraz objętość poszczególnych gatunków gleb. Objętość obliczona została na podstawie głębokości zalegania warstw. Na rysunkach 14, 16, 18, 20 i 22 przedstawiono rozmieszczenie gatunków gleb w poszczególnych poziomach ich zalegania, na rys. 15, 17, 19, 21 i 23 wykresy ukazujące odsetek objętości gatunków gleb w odpowiednich poziomach głębokości.

Poszczególne gatunki gleb sklasyfikowane zostały w 8 klas przepuszczalności pośredniej (tabele 9 i 10), których oznaczenia przedstawiają się następująco:

- MN – mocno nieprzepuszczalne: glina ciężka, glina ciężka pylasta, ił, ił pylasty;
- SRN – średnio nieprzepuszczalne: glina średnia, glina średnia pylasta;
- LN – lekko nieprzepuszczalne: glina lekka, glina lekka pylasta, glina piaszczysta;
- LP – lekko przepuszczalne: pył ilasty, piasek luźny pylasty, pył zwykły;
- SP – słabo przepuszczalne: piasek gliniasty mocny, piasek gliniasty mocny pylasty;
- SRP – średnio przepuszczalne: piasek gliniasty lekki, piasek gliniasty lekki pylasty, piasek słabogliniasty pylasty, mursz, mułowo-torfowe/torfowo-mułowe;
- MP – mocno przepuszczalne: piasek luźny, piasek słabogliniasty, żwir gliniasty;
- BMP – bardzo mocno przepuszczalne: rumosz, popękana skała krystaliczna, szkielet, żwir oraz żwir piaszczysty.

Tabela 7. Zestawienie gatunków gleb – powierzchnie i objętości: poziomy G1-G3 (źródło: opracowanie własne)

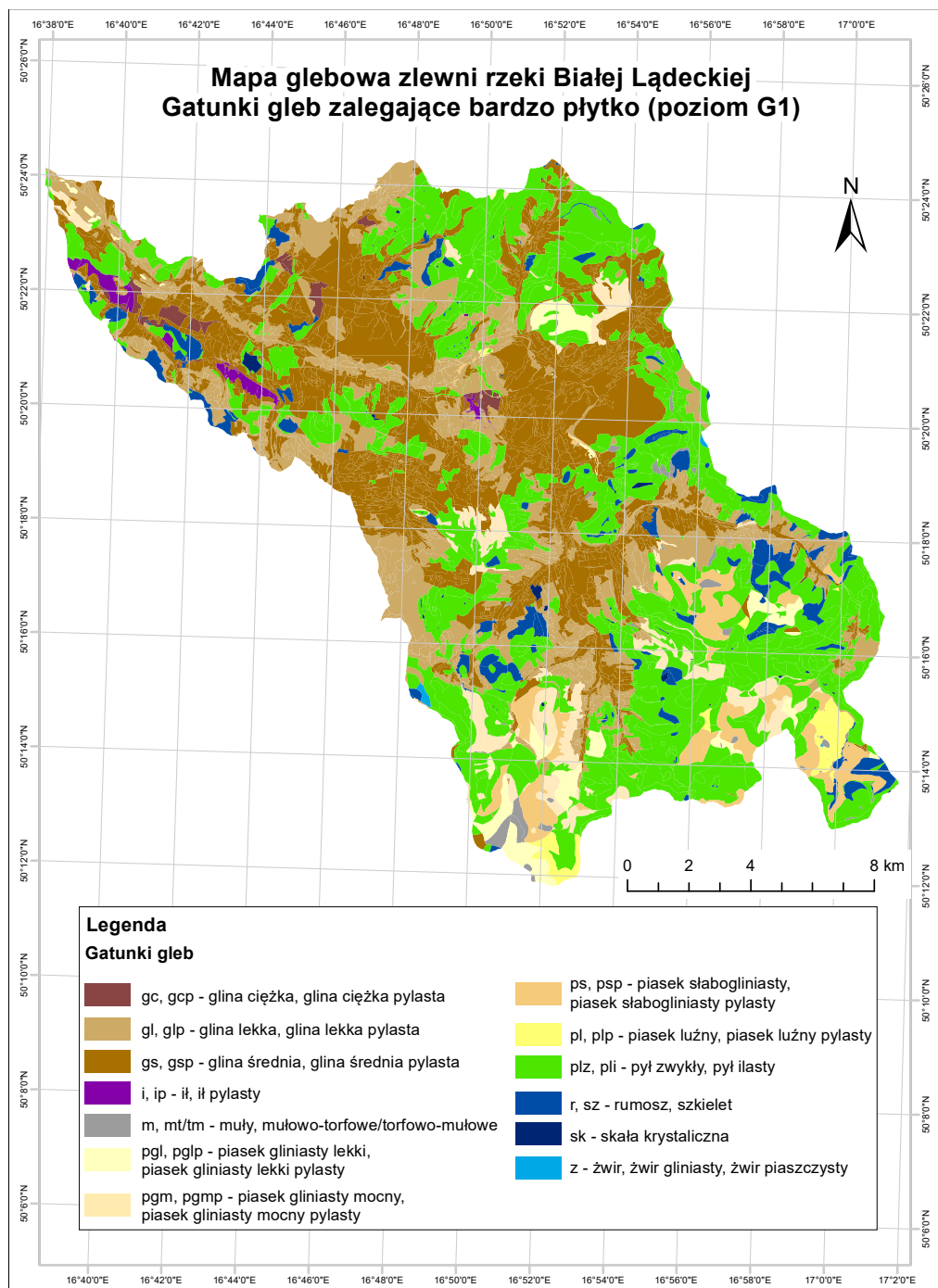
Gatunki	G1			G2			G3		
	Powierzchnia [km ²]	Objętość [m ³]	Odsetek powierzchni [%]	Powierzchnia [km ²]	Objętość [m ³]	Odsetek powierzchni [%]	Powierzchnia [km ²]	Objętość [m ³]	Odsetek powierzchni [%]
gc	0,4708	117 692	0,15	0,4708	117 692	0,15	0,6570	117 692	0,21
gcp	2,0480	512 004	0,66	2,2317	557 935	0,72	1,8371	557 935	0,59
gl	3,1967	799 176	1,03	3,7953	948 821	1,22	3,4447	948 821	1,11
glp	54,2206	13 555 146	17,40	45,5956	11 398 902	14,63	25,1596	11 398 902	8,07
gp	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0,00	0,1312	0	0,04
gs	5,2264	1 306 598	1,68	5,7624	1 440 594	1,85	5,2125	1 440 594	1,67
gsp	85,3128	21 328 175	27,38	67,6920	16 923 046	21,72	49,9561	16 923 046	16,03
i	0,0105	2622	0,00	0,0259	6467	0,01	0,0177	6467	0,01
ip	1,9227	480 672	0,62	3,0927	773 165	0,99	4,7561	773 165	1,53
m	2,2733	568 320	0,73	1,0636	265 904	0,34	0,1099	265 904	0,04
mt/tm	0,0543	13 586	0,02	0,0543	13 586	0,02	0,0543	13 586	0,02
pgl	0,3406	85 160	0,11	0,3557	88 924	0,11	0,3089	88 924	0,10
pglp	6,8907	1 722 673	2,21	7,8221	1 955 526	2,51	5,1190	1 955 526	1,64
pgm	5,3747	1 343 669	1,72	1,7018	425 443	0,55	1,2596	425 443	0,40
pgmp	7,4861	1 871 513	2,40	2,9947	748 682	0,96	1,2477	748 682	0,40
pl	0,0966	24 152	0,03	0,1570	39 238	0,05	2,1753	39 238	0,70
pli	64,9674	16 241 861	20,85	61,3156	15 328 905	19,68	39,9263	15 328 905	12,81
plp	3,1931	798 267	1,02	4,9450	1 236 249	1,59	6,8947	1 236 249	2,21
plz	42,7401	10 685 032	13,72	37,0574	9 264 347	11,89	28,3065	9 264 347	9,08
ps	0,4904	122 608	0,16	0,8401	210 032	0,27	1,7061	210 032	0,55
psp	11,4042	2 851 059	3,66	8,8857	2 221 421	2,85	7,6705	2 221 421	2,46
r	10,5270	2 631 761	3,38	27,1876	6 796 894	8,73	55,5786	6 796 894	17,84
sk	0,7182	179 555	0,23	1,4093	352 315	0,45	2,6877	352 315	0,86
sz	2,4029	600 716	0,77	26,2855	6 571 370	8,44	63,9255	6 571 370	20,52
z	0,0000	0	0,00	0,2692	67 308	0,09	2,3303	67 308	0,75
zg	0,1640	41 011	0,05	0,2143	53 570	0,07	0,2793	53 570	0,09
zp	0,0479	11 973	0,02	0,3547	88 665	0,11	0,8278	88 665	0,27
Suma	311,5800	77 895 000	100,00	311,5800	77 895 000	100,00	311,5800	77 895 000	100,00
									155 790 000

Na podstawie określonej przepuszczalności pośredniej dla każdego gatunku gleby oraz informacji o głębokości ich zalegania, przystąpiono do opracowania przepuszczalności w profilu glebowym. Początkowo, stosując oznaczenia z mapy glebowo-rolniczej, opracowano pionowe rozmieszczenie warstw glebowych o określonym stopniu przepuszczalności pośredniej, co szczegółowo przedstawiono w Załączniku nr 1. Zastosowano oznaczenia z mapy glebowo-rolniczej służące opisowi poziomów zalegania poszczególnych warstw, które przedstawiają się następująco:

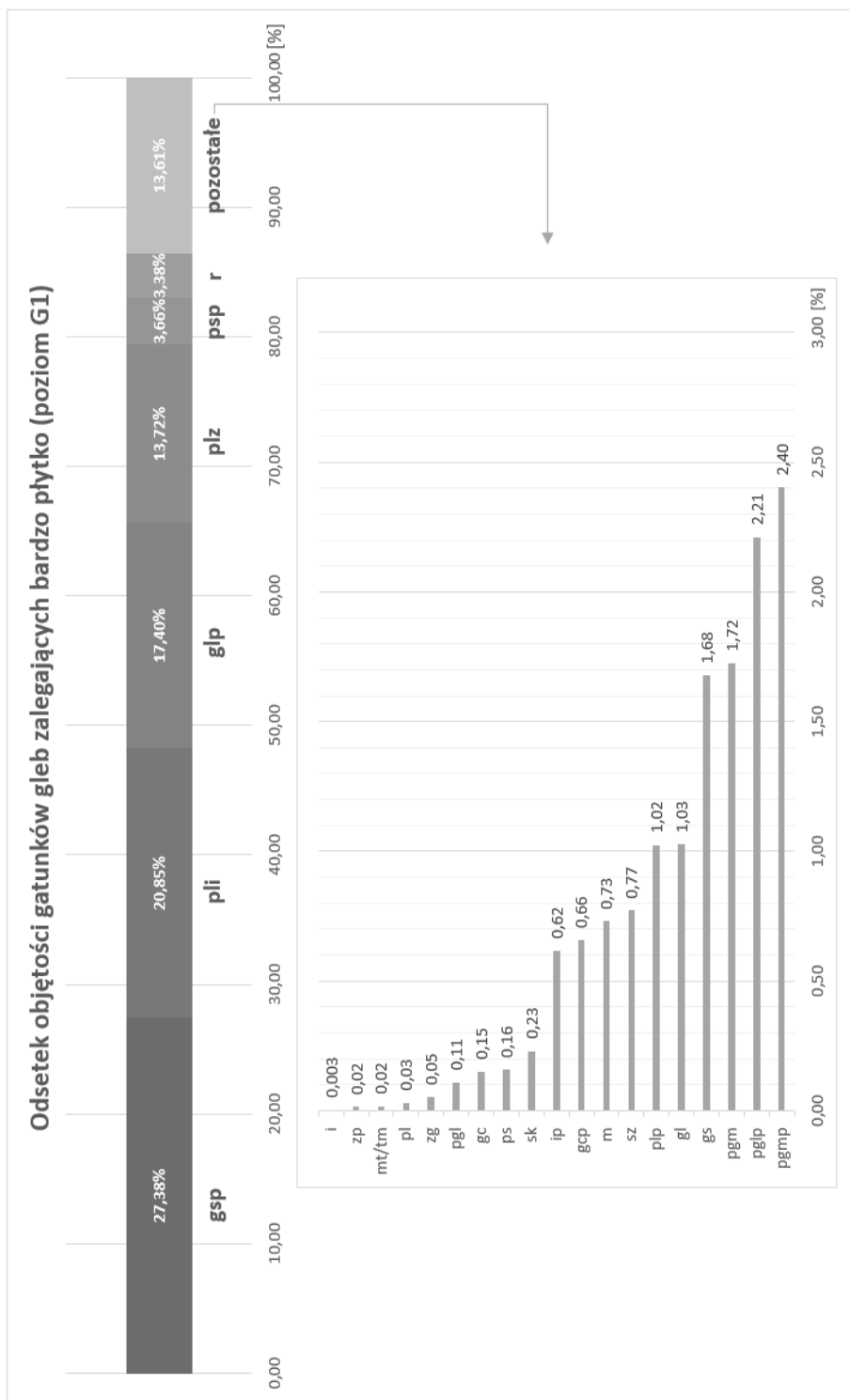
- - głębokość do 25 cm;
- · głębokość do 50 cm;
- : głębokość do 100 cm;
- ^ głębokość do 150 cm.

Tabela 8. Zestawienie gatunków gleb – powierzchnie i objętości: poziomy G4-G5 (źródło: opracowanie własne)

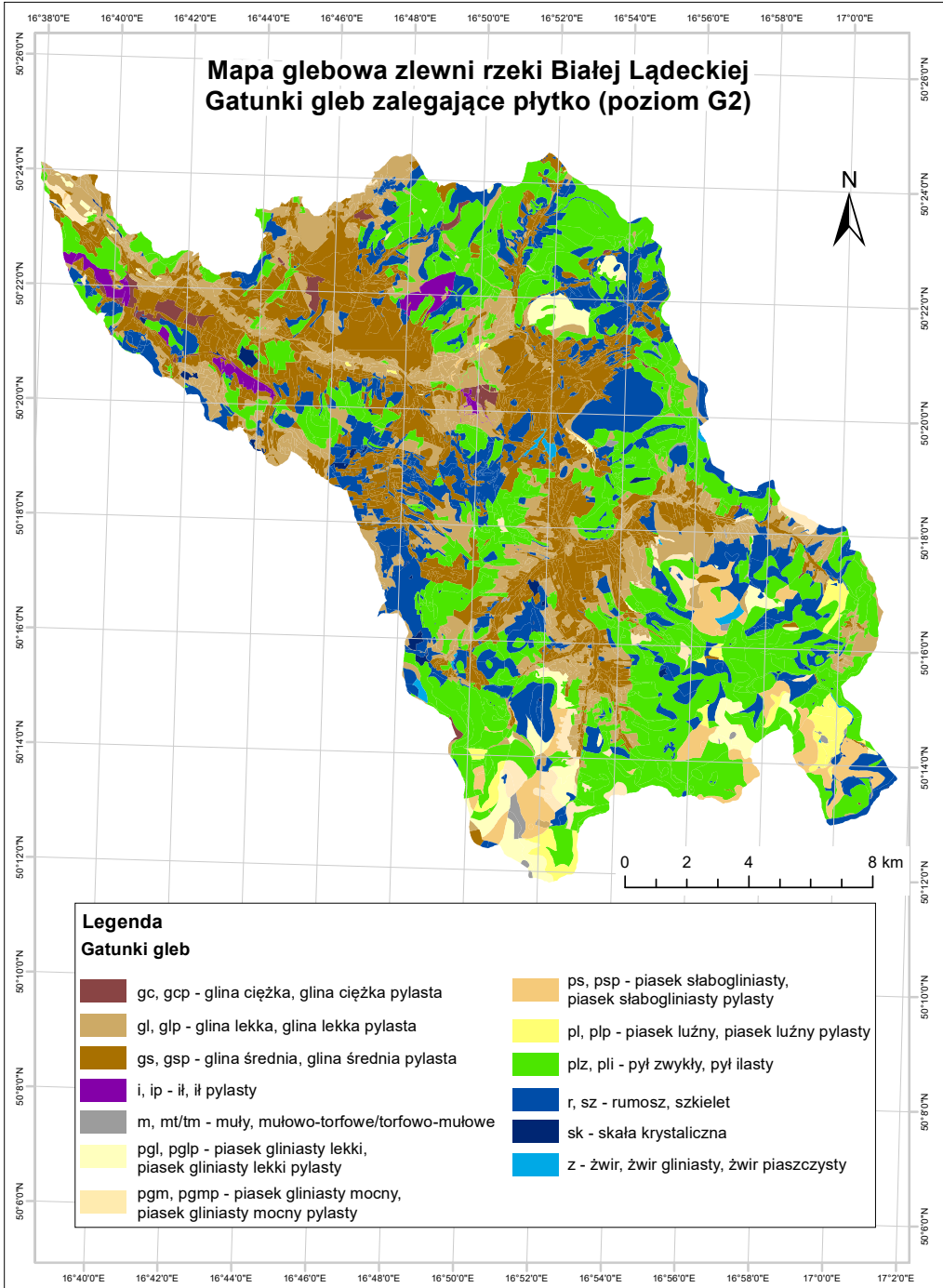
Gatunki	G4			G5		
	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]	Objętość [m ³]	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]	Objętość [m ³]
gc	1,0456	0,34	522 811	1,0613	0,34	530 666
gcp	1,7481	0,56	874 070	1,9146	0,61	957 277
gl	1,4435	0,46	721 744	0,8662	0,28	433 098
glp	5,8057	1,86	2 902 870	4,4557	1,43	2 227 838
gp	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0
gs	5,7348	1,84	2 867 392	5,4396	1,75	2 719 820
gsp	18,5071	5,94	9 253 555	17,6311	5,66	8 815 566
i	0,0072	0,00	3625	0,0072	0,00	3625
ip	3,8969	1,25	1 948 471	2,6388	0,85	1 319 416
m	0,0051	0,00	2537	0,0000	0,00	0
mt/tm	0,0543	0,02	27 173	0,0543	0,02	27 173
pgl	1,0888	0,35	544 405	0,6741	0,22	337 073
pglp	5,9191	1,90	2 959 551	8,8047	2,83	4 402 368
pgm	1,1099	0,36	554 971	1,0959	0,35	547 927
pgmp	0,9405	0,30	470 237	0,9144	0,29	457 191
pl	3,6181	1,16	1 809 040	3,6396	1,17	1 819 820
pli	22,9511	7,37	11 475 542	20,0132	6,42	10 006 612
plp	2,9191	0,94	1 459 571	1,2442	0,40	622 115
plz	17,2107	5,52	8 605 373	16,7618	5,38	8 380 886
ps	2,3242	0,75	1 162 102	2,3161	0,74	1 158 035
psp	6,0466	1,94	3 023 280	4,9212	1,58	2 460 622
r	86,2714	27,69	43 135 629	88,4048	28,37	44 202 401
sk	3,3737	1,08	1 686 861	3,3737	1,08	1 686 861
sz	111,9119	35,92	55 955 914	118,1195	37,91	59 059 644
z	4,9097	1,57	2 454 851	5,0439	1,62	2 521 947
zg	0,3935	0,13	196 726	0,3896	0,12	194 793
zp	2,3434	0,75	171 700	1,7945	0,58	897 228
Suma	311,5800	100,00	155 790 000	311,5800	100,00	155 790 000



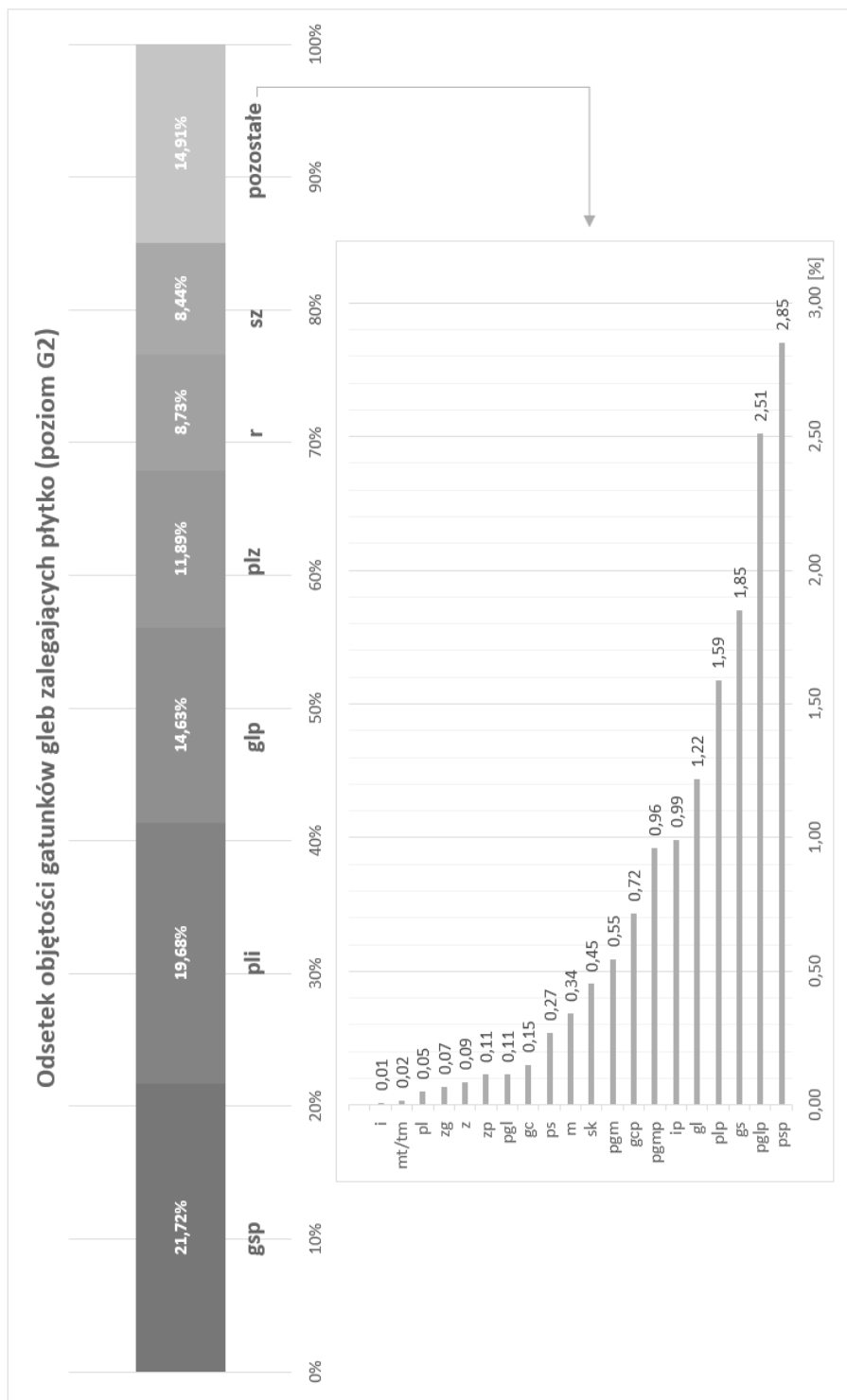
Rys. 14. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G1 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)



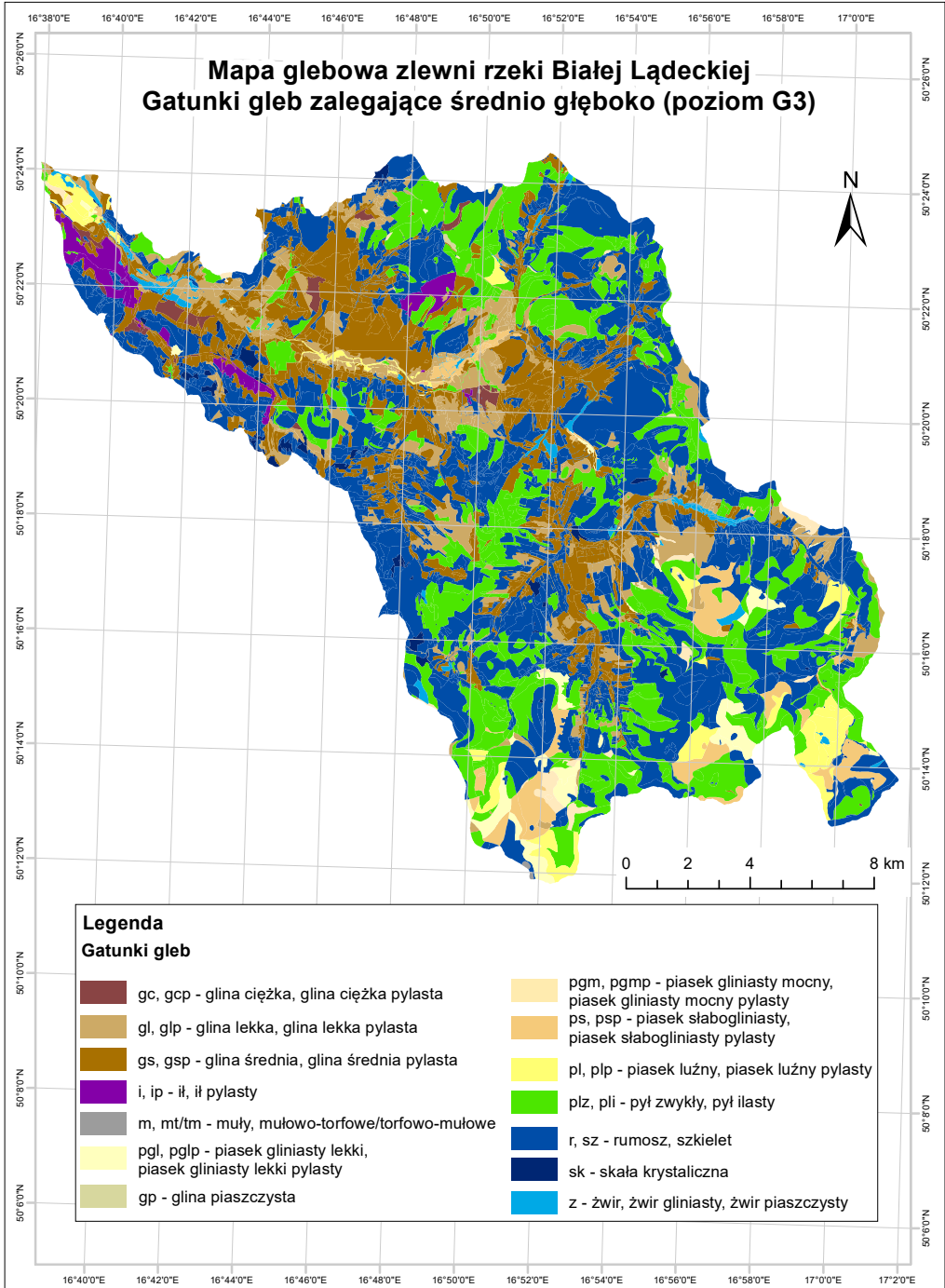
Rys. 15. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G1 (źródło: opracowanie własne)



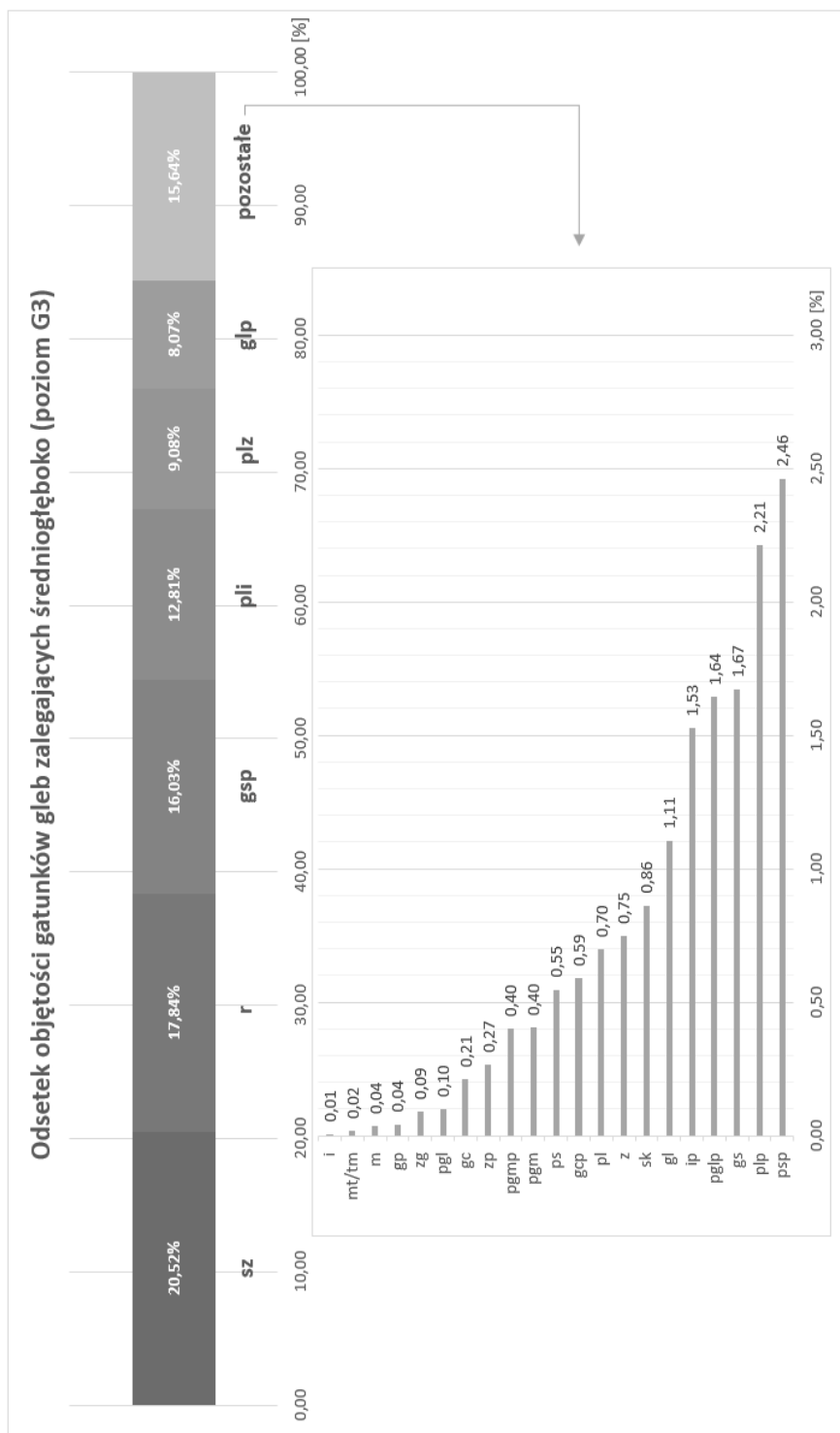
Rys. 16. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G2
(źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)



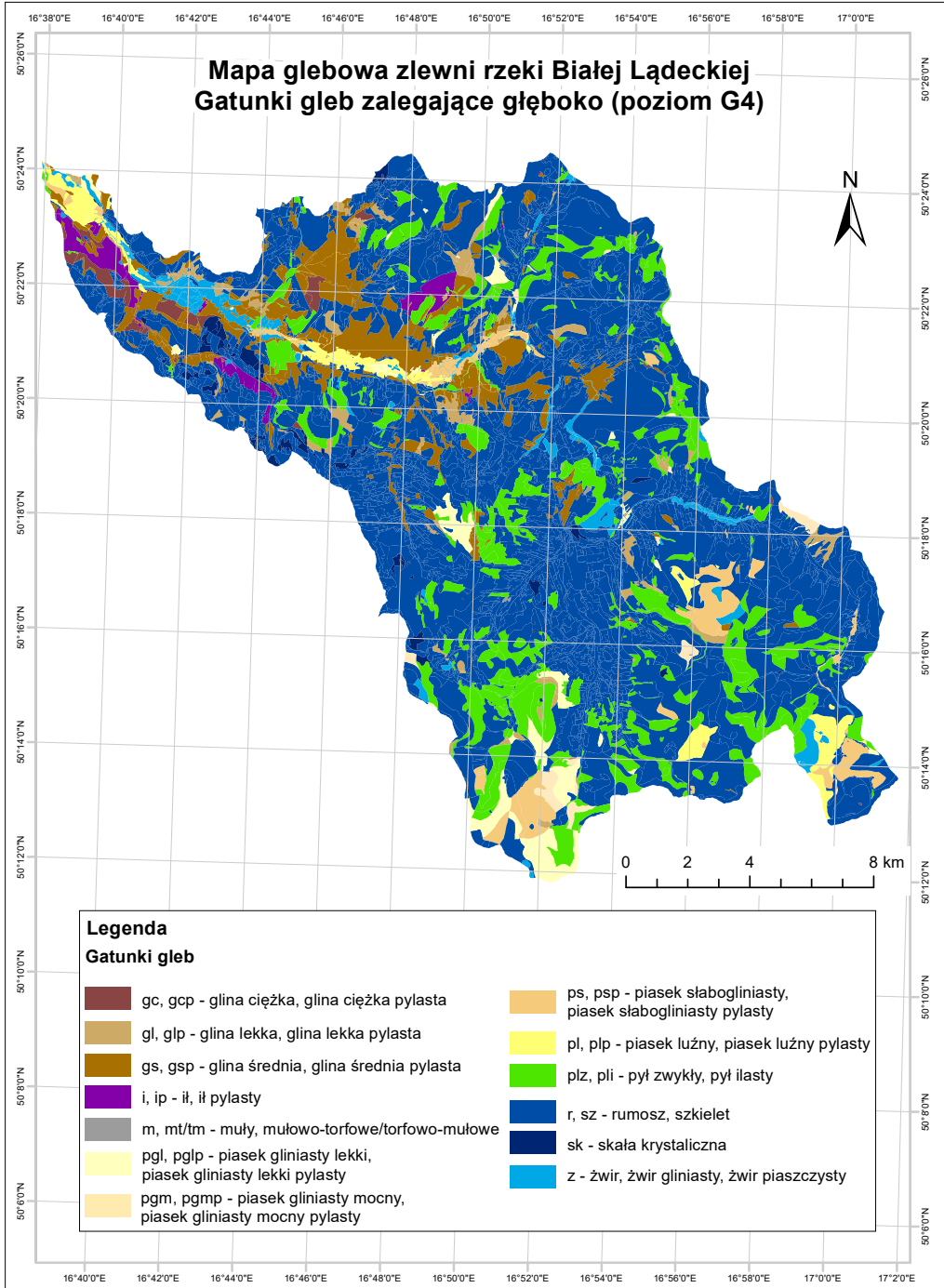
Rys. 17. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G2 (źródło: opracowanie własne)



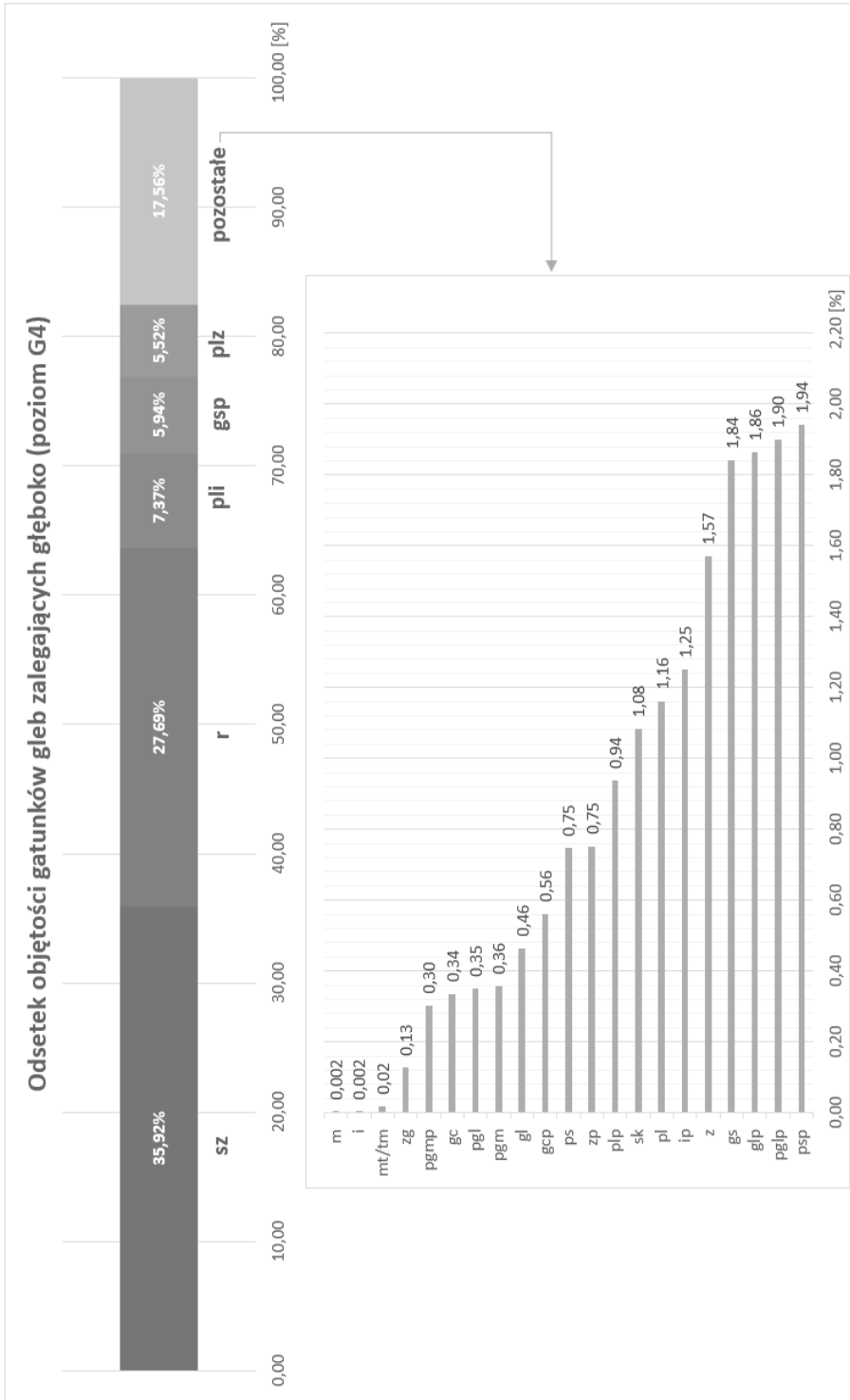
Rys. 18. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G3
(źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)



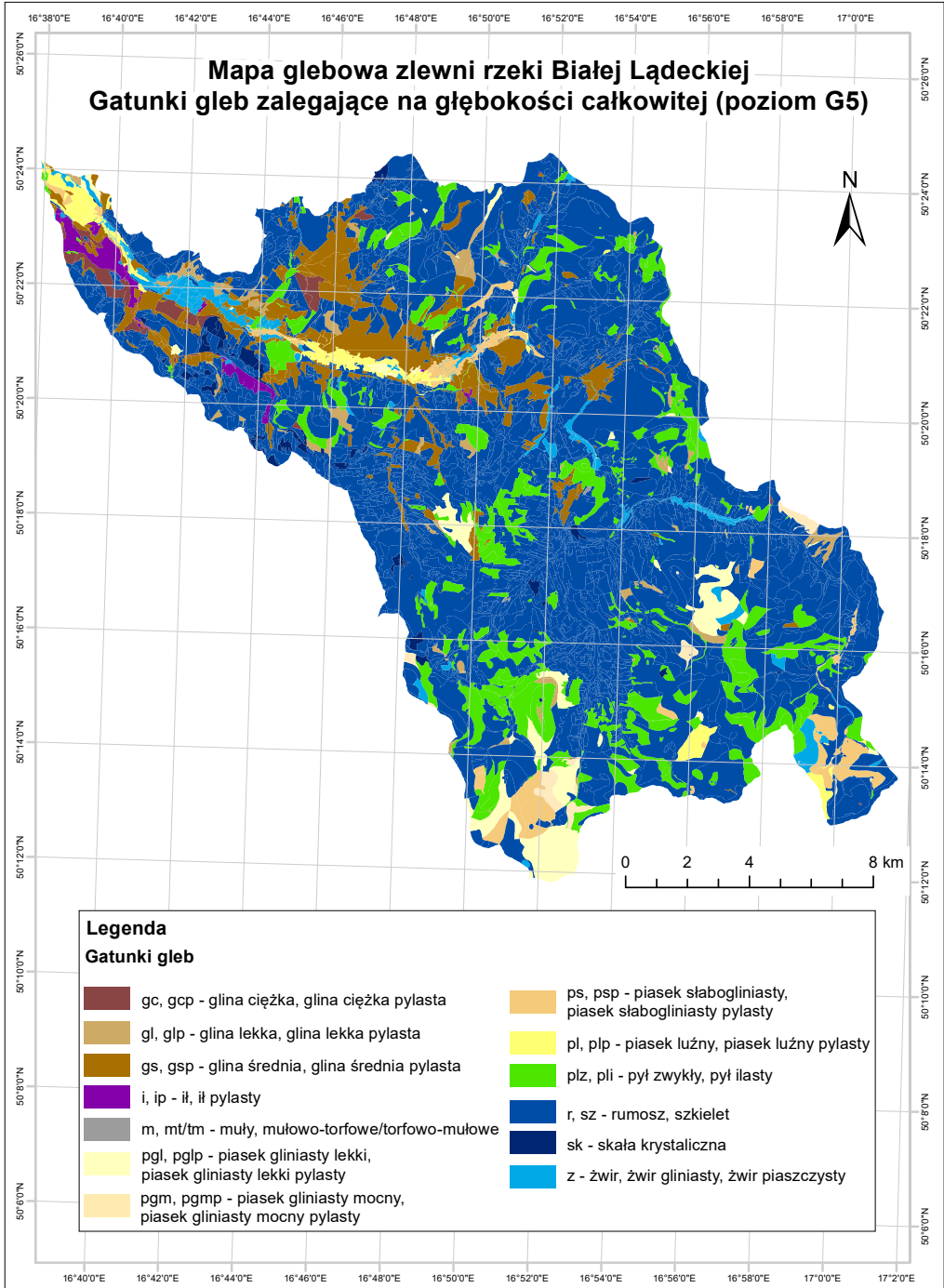
Rys. 19. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G3 (źródło: opracowanie własne)



Rys. 20. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G4
(źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)

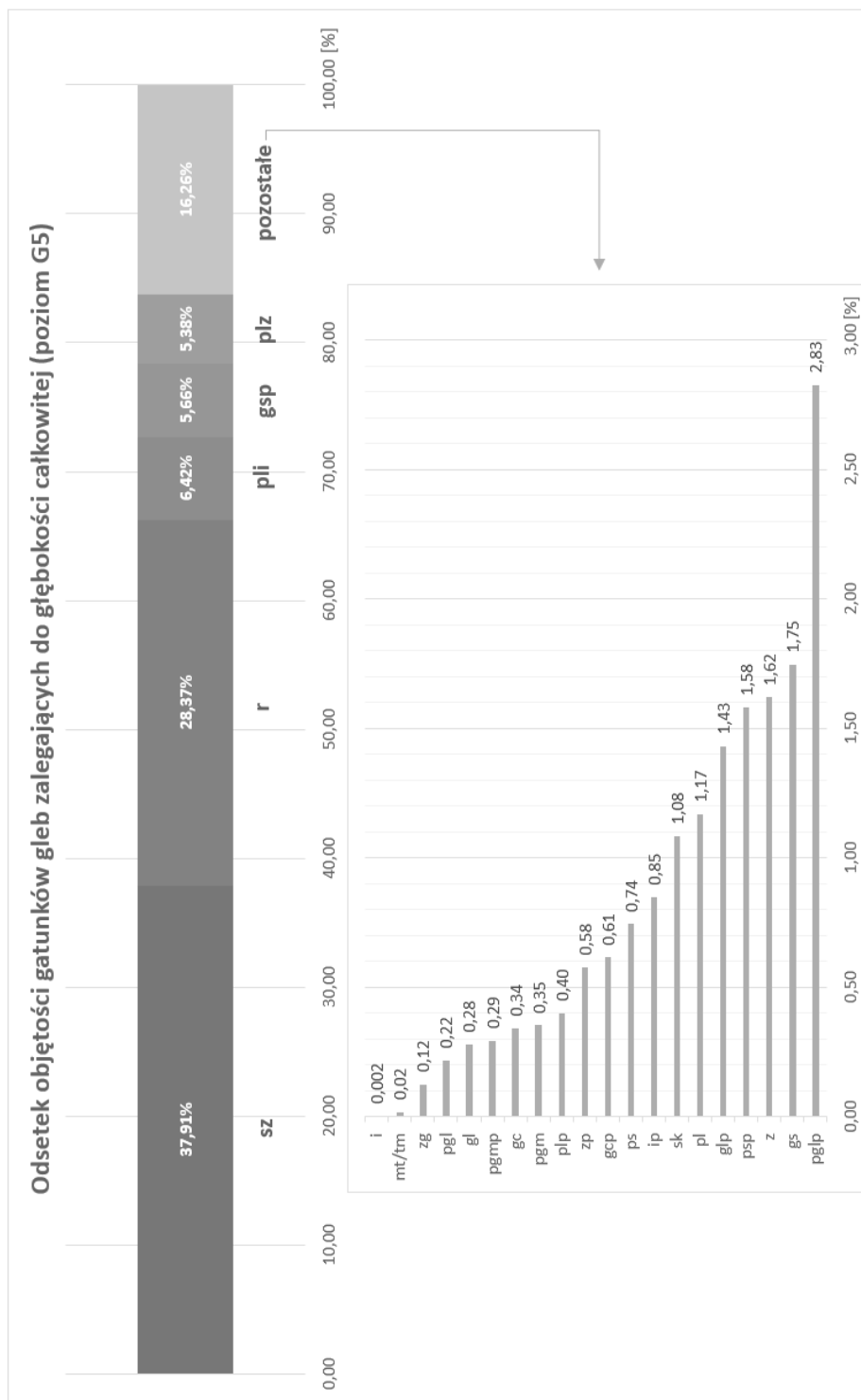


Rys. 21. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G4 (źródło: opracowanie własne)



Rys. 22. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G5

(źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)



Rys. 23. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G5 (źródło: opracowanie własne)

Tabela 9. Przepuszczalność pośrednia – zestawienie gatunków, powierzchni i objętości: poziomy G1–G3 (źródło: opracowanie własne)

Przepuszczalność pośrednia	Gatunki	G1			G2			G3		
		Powierzchnia [km ²]	Odsetek pow. [%]	Objętość [m ³]	Powierzchnia [km ²]	Odsetek pow. [%]	Objętość [m ³]	Powierzchnia [km ²]	Odsetek pow. [%]	Objętość [m ³]
MIN	gc, gcp, i, ip	4,4520	1,43	1 112 991	5,8210	1,87	1 455 259	7,2679	2,33	3 633 973
SRN	gs, gsp	90,5391	29,06	22 634 773	73,4546	23,57	18 363 640	55,1685	17,71	27 584 265
LN	gl, glp, gp	57,4173	18,43	14 354 322	49,3909	15,85	12 347 723	28,7355	9,22	14 367 738
LP	pli, plp, plz	110,9006	35,59	27 725 160	103,3180	33,16	25 829 501	75,1275	24,11	37 563 746
SP	pgm, pgmp	12,8607	4,13	3 215 181	4,6965	1,51	1 174 124	2,5074	0,80	1 253 692
SRP	pgl, pglp, psp, m, mt/tm	20,9632	6,73	5 240 798	18,1814	5,84	4 545 361	13,2627	4,26	6 631 328
MP	pl, ps, zg	0,7511	0,24	187 771	1,2114	0,39	302 840	4,1608	1,34	2 080 385
BMP	r, sk, sz, z, zp	13,6960	4,39	3 424 004	55,5062	17,81	13 876 552	125,3497	40,23	62 674 873
Suma		311,5800	100,00	77 895 000	311,5800	100,00	77 895 000	311,5800	100,00	155 790 000

Tabela 10. Przepuszczalność pośrednia – zestawienie gatunków, powierzchni i objętości: poziomy G4–G5 (źródło: opracowanie własne)

Przepuszczalność pośrednia	Gatunki	G4			G5		
		Powierzchnia [km ²]	Odsetek pow. [%]	Objętość [m ³]	Powierzchnia [km ²]	Odsetek pow. [%]	Objętość [m ³]
MIN	gc, gcp, i, ip	6,6980	2,15	3 348 977	5,6220	1,80	2 810 984
SRN	gs, gsp	24,2419	7,78	12 120 947	23,0708	7,40	11 535 386
LN	gl, glp, gp	7,2492	2,33	3 624 613	5,3219	1,71	2 660 936
LP	pli, plp, plz	43,0810	13,83	21 540 486	38,0192	12,20	19 009 612
SP	pgm, pgmp	2,0504	0,66	1 025 208	2,0102	0,65	1 005 118
SRP	pgl, pglp, psp, m, mt/tm	13,1139	4,21	6 556 945	14,4545	4,64	7 227 236
MP	pl, ps, zg	6,3357	2,03	3 167 868	6,3453	2,04	3 172 647
BMP	r, sk, sz, z, zp	208,8099	67,01	104 404 956	216,7361	69,56	108 368 081
Suma		311,5800	100,00	155 790 000	311,5800	100,00	155 790 000

Analizując dane przedstawione w tabeli 7 oraz biorąc pod uwagę powierzchnię warstwę gleb (poziom G1 – rys. 14), dostrzega się, że na terenie zlewni rzeki Białej Łądeckiej przeważają gleby gliniaste (głina lekka pylasta i glina średnia pylasta) oraz pylaste (pył zwykły i pył ilasty), które zajmują ok. 79% powierzchni zlewni. Około 35 km² (11%) pokryte jest przez różnego rodzaju piaski: piasek luźny, piasek luźny pylasty, piasek gliniasty lekki, piasek gliniasty lekki pylasty, piasek słabogliniasty, piasek słabogliniasty pylasty, piasek gliniasty mocny i piasek gliniasty mocny pylasty. Lokalnie, w pobliżu cieków, spotyka się gleby murszowe oraz mułowo-torfowe i torfowo-mułowe, które zajmują 0,75% powierzchni zlewni. Analizując pozostałe poziomy głębokości (tabele 7 i 8 oraz rys. 16, 18, 20 i 22), można dostrzec, że powierzchnia zajmowana przez gleby gliniaste i pylaste wraz ze wzrostem głębokości zmniejsza się na rzecz rumoszu i szkieletu, gdzie w poziomie G5 odsetek powierzchni, którą zajmują te dwa gatunki wynosi 66%. Tym samym wraz ze wzrostem głębokości maleje odsetek powierzchni zajmowanej przez gleby nieprzepuszczalne na rzecz tych o najlepszej przepuszczalności (tabele 9 i 10). Miąższość poziomów zalegania poszczególnych warstw pozwoliła na obliczenie przybliżonej objętości mas ziemnych. Procentowy udział poszczególnych gatunków gleb w całkowitej objętości mas ziemnych danego poziomu głębokości zalegania podłoża przedstawiają wykresy na rys. 15, 17, 19, 21 i 23. Analizując zmiany objętości, należy mieć na uwadze różnice w przyjętej miąższości poszczególnych poziomów.

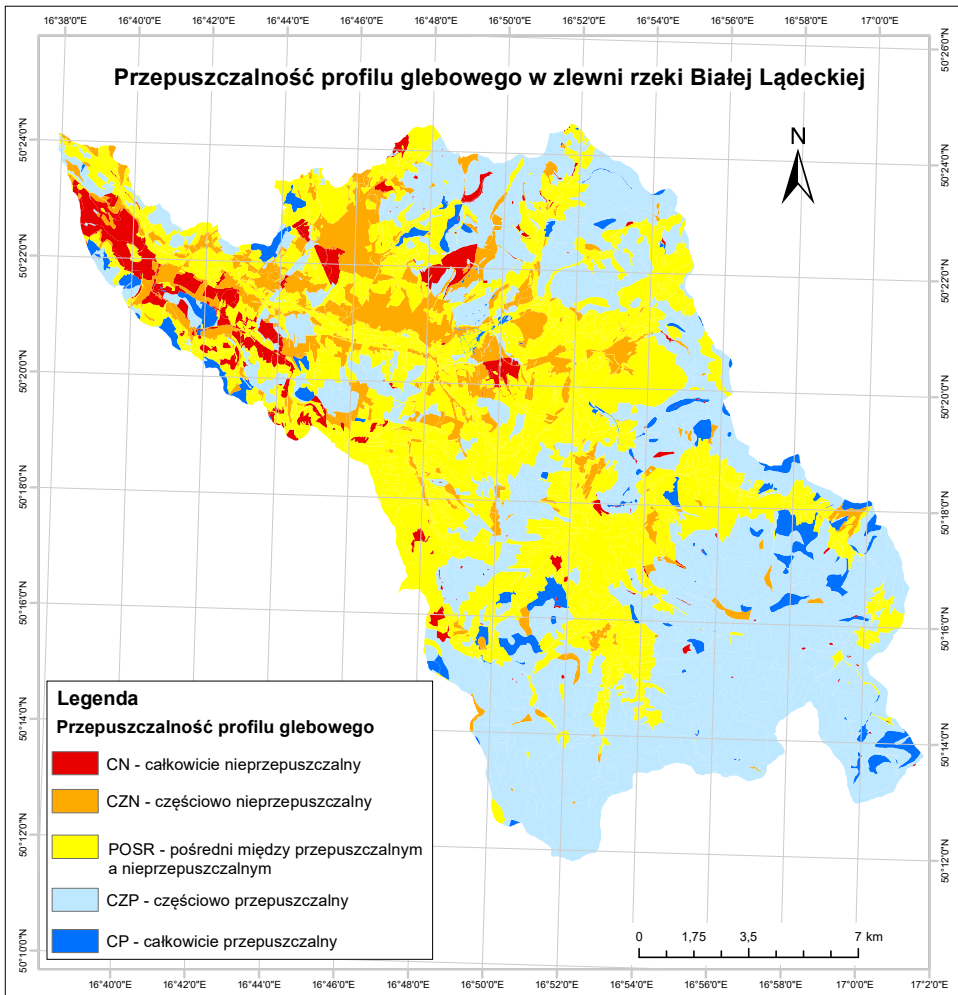
Zalagające na sobie naprzemiennie warstwy przepuszczalne i nieprzepuszczalne powodują, że określenie przepuszczalności całkowitej profilu glebowego jest skomplikowane. Z tego względu proces ten składa się z tak wielu etapów. Początkowe dokładne rozpisanie poziomów zalegania poszczególnych gatunków gleb oraz ustalenie przepuszczalności pośredniej (Załącznik nr 1 oraz tabele 9 i 10), pozwoliły na uzyskanie informacji o przepuszczalności całkowitej. Jednoznaczne jej określenie było możliwe dzięki wcześniejszemu sklasyfikowaniu przepuszczalności pośredniej w 8 szczegółowych klas oraz znajomości stosunku miąższości warstw przepuszczalnych do nieprzepuszczalnych.

Agregacja poligonów pozwoliła na wyłonienie 245 kombinacji określających przepuszczalność całkowitą pokrywy glebowej w zależności od głębokości zalegania poszczególnych warstw (Załącznik nr 2). W celu przydzielenia ostatecznej oceny, określającej czy dany profil glebowy umożliwi wsiąkanie wody i jej dotarcie do warstwy wodonośnej, analizie poddano sposoby zalegania na sobie poszczególnych warstw. Na tej podstawie wyłonionych zostało 5 klas, określających przepuszczalność całkowitą danego profilu glebowego, co szczegółowo przedstawiono w Załączniku nr 2. Oznaczenia klas przepuszczalności przedstawiają się następująco:

- CN – całkowicie nieprzepuszczalna;
- CZN – częściowo nieprzepuszczalna;
- POSR – pośrednia między nieprzepuszczalną a przepuszczalną;
- CZP – częściowo przepuszczalna;
- CP – całkowicie przepuszczalna.

Z podsumowania powierzchni zajmowanych przez poszczególne klasy przepuszczalności wynika, że:

- 11,8902 km² powierzchni zlewni (3,82%) pokryta jest glebami, które są całkowicie nieprzepuszczalne;
- 30,0575 km² powierzchni zlewni (9,65%) zajmują gleby częściowo przepuszczalne;
- 117,9989 km² powierzchni zlewni (37,87%) stanowią gleby sklasyfikowane jako pośrednie (między nieprzepuszczalnymi a przepuszczalnymi);
- 139,5557 km² powierzchni zlewni (44,79%) stanowią gleby częściowo przepuszczalne;
- 12,0776 km² powierzchni zlewni (3,88%) zajmują gleby całkowicie przepuszczalne, co przedstawiono na rys. 24.



Rys. 24. Przepuszczalność profilu glebowego w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne)

4.6. Warunki klimatyczne i rozkład opadów atmosferycznych

Sudety charakteryzują się klimatem umiarkowanym, o wyraźnych cechach oceanicznych. Kształtowany jest on głównie przez promieniowanie słoneczne i globalną cyrkulację powietrza. Masy atmosferyczne napływają głównie z południowego Atlantyku, Skandynawii, a także z Europy północno-wschodniej. Klimat Sudetów jest zdecydowanie bardziej surowy (pod względem temperatury i wilgotności) niż chociażby w Karpatach na tych samych piętrach wysokościowych, co wpływa na obniżenie górnej granicy lasu. Lokalne zróżnicowanie klimatu i zmienne stany pogodowe w Sudetach spowodowane są przez ukształtowanie terenu i przebieg barier orograficznych na drodze przemieszczających się mas atmosferycznych (Czerwiński 2018).

Rozkład temperatur w górach ma ścisły związek z wysokością, bowiem średnio na każdy wzrost wysokości o 100 metrów następuje spadek temperatury powietrza o 0,5°C. Najniższe temperatury w Sudetach panują w styczniu, a najwyższe w lipcu. Częstym zjawiskiem w kotlinach sudeckich są inwersje temperatury, które polegają na wzrastaniu temperatury wraz z wysokością, a całe Sudety charakteryzują się częstym występowaniem spływającego z gór, porywistego, ciepłego i suchego wiatru fenowego, który prowadzi do wzrostu temperatury i spadku wilgotności powietrza. Destrukcyjne działanie wiatru fenowego widoczne jest latem, gdy grunty stają się przesuszone, przez co następuje zahamowanie wegetacji roślin, a także zimą – powoduje on przyspieszone topnienie pokrywy śniegowej, przez co prowadzi do lokalnych podtopień i roztopowych wezbrań rzecznych (Czerwiński 2018).

Opady atmosferyczne stanowią jedyne źródło zasilania wód podziemnych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (Tarka 1997). Rozkład opadów atmosferycznych zmienia się wraz z ukształtowaniem powierzchni terenu. Wysokość opadów atmosferycznych rośnie wraz z wysokością nad poziomem morza. Największa suma opadów atmosferycznych odnotowywana jest wiosną i latem – od maja do sierpnia, z maksimum przypadającym w lipcu. Nawalne opady deszczu stanowią zagrożenie powodziowe. Miesiące zimowe charakteryzują się najmniejszymi opadami, z minimum przypadającym w lutym. Opady śniegu są znacznie niższe – największe odnotowywane są w wysokich partiach gór. Tam też pokrywa śniegowa zalega najdłużej. Jednakże grubość i trwałość pokrywy śniegowej są zależne od wielu czynników, m.in.: od ukształtowania zboczy, pokrycia terenu i ekspozycji (Staffa 1993).

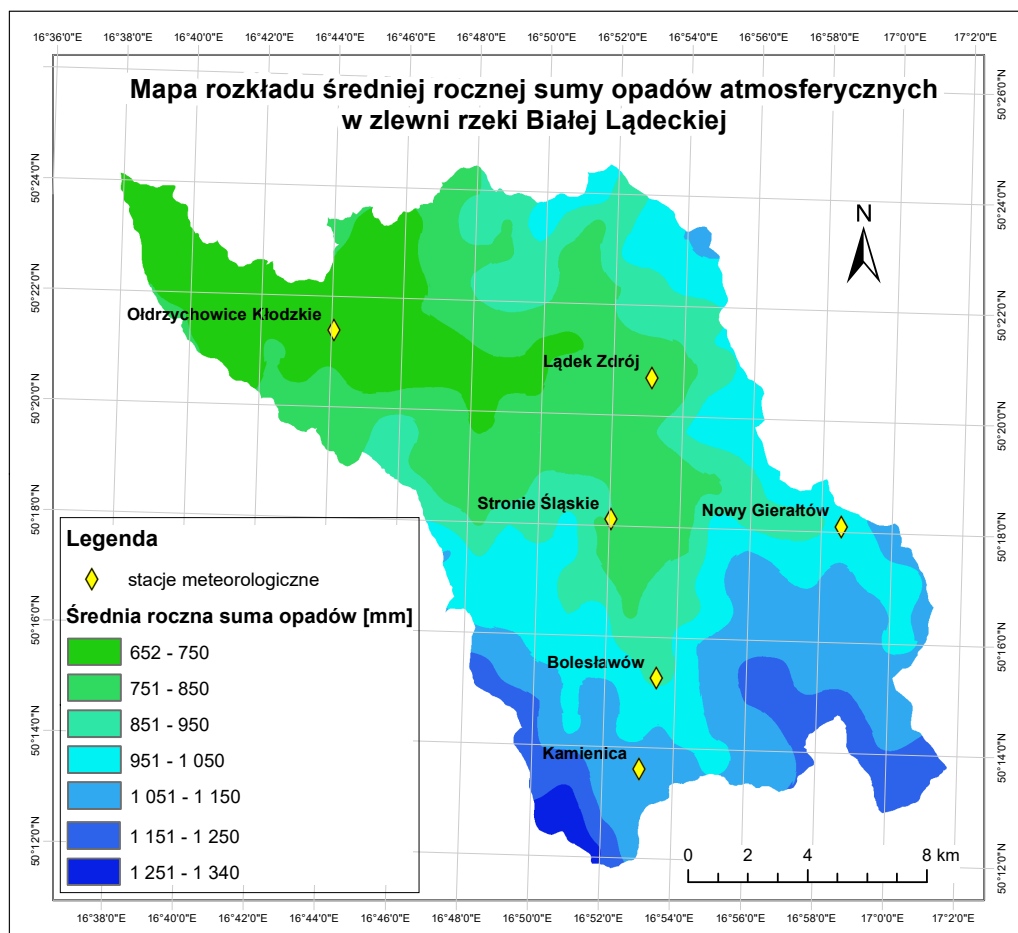
Na omawianym obszarze badań w latach 1990–2019 funkcjonowało 7 stacji meteorologicznych IMGW-PIB, lecz nie we wszystkich prowadzono ciągłe pomiary w ostatnim trzydziestoleciu. Na przykład na stacji meteorologicznej Nowa Morawa prowadzono pomiary tylko w latach 1990–1992, a na stacjach Łądek Zdrój i Bolesławów w latach 2015–2019. Poniżej, w tabeli 11, przedstawiono zestawienie średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych w trzydziestoleciu 1990–2019 dla sześciu stacji meteorologicznych: Stronie Śląskie, Ołdrzychowice Kłodzkie, Łądek Zdrój, Nowy Gierałtów, Bolesławów i Kamienica. Stację Nowa Morawa postanowiono usunąć z rozważań ze względu na zbyt krótki okres pomiarowy.

Tabela 11. Zestawienie rocznych sum opadów atmosferycznych w latach 1990–2019

(źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB)

Roczna suma opadów atmosferycznych w poszczególnych stacjach meteorologicznych [mm]						
Rok	Stronie Śląskie [497 m n.p.m]	Odrzychowice Kłodzkie [689 m n.p.m]	Lądek Zdrój [459 m n.p.m]	Nowy Gierałów [647 m n.p.m]	Bolesławów [601 m n.p.m.]	Kamienica [685 m n.p.m.]
1990	602	487	brak danych	789	brak danych	942
1991	812	630	brak danych	828	brak danych	436
1992	703	521	brak danych	729	brak danych	370
1993	750	669	brak danych	794	brak danych	548
1994	832	711	brak danych	783	brak danych	455
1995	1074	835	brak danych	1088	brak danych	464
1996	875	675	brak danych	998	brak danych	1269
1997	1187	520	brak danych	1286	brak danych	1676
1998	1014	772	brak danych	1078	brak danych	1620
1999	832	680	brak danych	923	brak danych	1189
2000	852	760	brak danych	883	brak danych	1151
2001	998	826	brak danych	1129	brak danych	1481
2002	799	816	brak danych	795	brak danych	1233
2003	731	630	brak danych	799	brak danych	1062
2004	720	604	brak danych	916	brak danych	1126
2005	901	730	brak danych	1174	brak danych	1316
2006	956	885	brak danych	1163	brak danych	1325
2007	1033	858	brak danych	1263	brak danych	1440
2008	760	586	brak danych	986	brak danych	921
2009	1010	805	brak danych	1373	brak danych	1213
2010	1018	887	brak danych	1473	brak danych	1512
2011	808	580	brak danych	861	brak danych	1058
2012	833	678	brak danych	1063	brak danych	1082
2013	877	740	brak danych	1139	brak danych	1078
2014	805	689	brak danych	1068	brak danych	1126
2015	brak danych	421	501	brak danych	666	814
2016	brak danych	726	929	brak danych	1053	1098
2017	brak danych	692	852	brak danych	985	1226
2018	brak danych	538	711	brak danych	809	933
2019	813	727	916	brak danych	992	1135
Średnia	869	689	782	1015	901	1077

Na podstawie uzyskanych wyników średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych w poszczególnych punktach pomiarowych i na podstawie położenia stacji przeprowadzono aproksymację sumy opadów w punktach siatki o oczku 1 km na 1 km, biorąc pod uwagę wysokość bezwzględną tych punktów. Następnie, wykorzystując metodę kriginu zwyczajnego, przeprowadzono interpolację, w wyniku której otrzymano przestrzenny rozkład średniej sumy opadów atmosferycznych na terenie zlewni rzeki Białej Łądeckiej (rys. 25).

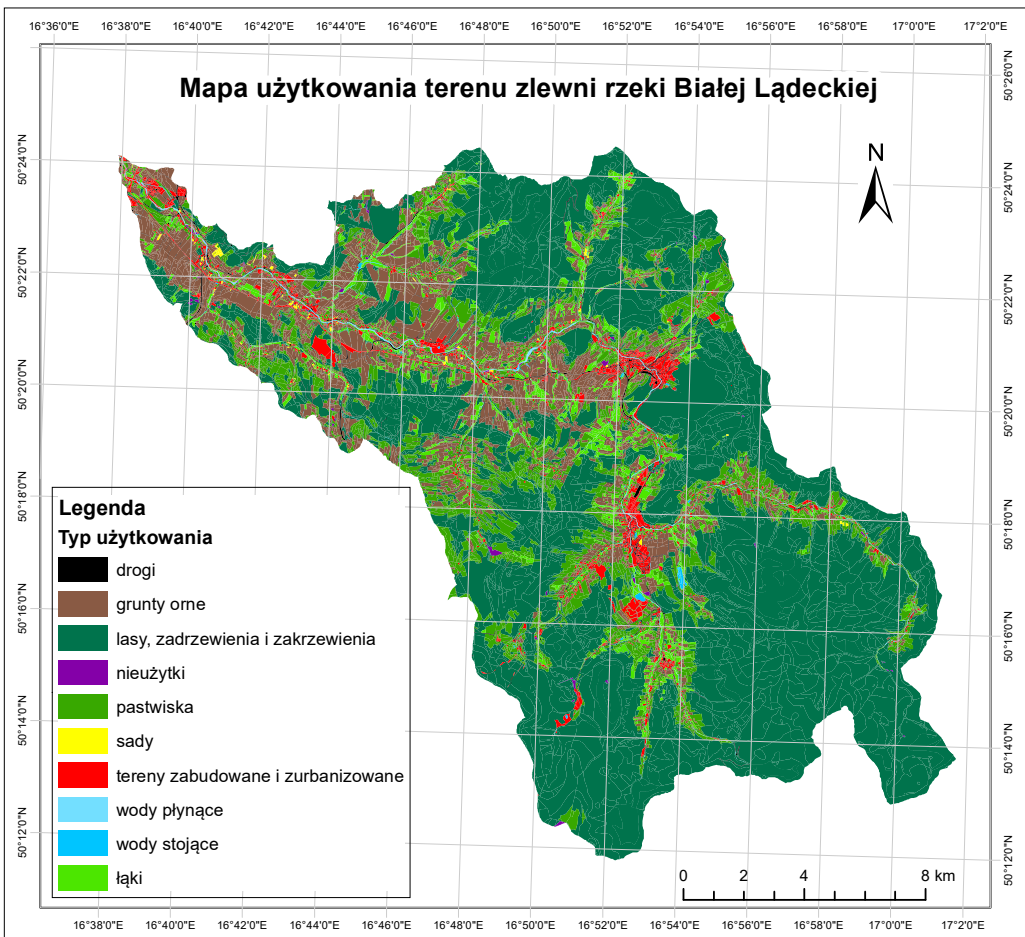


Rys. 25. Rozkład średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB)

W obliczeniach zdecydowano się na uwzględnienie średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych ze stacji prowadzących pomiary przez co najmniej 5 lat.

4.7. Użytkowanie terenu

Przeważającą część zlewni porośnięta jest przez lasy, które stanowią 62,36% powierzchni (tabela 12). Na rysunku 26, przedstawiającym użytkowanie terenu, zauważyć można, że doliny rzeczne, w tym dolina Białej Łądeckiej, użytkowane są głównie rolniczo (grunty orne i pastwiska), lasy porastają tylko wzniesienia, a niewielką powierzchnię zajmują także łąki. Wzdłuż rzek ciągnie się sieć osad wiejskich, co warunkuje również gęstą zabudowę i sieć drogową w ich dolinach. W tabeli 12 przedstawiona została powierzchnia jaką zajmują poszczególne typy użytkowania terenu.



Rys. 26. Użytkowanie terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej

(źródło: opracowanie własne na podstawie EGIB, mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)

Tabela 12. Zestawienie typów użytkowania terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej
(źródło: opracowanie własne na podstawie EGiB, mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)

Typ użytkowania	Powierzchnia [km ²]	Odsetek powierzchni [%]
Sady	0,48	0,15
Nieuzytki	0,64	0,21
Wody stojące	0,85	0,27
Wody płynące	1,63	0,52
Drogi	6,54	2,10
Tereny zabudowane i zurbanizowane	9,26	2,97
Łąki	13,61	4,37
Grunty orne	41,85	13,43
Pastwiska	42,43	13,62
Lasy, zadrzewienia i zakrzewienia	194,29	62,36
Suma	311,58	100,00

5. Metodyka i opracowanie







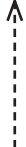
Metodyka pracy opiera się o wielokryterialną analizę obszaru opracowania pod kątem geologicznym, glebowym, geomorfologicznym, meteorologicznym (wysokości opadów) i antropogenicznym (użytkowanie terenu). Dokładne zrozumienie czynników i procesów warunkujących infiltrację, określenie ich wzajemnego wpływu, a także ich podział na oddziaływanie sprzyjające i niesprzyjające wsiąkaniu wody w głąb ziemi, pozwalają na wykonanie analizy, której wynikiem jest wyznaczenie stref zagrożenia suszą hydrogeologiczną, czyli niedoborem wód podziemnych.

5.1. Wagowanie globalne







Początkowo wykonany został przegląd literatury i materiałów kartograficznych pod kątem czynników wpływających na proces infiltracji w zlewni rzeki Białej Łądeckiej. Następnie na tej podstawie określone zostały relacje pomiędzy poszczególnymi czynnikami tzn. czy dany czynnik warunkuje istnienie innego czynnika, co szczególnie przedstawiono w tabeli 13. Zdecydowano się na zastosowanie podziału na: brak wpływu (ocena 0), mały wpływ (ocena 0,5) i duży wpływ (ocena 1). Takie podejście bazuje na technice MIF (ang. Multi Influencing Factor), która polega na ocenie wpływu poszczególnych czynników na pozostałe i wyłonieniu na tej podstawie sumarycznej oceny (wagi globalnej) dla każdego czynnika.

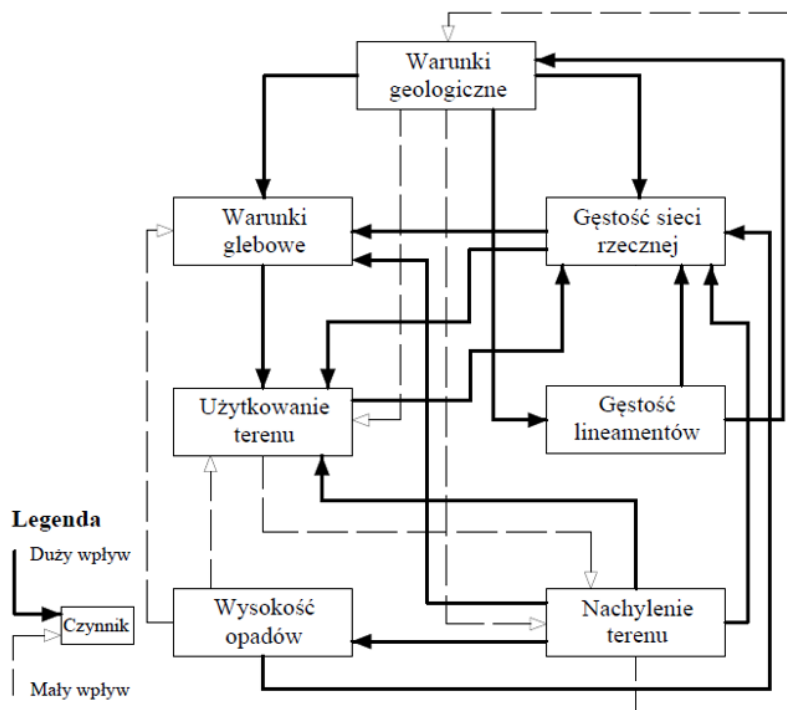
Poniżej przedstawiono model (rys. 27) składający się ze wszystkich czynników branych pod uwagę w analizie z określeniem ich wzajemnego oddziaływania. Suma wszystkich oddziaływań wywieranych przez dany czynnik na pozostałe warunkuje istotność (ważność) danego czynnika w całej analizie i stanowi jego wagę w dalszym opracowaniu dotyczącym priorytetowego/ważonego nakładania (ang. *weighted overlay*).

Tabela 13. Relacje pomiędzy czynnikami – opisy wpływu (źródło: opracowanie własne)

Czynnik	Wpływ (duży  ; mały )	Czynnik	Opis wpływu
Warunki geologiczne		Warunki glebowe	Wietrzenie fizyczne i chemiczne skały macierzystej wpływa na tworzenie się składu mechanicznego (granulometrycznego) profilu glebowego.
		Gęstość sieci rzecznej	Powierzchniowy układ warstw geologicznych wpływa na przebieg sieci rzecznej. Doliny rzeczne formują się według przestrzennego rozkładu skał o różnej twardości.
		Gęstość lineamentów	Budowa geologiczna indukuje przebieg budowy tektonicznej, reprezentowanej przez lineamenty o charakterze tektonicznym.
Warunki glebowe		Użytkowanie terenu	Budowa geologiczna wpływa na użytkowe zagospodarowanie przestrzeni zlewni.
		Nachylenie terenu	Różna twardość skały nie implikuje w sposób bezpośredni nachylenia, dopiero sekwencja zalegania skał wpływa na nachylenie terenu.
Gęstość sieci rzecznej		Użytkowanie terenu	Typy, rodzaje, gatunki oraz sposób i głębokość zalegania poszczególnych warstw glebowych determinują ze względów ekonomiczno-rolniczych użytkowanie terenu.
		Warunki glebowe	Sieć rzeczna wpływa na nawodnienie profilu glebowego i tym samym stosunki wodno-powietrzne w kompleksie sorpcyjnym profilu glebowego.
Użytkowanie terenu		Użytkowanie terenu	Występowanie cieków determinuje sposób użytkowego zagospodarowania przestrzeni zlewni i implikuje zagrożenie powodziowe.
		Gęstość sieci rzecznej	Prowadzone prace melioracyjne powodują powstawanie sieci rowów nawadniających pola uprawne i tym samym ich lokalizacja zwiększa gęstość sieci rzecznej.
Użytkowanie terenu		Nachylenie terenu	Sposób zagospodarowania przestrzeni może oddziaływać na nachylenie terenu (np. zalesianie stromych stoków zapobiega erozji gleb i denudacji podłoża lub inwestycje antropogeniczne zmieniają ukształtowanie rzeźby terenu).

cd. tab. 13

Czynnik	Wpływ (duży  ; mały )	Czynnik	Opis wpływu
Gęstość lineamentów		Gęstość sieci rzecznej	Przebieg lineamentów tektonicznych determinuje kierunek płynięcia i przebieg sieci rzecznej, występują np. przetłomy rzeczne na założeniach tektonicznych, które indukują różną gęstość cieków w dolinie.
		Warunki geologiczne	Lineamenty tektoniczne indukują proces spękania skał, powodując tym samym zmianę ich właściwości i m.in. zwiększenie przepuszczalności.
Wysokość opadów		Gęstość sieci rzecznej	Opady atmosferyczne alimentują istniejącą sieć rzeczną poprzez doprowadzanie do niej wody.
		Użytkowanie terenu	Opad atmosferyczny wymaga akumulacji poprzez odpowiednie użytkowanie terenu (np. pożądany jest las porastający wyższe partie gór, gdzie opad jest największy, tak aby jednocześnie zmniejszyć wpływ powierzchniowy i zwiększyć retencję gleby i infiltrację wody w głąb ziemi).
		Warunki glebowe	Brak opadów atmosferycznych może prowadzić do przesuszenia się gruntu, który staje się słabym ośrodkiem infiltrującym. Wysokie opady mogą powodować przesylenie wodne profilu glebowego, co może doprowadzić do podtopień i przesuszenia materiału glebowego w ruchach masowych).
Nachylenie terenu		Gęstość sieci rzecznej	Nachylenie terenu wpływa na prędkość przemieszczania się masy wody, która może być zredukowana przez zwiększenie gęstości sieci rzecznej i sprzyja formowaniu się cieków.
		Użytkowanie terenu	Nachylenie terenu indukuje zalecany sposób użytkowania terenu: do 9° - grunty orne, 9-15° – użytki zielone, powyżej 15° - lasy.
Nachylenie terenu		Warunki glebowe	Nachylenie terenu warunkuje ruchy masowe, które przyczyniają się do zmiany składu i miąższości profilu glebowego.
		Wysokość opadów	Nachylenie terenu warunkuje występowanie barier orograficznych, które wpływają na wysokość opadu.
		Warunki geologiczne	Nachylenie terenu warunkuje ruchy masowe, których intensywność zależy od warunków geologicznych.



Rys. 27. Czynniki brane pod uwagę w analizie i ich wzajemne oddziaływanie (źródło: opracowanie własne)

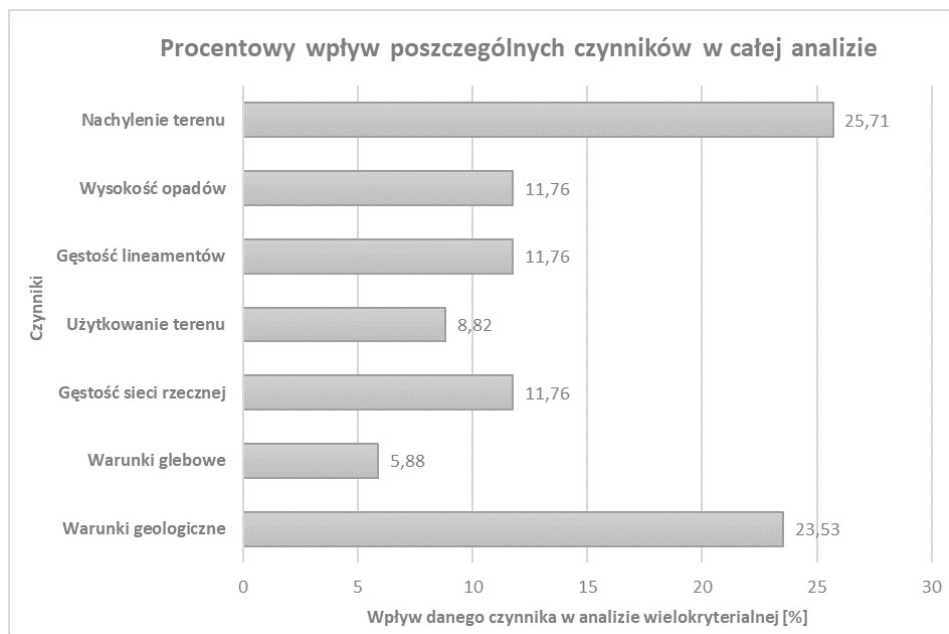
W tabeli 14 przedstawione zostało podsumowanie przydzielonych ocen i określenie wag do operacji priorytetowego nakładania.

Tabela 14. Podsumowanie przydzielonych ocen (wag globalnych) dla poszczególnych czynników (źródło: opracowanie własne)

Czynnik	Duży wpływ	Mały wpływ	Suma wpływów	Wpływ [%]	Waga
Warunki geologiczne	1+1+1	0,5+0,5	4	23,53	23
Warunki glebowe	1	0	1	5,88	6
Gęstość sieci rzecznej	1+1	0	2	11,76	12
Użytkowanie terenu	1	0,5	1,5	8,82	9
Gęstość lineamentów	1+1	0	2	11,76	12
Wysokość opadów	1	0,5+0,5	2	11,76	12
Nachylenie terenu	1+1+1+1	0,5	4,5	25,71	26
		Suma	17	100,00	100

W powyższej tabeli zauważyć można, że największym wpływem na pozostałe czynniki odznaczają się nachylenie terenu oraz warunki geologiczne. Z kolei najmniejszym wpływem odznaczają się warunki glebowe.

Na poniższym wykresie (rys. 28) przedstawiony został procentowy wpływ poszczególnych czynników w całej analizie wielokryterialnej.



Rys. 28. Procentowy wpływ poszczególnych czynników w całej analizie wielokryterialnej

5.2. Wagowanie lokalne

Kolejny etap opracowania stanowi wagowanie lokalne, czyli przypisanie ocen wewnątrz poszczególnych czynników. Ze względu na złożoność i duże zróżnicowanie postanowiono zastosować 10-stopniową skalę ocen, w której 1 oznacza najbardziej niekorzystne, a 10 najbardziej korzystne warunki infiltracji wody opadowej w głąb ziemi. Opis skali ocen warunków infiltracji przedstawia się następująco:

- ocena 1: bardzo niekorzystne (infiltracja jest niemożliwa);
- ocena 2: niekorzystne;
- ocena 3: bardzo słabe;
- ocena 4: słabe;
- ocena 5: przeciętne;
- ocena 6: umiarkowane;
- ocena 7: średnio korzystne;
- ocena 8: korzystne;
- ocena 9: bardzo korzystne;
- ocena 10: najkorzystniejsze.

Dodatkowo, zdecydowano się na zróżnicowanie liczby klas dla poszczególnych czynników, tzn. skala ocen pozostaje taka sama, ale liczba klas i tym samym liczba

przydzielonych ocen, zmienia się w zależności od danego czynnika. Przykładowo, warunki geologiczne (wydzielenia litologiczne wraz z utworami czwartorzędowymi) do oceny podzielone zostały na 9 klas, warunki opadowe i gęstość sieci rzecznej na 6 klas, nachylenie i użytkowanie terenu, warunki glebowe oraz gęstość lineamentów tylko na 5 klas. Postanowiono zastosować takie rozwiązanie z dwóch względów – po pierwsze, złożoność warunków geologicznych jest nieporównywalna z warunkami opadowymi czy użytkowaniem terenu, a po drugie, klasy warunkujące infiltrację wewnątrz danego czynnika są na tyle zróżnicowane, że przeskok oceny o wartość 1 jest niepoprawny. Przykładowo, w ocenie warunków glebowych pominięto wartości 2, 4, 6, 8 oraz 9, bowiem między występującymi na terenie zlewni gatunkami gleb jest duża różnica pod względem ich zdolności infiltrujących. W poniższej tabeli (tabela 15) przedstawiony został podział poszczególnych czynników na klasy, którym przypisane zostały oceny – wagi lokalne.

Tabela 15. Podział poszczególnych czynników na klasy - wagowanie lokalne (źródło: opracowanie własne)

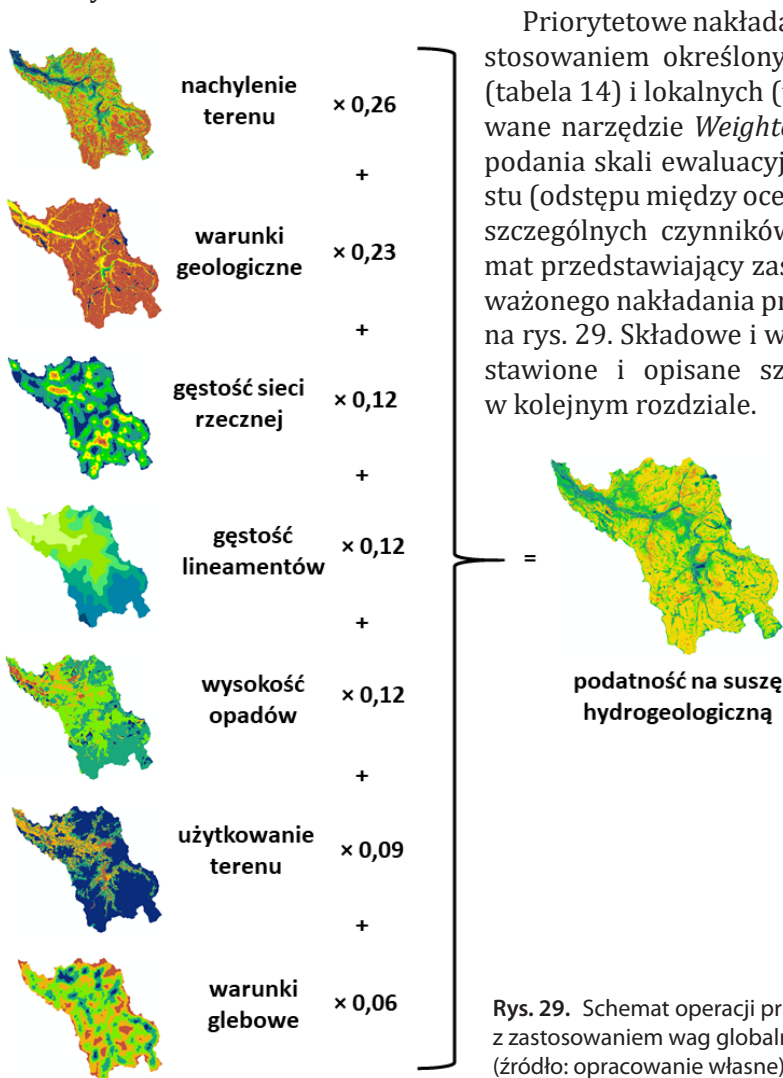
Czynnik	Klasy	Ocena
Gęstość lineamentów [km/km ²]	0–0,33	1
	0,34–0,92	4
	0,93–1,58	6
	1,59–2,66	8
	2,67–5,23	10
Gęstość sieci rzecznej [km/km ²]	0–0,86	10
	0,87–1,72	9
	1,73–2,58	7
	2,59–3,44	5
	3,45–4,30	3
	4,31–5,16	1
Warunki glebowe	całkowicie nieprzepuszczalne	1
	częściowo nieprzepuszczalne	3
	pośrednie między przepuszczalnymi a nieprzepuszczalnymi	5
	częściowo przepuszczalne	7
	całkowicie przepuszczalne	10
Średnia roczna suma opadów atmosferycznych [mm]	652–750	5
	751–850	6
	851–950	7
	951–1050	8
	1051–1250	9
	1251–1340	10

cd. tab. 15

Czynnik	Klasy	Ocena
Nachylenie terenu [°]	0–2	10
	2–6	9
	6–10	6
	10–15	3
	15–76	1
Warunki geologiczne: utwory czwartorzędowe	młaka, gliny deluwialne z rumoszem skalnym	1
	gliny pyłowate, lessopodobne	3
	piaski, żwiry i gliny rzeczne tarasów akumulacyjnych, żwiry i piaski rzeczne (mady) oraz iły, mułki tarasów zalewowych, osady rzeczne: mady, gliny, piaski i żwiry	4
	żwiry i piaski tarasów	7
	osuwiska, stożki napływowo–usypiskowe, złaziska pokrywy zwietrzelinowej	8
	żwiry tarasów, piargi i usypiska	9
	gołoborza	10
Warunki geologiczne: wydzielenia litologiczne	skały metamorficzne: skarny, erlany eklogity, amfibolity, granulity, gnejsy, paragnejsy, mylonity, leptynity, łupki skały magmowe: mikrogranitoidy, granity, aplity, hornblendyty, granodiority, tonality, spessartyty, żyły kwarcowe, lamprofiry, monzonity, monzodiority	1
	iły i iłowce, bazalty	2
	piaskowce	4
	kwarcyty	6
	margle	9
	wapienie krystaliczne, dolomity	10
Użytkowanie terenu	drogi, tereny zabudowane i zurbanizowane	1
	grunty orne, wody płynące, wody stojące	7
	sady	8
	nieużytki, pastwiska, łąki	9
	lasy, zadrzewienia i zakrzewienia	10

5.3. Nakładanie priorytetowe

Do opracowania wykorzystano jeden z komponentów pakietu ArcGIS – Arc-Map. Operacja nakładania priorytetowego poprzedzona została dodaniem ocen do tabeli atrybutów warstw wektorowych (warunki geologiczne, warunki glebowe i użytkowanie terenu), a następnie konwersją tych warstw do formatu rastrowego o rozmiarze piksela 5×5 m. Warunki geologiczne stanowią połączone warstwy dotyczące wydzieli litologicznych i utworów czwartorzędowych – w miejscach braku osadów pochodzących z czwartorzędu dodano dane dotyczące wydzieli litologicznych. Warstwy rastrowe tj. warunki opadowe, nachylenie terenu, gęstość sieci rzecznej i gęstość lineamentów poddano reklasyfikacji z zastosowaniem przydzielonych ocen.



Priorytetowe nakładanie wykonano z zastosowaniem określonych wag globalnych (tabela 14) i lokalnych (tabela 15). Zastosowane narzędzie *Weighted Overlay* wymaga podania skali ewaluacyjnej (1–10), przyrostu (odstępu między ocenami) i wpływu poszczególnych czynników na analizę. Schemat przedstawiający zastosowaną operację ważonego nakładania przedstawiony został na rys. 29. Składowe i wynik analizy przedstawione i opisane szczegółowo zostały w kolejnym rozdziale.

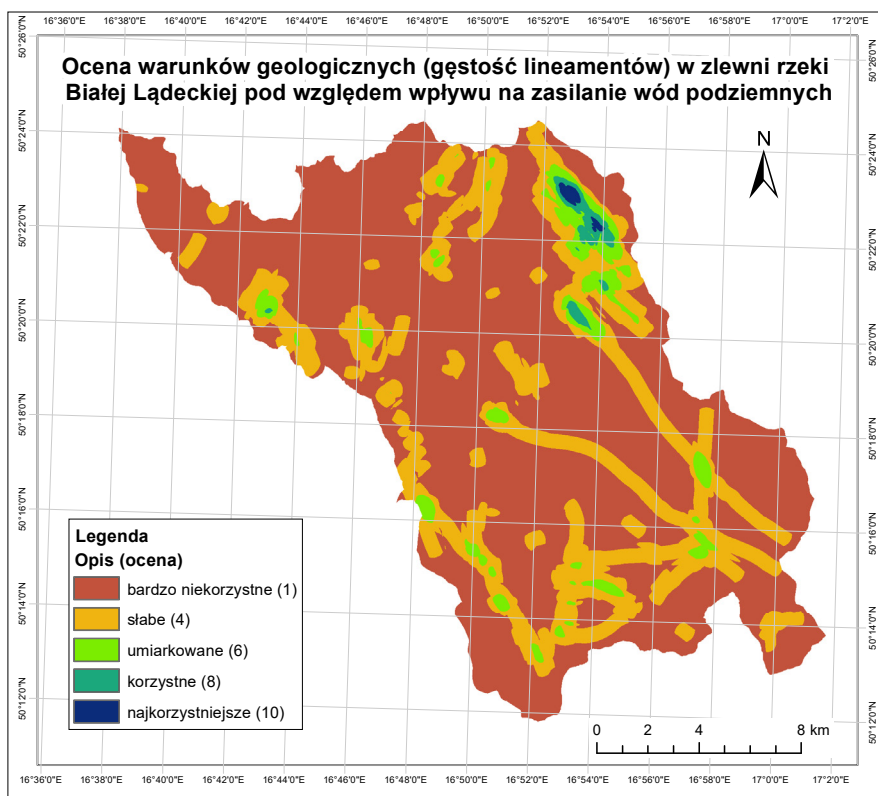
Rys. 29. Schemat operacji priorytetowego nakładania z zastosowaniem wag globalnych (źródło: opracowanie własne)

6. Wyniki

W niniejszym rozdziale przedstawione zostaną kolejno składowe i wynik analizy priorytetowego nakładania. Składowe stanowią oceny poszczególnych czynników pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych i zdolności infiltracyjnych. Wynik analizy stanowi ocenę obszaru zlewni rzeki Białej Łądeckiej pod względem zagrożenia suszą hydrogeologiczną.

6.1. Ocena gęstości lineamentów

Gęstość lineamentów podzielona została na 5 klas. Zgodnie z wartościami przedstawionymi w tabeli 15, im mniejsza jest gęstość lineamentów, tym wpływ na zasilanie wód podziemnych jest mniej korzystny. Spowodowane jest to tym, że lineamenty wpływają na stopień spękania skał, a ich występowanie zazwyczaj świadczy o obecności strefy przepuszczalnej. Na rysunku 30 zauważyć można, że na przeważającym obszarze zlewni gęstość lineamentów oceniona została jako bardzo niekorzystna (ocena 1). Najmniejszą powierzchnią charakteryzują się obszary sklasyfikowane jako korzystne (ocena 8) i najkorzystniejsze (ocena 10).

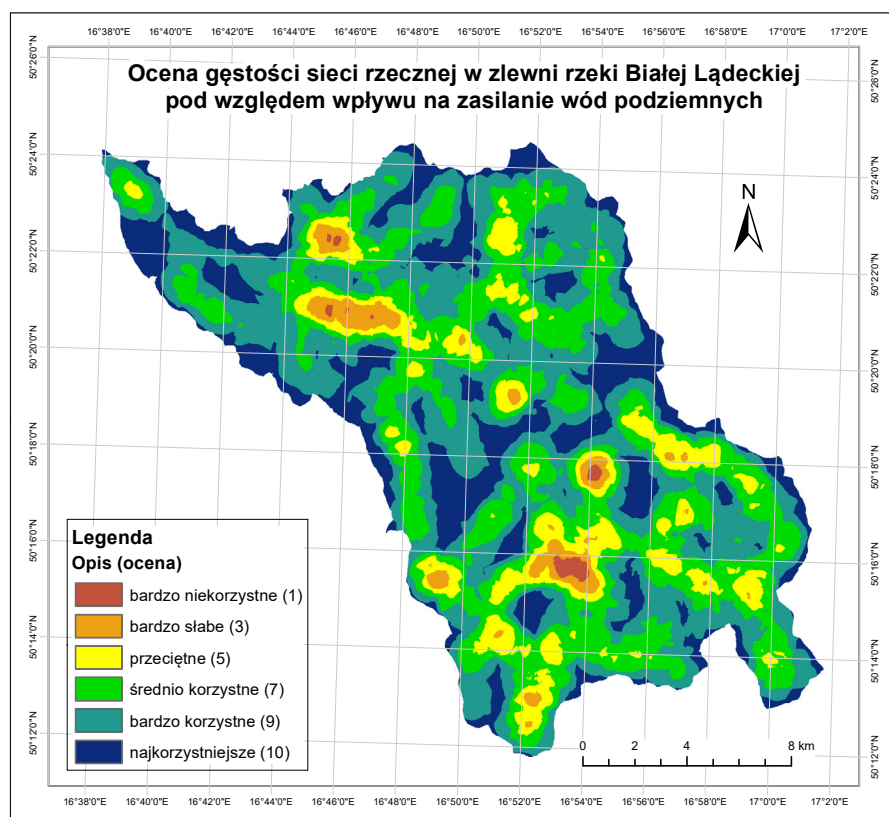


Rys. 30. Ocena gęstości lineamentów pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)

6.2. Ocena gęstości sieci rzecznej

Gęstość sieci rzecznej podzielona została na 6 klas. W tabeli 15 zauważyć można, że gęstość sieci rzecznej i gęstość lineamentów ocenione zostały odwrotnie. W przeciwieństwie do gęstości lineamentów im mniejsza jest gęstość sieci rzecznej, tym wpływ na zasilanie wód podziemnych jest korzystniejszy. Spowodowane jest to tym, że występowanie cieków świadczy o obecności utworów bardzo słabo i nieprzepuszczalnych, bowiem im mniej przepuszczalna jest skała, tym mniejsza jest infiltracja wód opadowych, które w wyniku czego podlegają spływowi powierzchniowemu, tworząc sieć rzeczna.

Zlewnia rzeki Białej Łądeckiej charakteryzuje się stosunkowo gęstą i rozwiniętą siecią hydrograficzną. Na rysunku 31 zauważyć można, że obszary ocenione jako niekorzystne (ocena 1) i bardzo słabe (ocena 3) pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych, zajmują niewielką powierzchnię. Największą powierzchnią charakteryzują się obszary korzystne: średnio, bardzo i najbardziej, których oceny wynoszą odpowiednio 7, 9 i 10. Na obszarach tych sieć rzeczna jest słabo rozwinięta, co świadczy o występowaniu warunków sprzyjających infiltracji wody opadowej.

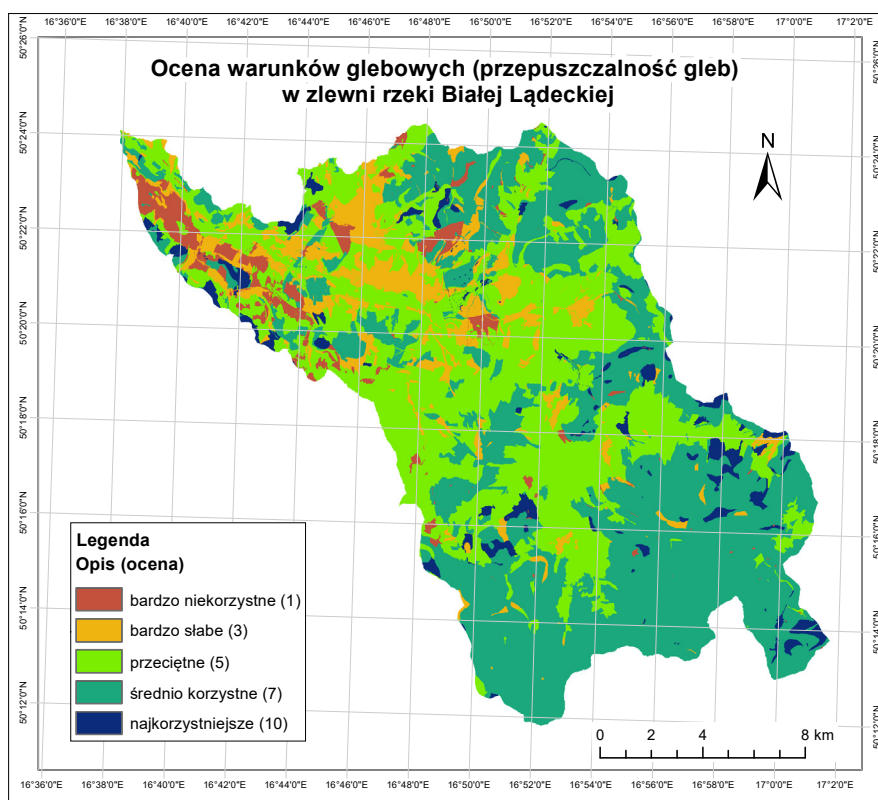


Rys. 31. Ocena gęstości sieci rzecznej pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)

6.3. Ocena warunków glebowych

Na rysunku poniżej (rys. 32) widać, że przeważający obszar zlewni zajmują gleby ocenione jako przeciętne i średnio korzystne pod kątem własności infiltracyjnych. Zgodnie z Załącznikiem nr 2, sklasyfikowano je jako gleby częściowo przepuszczalne (zajmujące 44,79% powierzchni zlewni) oraz pośrednie między przepuszczalnymi a nieprzepuszczalnymi (37,87% powierzchni).

Analizując dane przedstawione w tabelach 7 i 8, zauważyć można, że w warstwie powierzchniowej, największy procentowo obszar zlewni pokrywają gliny oraz pyły, których współczynnik filtracji jest najmniejszy, więc pod względem zdolności do infiltracji określa się je jako całkowicie nieprzepuszczalne. Mimo to, obszar zlewni nie został sklasyfikowany jako bardzo niekorzystny pod względem przepuszczalności. Wynika to z tego, że w głębszych poziomach zalegania podłoża występują gatunki gleb, które sprzyjają wsiąkaniu wody w głąb ziemi, przede wszystkim są to rumosze, żwiry i gleby szkieletowe, które cechują się najlepszymi własnościami infiltracyjnymi. Ze względu na duże różnice, które występują w charakterze przepuszczalności, zdecydowano się na wyłonienie pięciu klas i pominięcie części wartości w przydzielonych ocenach.

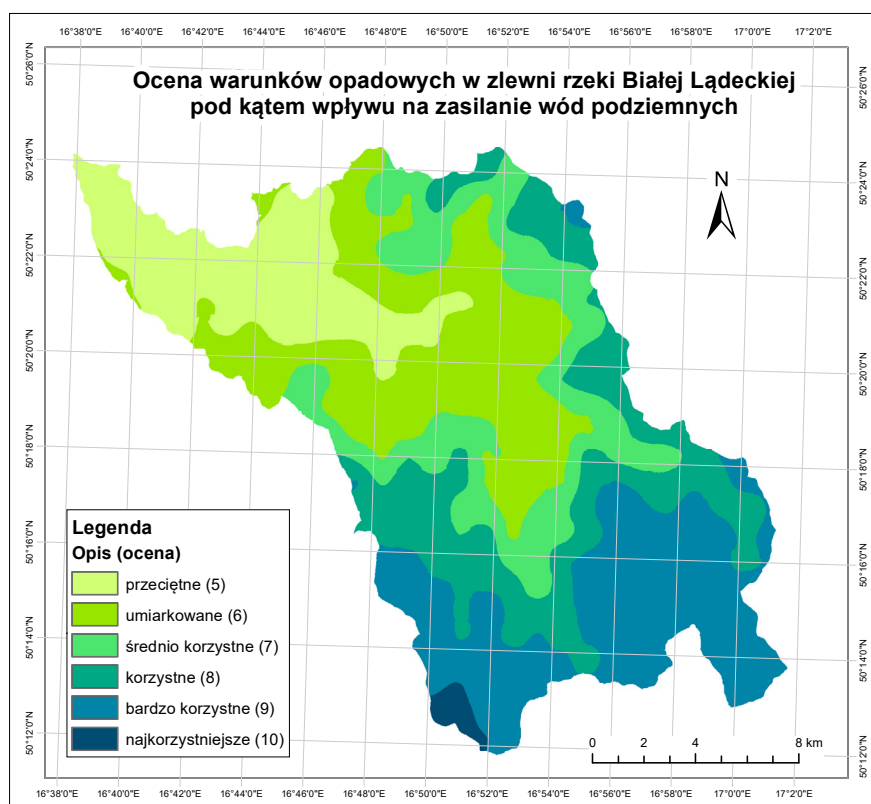


Rys. 32. Ocena warunków glebowych pod względem własności infiltracyjnych (źródło: opracowanie własne)

6.4. Ocena warunków opadowych

Wysokość opadów atmosferycznych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej rośnie wraz wysokością nad poziomem morza. Im więcej jest opadów atmosferycznych, tym więcej wód opadowych infiltruje w głąb ziemi i zasila zasoby wód podziemnych. Najbardziej korzystne warunki opadowe na omawianym obszarze występują w wyższych partiach gór.

Zdecydowano się na podzielenie warunków opadowych na 6 klas, które przedstawiono w tabeli 15. Ocenianie rozpoczęto od wartości 5, reprezentującej przeciętne warunki opadowe pod względem wpływu na zasilenie wód podziemnych – w klasie tej znalazł się obszar, w którym średnia roczna suma opadów jest najniższa. Na omawianym obszarze nie występują tereny, które leżałyby w niżach opadowych, a cała zlewnia charakteryzuje się dobrymi warunkami opadowymi. Na rysunku 33 przedstawiona została ocena warunków opadowych w omawianej zlewni. Zauważyć można, że przeważający obszar zlewni charakteryzuje się warunkami, które ocenione zostały jako średnio, bardzo i najbardziej korzystne. Przeciętne warunki opadowe występują w niższych partiach terenu, głównie w ujściowym fragmencie doliny Białej Łądeckiej.

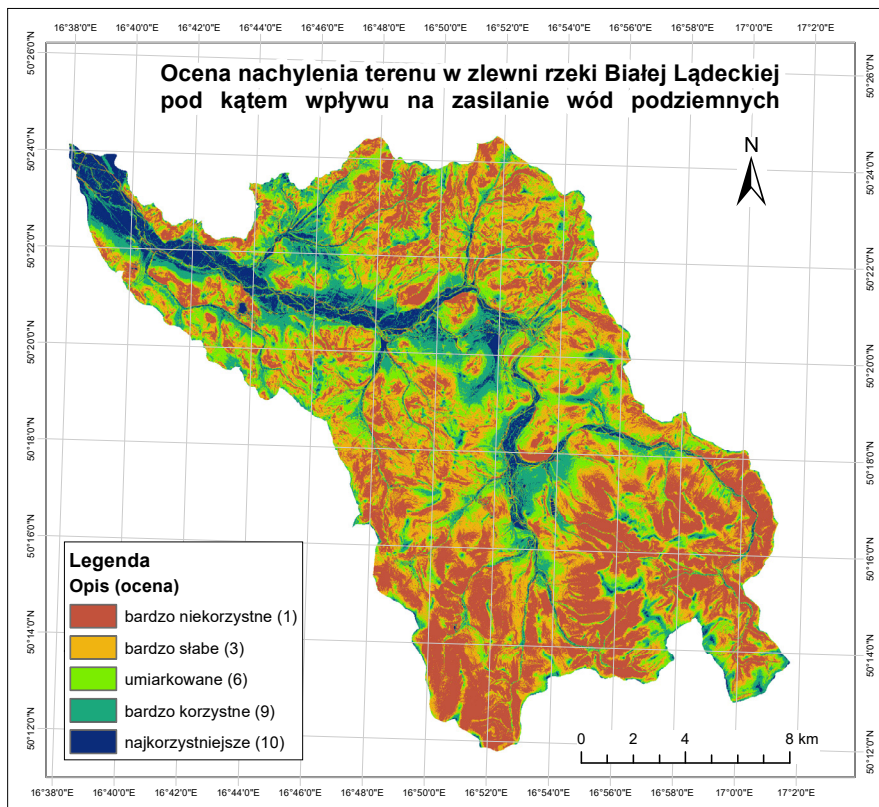


Rys. 33. Ocena warunków opadowych pod kątem wpływu na zasilenie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)

6.5. Ocena nachylenia terenu

Nachylenie terenu w największym stopniu wpływa na zdolność wód opadowych do wsiąkania w głąb gruntu, bowiem warunkuje ono spływ powierzchniowy – im większe jest nachylenie terenu, tym większy jest spływ powierzchniowy i tym mniejsza jest ilość wody infiltrującej.

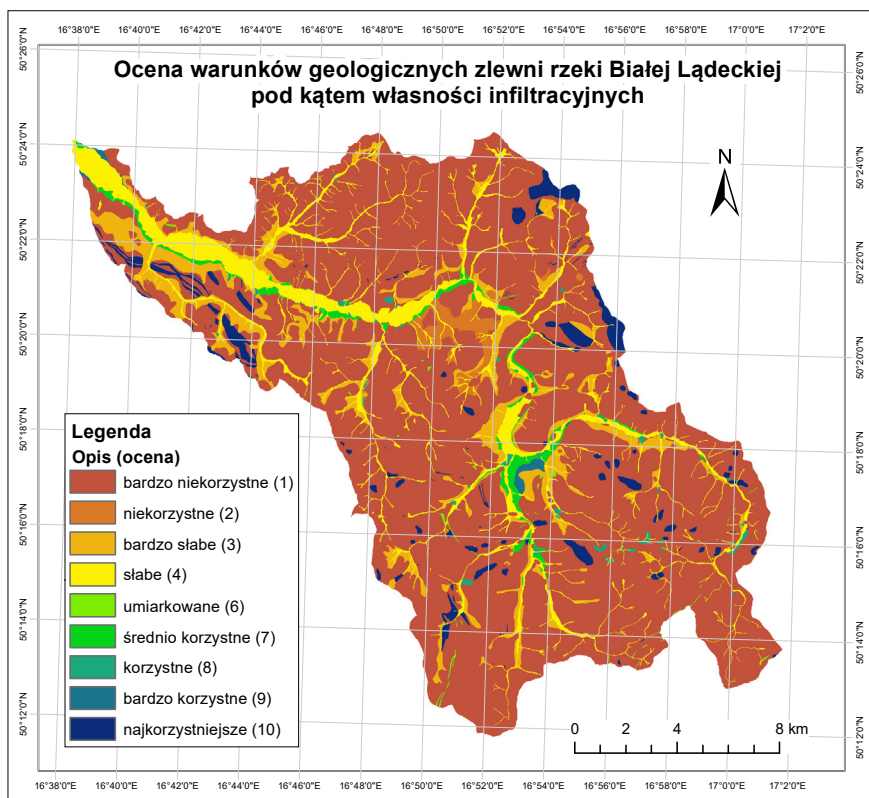
Na rysunku 34, który przedstawia ocenę nachylenia terenu w omawianej zlewni, zauważyć można, że najlepsze warunki do infiltracji (ocena 10) występują w dolinach rzecznych i ich otoczeniu. Obszary te stanowią płaskodenne obniżenia, a nachylenie terenu w tych miejscach wynosi $0-2^\circ$. Widoczne jest również to, że wraz ze zwiększaniem się odległości od dolin rzecznych, zdolność terenu do infiltracji wód opadowych zmniejsza się. Płaskodenne obniżenia okalane są przez bardzo łagodne części stoków ($2-6^\circ$), których wpływ na infiltrację został oceniony jako bardzo korzystny. W zlewni rzeki Białej Łądeckiej, która ma charakter górski, przeważają obszary, które charakteryzują się bardzo niekorzystnymi (ocena 1) lub bardzo słabymi (ocena 3) warunkami do infiltracji, biorąc pod uwagę nachylenie terenu. Obszary, które uznano za bardzo niekorzystne charakteryzują się nachyleniem terenu $\geq 15^\circ$.



Rys. 34. Ocena nachylenia terenu pod kątem wpływu na zasilenie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)

6.6. Ocena warunków geologicznych

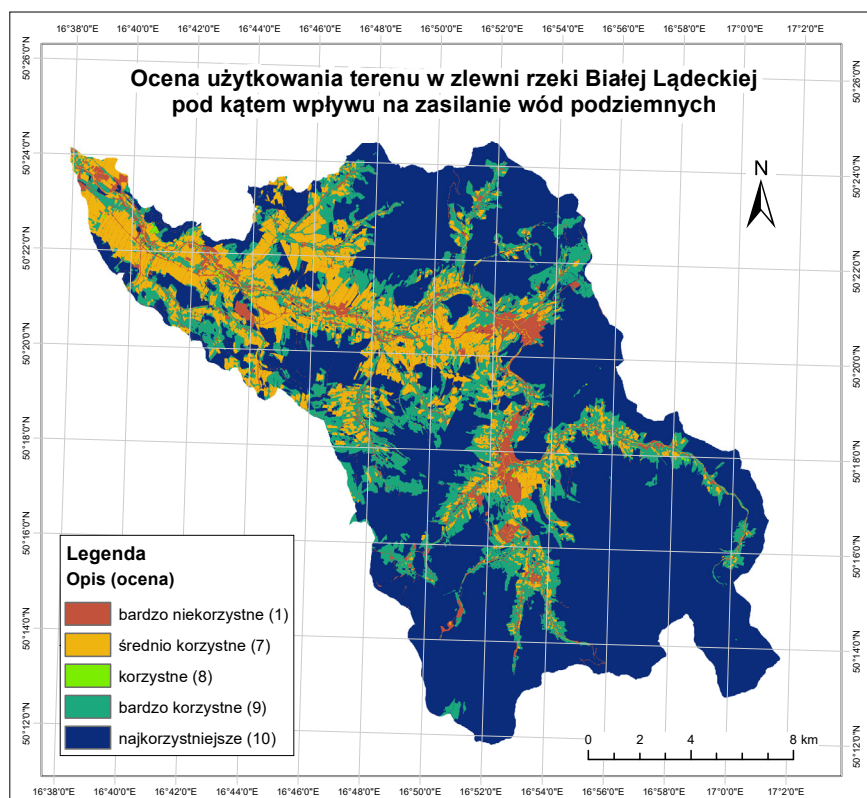
Budowa geologiczna omawianej zlewni jest bardzo zróżnicowana. Z tego względu, w ocenie warunków geologicznych, zarówno dotyczących wydzieleni litologicznych jak i utworów czwartorzędowych, celowo pomijano niektóre oceny. Przeskok ten wynika z dużych różnic między własnościami infiltracyjnymi poszczególnych skał. Ocena warunków geologicznych stanowi połączenie ocen przypisanych wydzieleniom litologicznym i wydzieleniom utworów czwartorzędowych, z racji tego, że na 75% powierzchni zlewni brak jest osadów pochodzących z czwartorzędu. Jak widać na rys. 35, zlewnia rzeki Białej Łądeckiej na przeważającym obszarze charakteryzuje się występowaniem utworów nieprzepuszczalnych, których własności infiltracyjne oceniono jako bardzo niekorzystne. Stanowią je skały magmowe i metamorficzne, których stopień spękania nie jest znany, dlatego zaliczone zostały do skał nieprzepuszczalnych. Zauważalne jest, że doliny rzeczne charakteryzują się słabymi warunkami do infiltracji. Występują tam bowiem osady fluwialne, w których przeważają słabo przepuszczalne gliny. Obszary uznane za najkorzystniejsze – sprzyjające infiltracji, pokryte są przez wapień i dolomity oraz pokrywy grubych frakcji rumoszu skalnego, tworzącego gołoborza.



Rys. 35. Ocena warunków geologicznych pod kątem własności infiltracyjnych (źródło: opracowanie własne)

6.7. Ocena użytkowania terenu

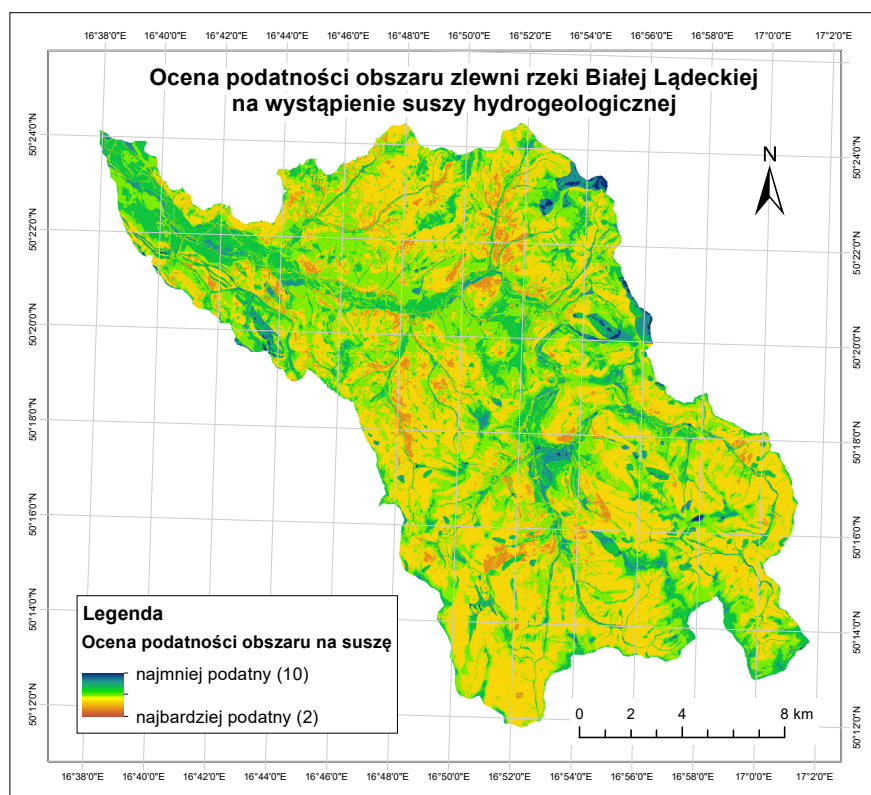
Przestrzenne zróżnicowanie oceny użytkowania terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej pod względem wpływu na infiltrację wód opadowych przedstawione zostało na rys. 36. Przeważająca część zlewni porośnięta jest przez lasy, które tworzą idealne warunki do infiltracji wód opadowych – obszar ten uznany został za najkorzystniejszy dla infiltracji. Po pierwsze, przez gęstą i zróżnicowaną wysokościowo roślinność mają one zdolność magazynowania wody, a po drugie, rozwinięte systemy korzeniowe drzew i krzewów sprzyjają szybszemu przedostawaniu się wody opadowej w głąb ziemi. W pobliżu dolin rzecznych, ze względu na rozwiniętą sieć osad, zarówno wiejskich jak i miejskich, występują niekorzystne warunki do infiltracji. Spowodowane jest to występowaniem zabudowy mieszkaniowej oraz sieci dróg. W ocenie użytkowania terenu zauważyć można znaczny przeskok punktacji. Wynika to przede wszystkim z tego, że mamy do czynienia z dwoma rodzajami terenu – przekształconym przez człowieka i naturalnym. Zmiany antropogeniczne użytkowania terenu znacznie pogarszają warunki do infiltracji wody opadowej. Powierzchnia pokryta jest tam nieprzepuszczalnym podłożem – głównie asfaltem i betonem.



Rys. 36. Ocena użytkowania terenu pod kątem wpływu na zasilenie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)

6.8. Ocena podatności obszaru na wystąpienie suszy hydrogeologicznej i wyodrębnienie stref zagrożenia suszą

Wynikiem ważonego nakładania omówionych w poprzednich podrozdziałach warstw tematycznych, które reprezentują oceny poszczególnych czynników prowadzonej analizy wielokryterialnej, jest mapa przedstawiająca zróżnicowaną przestrzennie ocenę podatności obszaru zlewni rzeki Białej Łądeckiej na wystąpienie suszy hydrogeologicznej (rys. 37). Przyjęta 10-stopniowa skala ocen dla czynników skutkuje wynikiem analizy w takich samych jednostkach. Zauważyć można, że w wyniku nakładania wyeliminowana została ocena skrajna, czyli 1 – reprezentująca najbardziej niekorzystne warunki infiltracji. Ocena podatności obszaru na suszę hydrogeologiczną została przedstawiona w sposób ciągły i zawiera się w przedziale od 2 (najbardziej podatny) do 10 (najmniej podatny).



Rys. 37. Ocena podatności obszaru zlewni rzeki Białej Łądeckiej na wystąpienie suszy hydrogeologicznej (źródło: opracowanie własne)

Jak widać na rys. 37 podatność omawianego obszaru na wystąpienie suszy hydrogeologicznej jest zróżnicowana przestrzennie. Zauważyć można, że w głównej mierze obszary najmniej podatne, zlokalizowane są w dolinach rzecznych. Nie wielkie odstępstwa od tej zależności występują tam, gdzie są najlepsze warunki geologiczne, którym towarzyszą niewielkie nachylenie terenu oraz wysokie opady – tak jest m.in. w przypadku niewielkiego obszaru w północno-wschodniej części mikroregionu Gór Żłoty.

Analiza ważonego nakładania przeprowadzona została w rastrze o wymiarach 5×5 m, co pozwala na obliczenie powierzchni obszarów o określonej podatności na suszę hydrogeologiczną, co zaprezentowano w tabeli 16.

Tabela 16. Powierzchnia obszarów o określonej podatności na suszę hydrogeologiczną

Ocena z ważonego nakładania	Ocena podatności	Liczba komórek	Powierzchnia [km ²]
2	najbardziej podatny	7 853	0,1963
3	↓	475 560	11,8890
4		5 499 567	137,4892
5		3 791 102	94,7776
6		2 216 634	55,4159
7		424 125	10,6031
8		44 206	1,1052
9		4096	0,1024
10	najmniej podatny	55	0,0014
Suma		12 463 198	311,5800

Zgodnie z tabelą 16 obszary najmniej podatne na suszę zajmują najmniejszą powierzchnię. Największą powierzchnią charakteryzują się obszary, które w wyniku ważonego nakładania otrzymały oceny 4 i 5. Zauważalne jest (rys. 37), że podatność ta rośnie wraz z wysokością nad poziomem morza, co ma związek z rosnącym nachyleniem terenu. Doliny rzeczne i tereny je otaczające, które charakteryzują się łagodnym nachyleniem, sprzyjają infiltracji. Obszary najbardziej podatne (ocena 2) zajmują niewielką powierzchnię. Zlokalizowane są one w miejscach, gdzie głównie warunki geologiczne, nachylenie i użytkowaniu terenu są niekorzystne dla infiltracji wód opadowych. Użytkowanie terenu, a w szczególności występowanie lasów i ich zdolności retencyjne oraz usprawniające proces przedostawania się wody w głąb ziemi, wpłynęły na poprawę zdolności infiltracyjnych obszarów położonych w południowej części zlewni – głównie mikroregionów Gór Bialskich i Śnieżnika Kłodzkiego, które charakteryzuje bardzo niekorzystna budowa geologiczna.

Na podstawie oceny podatności obszaru na wystąpienie suszy hydrogeologicznej stworzona została mapa stref zagrożenia suszą, która stanowi Załącznik nr 3 do niniejszej pracy. W opracowaniu tym wyodrębnione zostały cztery strefy:

- I: bardzo zagrożona wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (oceny 2–3);
- II: średnio zagrożona wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (oceny 4–5);
- III: umiarkowanie niezagrożona wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (oceny 6–8);
- IV: całkowicie niezagrożona wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (oceny 9–10).

Biorąc pod uwagę powierzchnie obliczone w tabeli 16, można zauważyć, że powierzchniowo przeważają obszary średnio zagrożone wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (232,2667 km²). Powierzchniowo najmniej jest obszarów całkowicie niezagrożonych, zajmują one tylko 0,1038 km². Z kolei obszar zakwalifikowany do strefy III (umiarkowanie niezagrożonej) zajmuje 67,1241 km². Największe zagrożenie suszą hydrogeologiczną występuje na 12,0853 km² powierzchni zlewni.

Podział obszaru na cztery strefy zagrożenia suszą ma uzasadnienie praktyczne, bowiem możliwe jest miarodajne porównanie otrzymanego wyniku z opracowaniem Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie z 2019 roku (rys. 2). Strefy zagrożenia suszą, otrzymane w rezultacie niniejszej pracy dają dokładniejsze rozpoznanie omawianego zjawiska i pokazują jego zróżnicowanie przestrzenne na mniejszym obszarze. Rezultaty opracowania Wód Polskich, ze względu na duży obszar opracowania i mniej danych wziętych do analizy, dają zbyt zgeneralizowany wynik – cały obszar zlewni sklasyfikowany został jako strefa bardzo zagrożona wystąpieniem suszy hydrogeologicznej. Na mapie w Załączniku nr 3 zauważalne jest, że w otrzymanym wyniku strefa uznana jako średnio zagrożona zajmuje największą powierzchnię. Tylko obszary w pobliżu dolin rzecznych (mniej zagrożone) powodują, że ogólna ocena zlewni pod kątem zagrożenia suszą staje się nieco lepsza. Strefy najmniejszego i największego zagrożenia zajmują na tyle małą powierzchnię, że trudno jest ocenić ich realny wpływ na możliwości odnawiania się zasobów wód podziemnych.

7. Podsumowanie i wnioski

Susza jest aktualnym i coraz bardziej poważnym problemem zarówno w Polsce jak i na całym świecie. Zjawisko niżówki hydrogeologicznej, czyli stanu, kiedy wody podziemne są na zbyt niskim poziomie, stanowi ostatnią wyróżnialną fazę ogólnego pojęcia suszy. Długotrwały deficyt intensywnej infiltracji wód opadowych prowadzi do zmniejszania się zasobów wód podziemnych, a zjawisko to obserwowalne jest coraz częściej. Dodając do tego nieracjonalną eksploatację wód podziemnych i brak działań wspierających ich odnawialność doprowadza się do lokalnych katastrof naturalnych.

Postępujące zmiany klimatyczne będą prowadziły do pogłębiania się problemu suszy. Już teraz, w wielu miejscowościach Polski, podczas długotrwałych okresów bezopadowych występują niedobry wody. Dodatkowo, warto zauważyć, że w Polsce coraz częściej mają miejsce tzw. ekstremalne zjawiska pogodowe. Nieustępująca przez dłuższy czas susza atmosferyczna prowadzi do przesuszania się gruntu, który z kolei staje się słabszym ośrodkiem infiltrującym. Wystąpienie w takiej sytuacji nawalnych i intensywnych deszczy skutkuje tworzeniem się lokalnych podtopień i powodzi błyskawicznych. Takie sytuacje zdarzają się coraz częściej i powodują ogromne straty w gospodarce, szczególnie w sektorze rolnictwa.

Mimo że zjawiska takie jak susza czy powodzie regularnie uderzają w polską gospodarkę, to zdecydowana większość działających przedsiębiorstw nie tylko nie wprowadza działań zapobiegawczych, ale też sama sprzyja tym zjawiskom. Po pierwsze, planowane i realizowane inwestycje nie poświęcają uwagi potrzebie magazynowania wód opadowych oraz umożliwienia odpływu tych wód w głąb ziemi. Po drugie, działalność człowieka zawodzi również w sferze planowania przestrzeni miejskiej. Coraz szybciej rozwijające się aglomeracje miejskie, w których brak jest naturalnych terenów zielonych, powodują znaczne obniżenie możliwości magazynowania i infiltracji wód opadowych. W takich warunkach, woda zamiast wsiąkać w głąb ziemi ulega spływowi do kanalizacji lub parowaniu z betonowych i asfaltowych powierzchni. Co więcej, wiele dużych inwestycji omija w swoich praktykach działania na rzecz ochrony środowiska czy zachowania bioróżnorodności, a także nie przewiduje przyszłych, niekorzystnych zmian, które dana inwestycja wywoła. Przykładowo, nieodpowiedzialne prowadzenie odkrywek górniczych skutkuje powstawaniem lejów depresyjnych, które osiągają rozmiary znacznie większe niż pierwotnie planowane. Prowadzi to do tak znacznego obniżenia się poziomu wód podziemnych, że w promieniu kilkudziesięciu kilometrów od kopalń występują niedobory wody odczuwalne przez gospodarstwa domowe.

Świadomość społeczna o istniejącym zagrożeniu jest bardzo niska. Zdecydowana większość mieszkańców nie zdaje sobie sprawy z tego, że Polska odznacza się jednym z najmniejszych zasobów wód podziemnych w Europie. W niedalekiej przyszłości woda stanie się towarem deficytowym, dlatego niezbędne jest podjęcie natychmiastowych działań polegających na stwarzaniu warunków do efektywnego odnawiania się zasobów wód podziemnych, bowiem proces ten jest bardzo długotrwały.

Opracowanie stworzone przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (2019), pokazujące poziom zagrożenia suszą hydrogeologiczną w skali kraju, daje dobre rozpoznanie do identyfikacji obszarów najbardziej narażonych, które powinny zostać poddane szczegółowej analizie w celu podjęcia działań zapobiegawczych. W opracowaniu tym, południowo-zachodnia część Polski odznacza się najgorszą sytuacją. Obszar zlewni rzeki Białej Łądeckiej oceniony został jako bardzo zagrożony wystąpieniem suszy hydrogeologicznej, dlatego w niniejszej pracy objęto go szczegółową analizą wielokryterialną, która bierze pod uwagę czynniki wpływające na proces infiltracji. Wybrany obszar opracowania charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem biorąc pod uwagę uwzględniane w analizie czynniki.

Największe znacznie w całym procesie przedostawania się wody w głąb ziemi mają uwarunkowania geologiczne. Zlewnia Białej Łądeckiej charakteryzuje się bardzo skomplikowaną budową geologiczną, która wymaga poświęcenia dużej uwagi, żeby zostać prawidłowo zinterpretowana i oceniona pod kątem zdolności infiltracyjnych. Co więcej, jest to obszar górski, na którym występują duże zmiany w ukształtowaniu terenu, co ma również wpływ na sposób jego użytkowania. Największą przeciwnością dla procesu infiltracji jest duże nachylenie terenu, bowiem nawet jeśli na stromych stokach, biorąc pod uwagę inne czynniki, występują warunki sprzyjające infiltracji np. odpowiednie warunki glebowe czy geologiczne, to nie mają one znaczenia, gdyż im większy jest kąt nachylenia danego zbocza, tym szybciej zachodzi spływ powierzchniowy.

Ważną kwestią jest dostrzeżenie pozytywnego wpływu lasów na zdolność zatrzymywania wody i tym samym sprzyjanie infiltracji. Rozwinięte systemy korzeniowe drzew powodują pęknięcie skał i tym samym ułatwiają wsiąkanie wody opadowej i docieranie do strefy wodonośnej. Niemalże cały obszar zlewni, który charakteryzuje się dużym nachyleniem terenu, porośnięty jest przez lasy. Sprawia to, że warunki infiltracyjne ulegają poprawie. Dodatkowo, większe nachylenie terenu występuje na obszarach o większej wysokości nad poziomem morza, z którą to związana jest wysokość opadów atmosferycznych. W tych miejscach średnia roczna suma opadów jest największa, co też ma pozytywny wpływ na ilość wody infiltrującej. Wynik przeprowadzonej analizy pokazuje, że strome i bardzo strome zbocza nie zostały zaklasyfikowane jako obszary najbardziej zagrożone wystąpieniem suszy hydrogeologicznej. Otrzymanie takiego wyniku, ze względu na sposób użytkowania tego terenu i występowanie wysokich opadów, jest w pełni akceptowalne i uzasadnione.

Pomimo występowania niekorzystnych gleb w dolinach rzek i założenia, że istnienie cieków warunkuje obecność utworów nieprzepuszczalnych, obszary najmniej podatne na suszę hydrogeologiczną występują właśnie w dolinach rzecznych. Największy wpływ na całą analizę miało nachylenie terenu, które w tych miejscach najbardziej sprzyja procesowi infiltracji, poprzez ograniczenie do minimum spływu powierzchniowego. Co więcej, przyjęcie do analizy czynnika dotyczącego gęstości lineamentów spowodowało, że dostarczona została informacja o spękaniu skał. Im większa jest gęstość lineamentów, tym większy jest stopień spękania skał.

Oceniając warunki geologiczne założono, że lite skały magmowe i metamorficzne są nieprzepuszczalne. Dzięki dołączeniu informacji o lineamentach uzyskano wiarygodniejsze rezultaty.

Ważne jest, aby zdawać sobie sprawę z tego, że wsiąkająca tuż po wystąpieniu opadów woda nie jest jedynym źródłem zasilania wód podziemnych. Zdecydowanie mniejszą, ale wciąż istotną rolę odgrywają naturalne zbiorniki retencyjne – śródpolne oczka wodne czy stawy, które pomimo tego, że ich dna zbudowane są zazwyczaj z utworów bardzo słabo przepuszczalnych, to – patrząc długoterminowo – są w stanie zasilać zasoby wód podziemnych (infiltracja przebiega bardzo powoli i wynosi nawet od 200 do 300 dni). Z tego powodu bardzo ważne jest poprawianie małej retencji wody w zlewniach oraz rozsądne planowanie przestrzeni, do którego zalicza się projektowanie terenów zielonych wśród zabudowy czy pasów zieleni oddzielających jezdnie i chodniki.

Zastosowana metodyka pokazuje możliwości wykorzystania Systemów Informacji Geograficznej do analiz hydrogeologicznych i rozważań na temat zasobności wód podziemnych. Analiza wielokryterialna, łącząca w sobie wszystkie czynniki warunkujące infiltrację i wykorzystująca oddziaływania między tymi czynnikami stanowi dobrą podstawę do szczegółowej oceny obszarów podatnych na wystąpienie suszy hydrogeologicznej. W przyszłości można stworzyć opracowanie łączące zastosowaną metodykę z tą zaproponowaną przez Wody Polskie. Żeby otrzymać jeszcze bardziej wiarygodne wyniki, należałoby przeprowadzić badania terenowe polegające na sprawdzeniu uwarunkowań lasów położonych na stromych zboczach pod kątem zdolności do zatrzymywania wody. Można byłoby określić dla nich współczynnik zależny od wielkości nachylenia, stanowiący odsetek wód, które ulegają infiltracji względem tych podlegających spływowi powierzchniowemu.

Bibliografia

- 1) Bartnik W., Bonenberg J., Florek J., *Wpływ utraty naturalnej retencji zlewni na charakterystykę morfologiczną zlewni i cieku. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Kraków 2009.
- 2) Blachowski J., Masłowska K., *Wielokryterialna ocena dostępności niezagospodarowanych złóż surowców skalnych metodami AHP i WLC na przykładzie powiatu kłodzkiego*, *Górnictwo Odkrywkowe*, 56, 2015.
- 3) Chenini I., Mammou A., *Groundwater recharge study in arid region: an approach using GIS techniques and numerical modeling*. *Comput. Geosci.* 36, 2010, s. 801–817.
- 4) Chormański J., *Podręcznik dla Uczestników Szkolenia „Wykorzystanie kartograficznych opracowań tematycznych w postaci cyfrowych map hydrograficznych opracowanych w ramach Projektu enviDMS”*. Rozdział 3.: Podstawowe zagadnienia hydrologii. Warszawa 2017.
- 5) Chowdhury A., Jha M.K., Chowdary V.M., Mal B.C., *Integrated remote sensing and GIS-based approach for assessing groundwater potential in West Medinipur district, West Bengal, India*. *Remote Sens.* 30, 2009, s. 231–250.
- 6) Rahmati, O., Samani, A.N., Mahdavi, M., Pourghasemi, H.R. & Zeinivand, H., *Groundwater potential mapping at Kurdistan region of Iran using analytic hierarchy process and GIS*. *Geosci.* 8, 2015, s. 7059–7071.
- 7) Czamara A., *Oddziaływanie wybranych urządzeń melioracyjnych na zasoby wód gruntowych*. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Nr 340, Rozprawy CLVII, Wrocław 1998.
- 8) Czerwiński J., *Sudety – Przewodnik*. Wydawnictwo Kartograficzne Eko-Graf, Wrocław 2018.
- 9) Doke A., *Delineation of the Groundwater Potential Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Ulhas Basin, Maharashtra, India*, *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing*, 2019, Vol. 31(1): 49–64.
- 10) *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. w sprawie ustanowienia ram działalności Wspólnoty w zakresie polityki wodnej*.
- 11) Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., *GIS. Obszary zastosowań*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2007.
- 12) Gurwin J., *Long-term monitoring and GIS based determination of groundwater drought propagation, the Lower Silesia region, SW Poland*. *Episodes* 2014, 37 (3): 172–181.
- 13) Gurwin J., *Możliwości identyfikacji suszy hydrogeologicznej na podstawie monitoringu i modelowania GIS na przykładzie regionu Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego*. *Przegląd Geologiczny*, vol. 63, nr 10/1, 2015.
- 14) Gutry-Korycka M., Sadurski A. Kundzewicz Z.W., Pociask-Karteczka J., Skrzypczyk L., *Zasoby wodne a ich wykorzystanie*. *Nauka* 1/2014, s. 77–98.
- 15) Hisdal H., Tallaksen L.M., *Technical Report Nr 6. Drought Event Definition*, 2000.

- 16) Horska-Schwarz S., Krukowska Szopa I., Ruszlewicz A., Horska M., *Susza czy powódź? Poradnik adaptacji do zmian klimatu poprzez małą retencję i ochronę bioróżnorodności*. Fundacja Ekologiczna „Zielona Akcja”, Legnica 2015.
- 17) Jakubowski W., *Rozkłady prawdopodobieństwa w ocenie suszy hydrologicznej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2011.
- 18) Kaczmarek Z., *Zasoby wodne świata w obliczu zagrożenia*. KOSMOS 42(1), 1993, s. 95–105.
- 19) Kędziora A., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Kundzewicz Z.W., Miler A.T., Pierzgałski E., Tokarczyk T., *Zagrożenia związane z niedoborem wody*. Nauka (1), 2014.
- 20) Kowalczak P., *Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji w dorzeczu Warty*. Wydawnictwo IMGW, Warszawa 2001.
- 21) Kowalczyk A., *Niżówka hydrogeologiczna – przyczyny i skutki*. Technologia Wody, Nr 49:5, 2016.
- 22) Kowalczyk A., *Badanie zależności położenia zwierciadła wód podziemnych od natężenia wtórnego niskoenergetycznego promieniowania kosmicznego*. Przegląd Geologiczny, 65(11/1), 2017.
- 23) Kowalczyk A., Szydło M., Stępińska-Drygała I., Wesołowski P., Bejger M., Gołębiowski M., *Informator PSH. Niżówki hydrogeologiczne w Polsce w latach 1981–2015*. PIG-PIB, Warszawa 2017.
- 24) Kowalski J., *Hydrogeologia z podstawami geologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 1998.
- 25) Kozłowska-Woszczycka A., *Floodplain delineation based on analysis of digital elevation model, soil maps and occurrence of quaternary formations*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 31, 2019.
- 26) Kundzewicz Z.W., *Zmiany klimatu, ich przyczyny i skutki – możliwości przeciwdziałania i adaptacji*, Studia BAS Nr 1(29) 2012, s. 9–30.
- 27) Kundzewicz Z.W., Juda-Rezler K., *Zagrożenia związane ze zmianami klimatu*, NAUKA 4/2010, s. 69–76.
- 28) Lee S., Kim Y.-S., Oh H.-J., *Application of a weights-of-evidence method and GIS to regional groundwater productivity potential mapping*. Environ. Manage. 96, 2012, s. 91–105.
- 29) Lee S., Hyun Y., Lee M., *Groundwater Potential Mapping Using Data Mining Models of Big Data Analysis in Goyang-si, South Korea*. Sustainability 2019, 11.
- 30) Le Treut H., Somerville R., Cubasch U., Ding Y., Mauritzen C., Mokssit A., Peterson T., Prather M., *Historical Overview of Climate Change*. *Climate Change*, Cambridge 2007.
- 31) Lytras M.D., Raghavan V., Damiani E., *Big data and data analytics research: From metaphors to value space for collective wisdom in human decision making and smart machines*. Semant. Web Inf. Syst. 2017, 13, s. 1–10.
- 32) Łabędzki L., *Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. *Woda. Środowisko. Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie*, Wydawnictwo Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, Nr 17, 2006.

- 33) Machiwal D., Jha M.K., Mal B.C., *Assessment of groundwater potential in a semi-arid region of India using remote sensing, GIS and MCDM techniques*. Water Resource Management, 25(5), 2011, s. 1359–1386.
- 34) Magesh N., Chandrasekar N., Soundranayagam J., *Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing, GIS and MIF techniques*. Geosci Front 2012, 3(2), s. 189–196.
- 35) Maidment D.R., *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill Education, 1993.
- 36) Marcinek J., Komisarek J., Bednarek R., Mocek A., Skiba S., Wiatrowska K., *Roczniki Gleboznawcze*. Wydawnictwo Wieś Jutra, Warszawa 2011 .
- 37) Materiały konferencyjne: Susza hydrogeologiczna, Ogólnopolska konferencja „Stop Suszy!”, Opracowanie: Wody Polskie, Warszawa 2019.
- 38) Miler A.T. Stan obecny małej retencji wodnej oraz perspektywy jej rozbudowy na przykładowych terenach leśnych w Wielkopolsce, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, Nr 4/2009, s. 231–237.
- 39) Ministerstwo Ochrony Środowiska, *KLIMADA – Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030*, Warszawa 2013.
- 40) Mioduszewski W., *Ochrona i kształtowanie zasobów rolniczych w małych zlewniach rzecznych. Metodyczne podstawy rozwoju małej retencji*. Mat. Inf. nr 25, Wydawnictwo IMUZ, Falenty 1994.
- 41) Mioduszewski W., *Mała retencja. Poradnik ochrony zasobów wody i środowiska naturalnego*. Wydawnictwo IMUZ, Falenty 2003.
- 42) Ozdemir A., *GIS-based groundwater spring potential mapping in the Sultan Mountains (Konya, Turkey) using frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods and their comparison*. Hydrol. 411, 290–308, 2011.
- 43) Paczyński B., Sadurski A., *Hydrogeologia Regionalna Polski: Tom I*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2007.
- 44) Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, *Opracowanie planu przeciwdziałania skutkom suszy na obszarach dorzeczy, Ogólnopolska konferencja Stop Suszy!*; dostępne online: <https://stopsuszy.pl/konferencja-22-03-2019/> (dostęp: 20.05.2020).
- 45) Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, *STOP SUSZY! 2020, Raport: Od suszy 50-lecia do wzrostu retencji*.
- 46) Pazdro Z., *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1983.
- 47) Pazdro Z., Kozerski B., *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1990.
- 48) Pich J., Płochniewski Z., *Badania stanów charakterystycznych wód podziemnych dla potrzeb szacowania zasobów*. Symposium, Tuczno, 1984, str. 14–24.
- 49) Pleczyński J., *Odnawialność zasobów wód podziemnych*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 198.
- 50) Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych; dostępne online: <https://www.pfozw.org.pl> (dostęp: 15.10.2021).

- 51) Pourghasemi H.R., Beheshtirad M., *Assessment of a data-driven evidential belief function model and GIS for groundwater potential mapping in the Koohrang Watershed, Iran*. *Geocarto Int.* 30, 2015, s. 662–685.
- 52) Pourtaghi Z.S., Pourghasemi, H.R., *GIS-based groundwater spring potential assessment and mapping in the Birjand Township, southern Khorasan Province, Iran*. *Hydrogeol.* 22, 2014, 643–662.
- 53) Pradhan B., *Groundwater potential zonation for basaltic watersheds using satellite remote sensing data and GIS techniques*. *Open Geosci.* 1, 2009, s. 120–129.
- 54) Qadir J., Singh P., *Land use/cover mapping and assessing the impact of solid waste on water quality of Dal Lake catchment using remote sensing and GIS*. *Applied Sciences*, 1(1), 25, 2019.
- 55) Rahmati O., Pourghasemi H.R., Melesse A., *Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran*. *Catena* 137, 2016, s. 360–372.
- 56) Rashid M., Lone M.A., Ahmed S., *Integrating geospatial and ground geophysical information as guidelines for groundwater potential zones in hard rock terrains of south India*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(8), 2012, s. 4829–4839.
- 57) Razandi Y., Pourghasemi H.R., Neisani N.S., Rahmati O., *Application of analytical hierarchy process, frequency ratio, and certainty factor models for groundwater potential mapping using GIS*. *Earth Sci. Informatics* 8, 2015, s. 867–883.
- 58) Sadurski A., Nowicki Z., *Państwowa Służba Hydrogeologiczna w Polsce. Informator*. Państwowy Instytut Geologiczny, Nr 4, 2003.
- 59) Sadurski A., Śmietański L., *Problem zasobów wód podziemnych*. *Przegląd Geologiczny*, Vol. 63, nr 10/2, 2015.
- 60) Shaban A., Khawlie M., Abdallah C., *Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zone: the case of Occidental Lebanon*. *Hydrogeology Journal*, 2006, 14, s. 433–443.
- 61) Soczyńska U., *Hydrologia dynamiczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- 62) Staffa M., *Słownik geografii turystycznej Sudetów, Tom XVII: Góry Złote*. Wydawnictwo I-BIS, Wrocław, 1993.
- 63) Staffa M., *Słownik geografii turystycznej Sudetów, Tom XV: Kotlina Kłodzka i Rów Górnej Nisy*. Wydawnictwo I-BIS, Wrocław, 1994.
- 64) Staffa M., *Słownik geografii turystycznej Sudetów, Tom XVI: Masyw Śnieżnika i Góry Bialskie*. Wydawnictwo PTTK „KRAJ”, Warszawa 1993.
- 65) Staffa M., *Góry polskie w pytaniach i odpowiedziach – Sudety*. Wydawnictwo PTTK „KRAJ”, Warszawa 1993.
- 66) Szarafińska M., Fabisiak L., *Analiza porównawcza metod wielokryterialnych w ocenie audyencji serwisów internetowych, Metody ilościowe w Badaniach Ekonomicznych*, Tom XI/2, 2010, str. 232–241.

- 67) Tarka R., *Zasilanie wód podziemnych w górskich masywach krystalicznych na przykładzie Masywu Śnieżnika w Sudetach. Prace geologiczno-mineralogiczne, LVI*. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław 1997.
- 68) Tarka R., *Hydrologia. Przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych i terenowych*. Wydawnictwo Ocean, Wrocław 1999.
- 69) Tokarczyk T., *Wskaźniki oceny suszy stosowane w Polsce i na świecie. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. Polska Akademia Nauk, Nr 7/2008: s. 167–182.
- 70) Tomaszewski E., *Wieloletnia i sezonowa dynamika niszów w rzekach środkowej Polski*. Wyd. UŁ, Łódź, 2012.
- 71) Waikar M.L., Nilawar Aditya P., *Identification of Groundwater Potential Zone using Remote Sensing and GIS Technique*, vol. 3(5): 2014.
- 72) Woźnicka M., Kowalczyk A., *Jak płyniesz, wodo*. Magazyn Polskiej Akademii Nauk (3/47/2016).

Załączniki

Załącznik nr 1

Pionowe rozmieszczenie warstw glebowych o określonym stopniu przepuszczalności pośredniej

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
1	r	r	r	r	r	r	BMP	5,0358
2	r	r	r	r	sz	r:sz	BMP	0,1464
3	r	r	r	sz	r	r:sz:r	BMP	0,0050
4	r	r	r	sz	sz	r:sz	BMP	1,5887
5	r	r	sz	sz	r	r:sz:r	BMP	0,1727
6	r	r	sz	sz	sz	r:sz	BMP	1,3904
7	r	sz	sz	sz	sz	r-sz	BMP	1,3282
8	sz	sz	sz	r	r	sz:r	BMP	0,3052
9	sz	sz	sz	sz	sz	sz	BMP	1,5398
10	zp	zp	zp	zp	zp	zp	BMP	0,0479
11	r	r	pli	pli	pli	r:pli	BMP-LP	0,2303
12	r	r	plz	plz	plz	r:plz	BMP-LP	0,1827
13	sz	sz	pgl	pgl	pgl	sz:pgl	BMP-SRP	0,0751
14	r	r	r	pli	pli	r:pli	BMP-LP	0,0109
15	r	r	r	plz	plz	r:plz	BMP-LP	0,0262
16	sz	sz	sz	pli	pli	sz:pli	BMP-LP	0,1312
17	sz	sz	sz	plz	plz	sz:plz	BMP-LP	0,1591
18	r	r	r	psp	psp	r:psp	BMP-SRP	0,1537
19	sz	r	r	psp	psp	sz-r:psp	BMP-SRP	0,1799
20	r	r	r	psp	sz	r:psp:sz	BMP-SRP:BMP	0,1238
21	sz	sk	sk	sk	sk	sz-sk	BMP-MN	0,0126
22	r	gsp	gsp	gsp	gsp	r-gsp	BMP-SRN	0,0913
23	r	pglp	pglp	pglp	pglp	r-pglp	BMP-SRP	0,0410
24	gl	gl	gl	gl	gl	gl	LN	0,0012
25	gl	gl	gl	gl	gl	gl	LN	0,2894
26	gl	gl	gl	gl	gl	gl:gl	LN	0,0211
27	glp	glp	glp	gl	gl	glp:gl	LN	0,0418
28	glp	glp	glp	glp	glp	glp	LN	0,5094
29	glp	glp	glp	glp	glp	glp:glp	LN	0,0412
30	glp	glp	glp	glp	glp	glp:glp	LN	0,0571
31	glp	glp	gsp	glp	glp	glp	LN	0,0002
32	glp	glp	glp	glp	glp	glp-glp	LN	0,0001
33	glp	glp	glp	glp	glp	glp-glp	LN	0,2035
34	glp	glp	glp	glp	glp	glp	LN	1,2066
35	gl	gl	r	r	r	gl-r	LN-BMP	0,1292
36	gl	gl	sz	sz	r	gl-sz:r	LN-BMP	0,0095
37	gl	gl	sz	sz	sz	gl-sz	LN-BMP	0,7743
38	gl	gl	z	z	z	gl-z	LN-BMP	0,1227
39	gl	gl	r	r	r	gl-r	LN-BMP	0,0649
40	gl	gl	sz	sz	sz	gl-sz	LN-BMP	0,0708

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
41	gl	gl	z	z	z	gl-z	LN-BMP	0,0127
42	gl	gl	sz	sz	sz	gl-sz	LN-BMP	0,0136
43	glp	gl	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,0590
44	glp	gl	r	r	r	glp-gl-r	LN-BMP	0,0003
45	glp	gl	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,1544
46	glp	gl	r	r	r	glp-gl-r	LN-BMP	0,0092
47	glp	glp	r	r	r	glp-r	LN-BMP	0,6599
48	glp	glp	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	0,1205
49	glp	glp	sz	sz	r	glp-sz-r	LN-BMP	0,0018
50	glp	glp	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	2,2129
51	glp	glp	z	z	z	glp-z	LN-BMP	0,8081
52	glp	glp	zg	zg	zg	glp-zg	LN-BMP	0,0604
53	glp	glp	zp	zp	zp	glp-zp	LN-BMP	0,1585
54	glp	glp	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,1689
55	glp	gl	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,0652
56	glp	gl	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,0406
57	glp	glp	r	r	r	glp-gl-r	LN-BMP	0,0002
58	glp	glp	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	0,0851
59	glp	glp	r	r	r	glp-r	LN-BMP	0,8420
60	glp	glp	sz	sz	r	glp-sz-r	LN-BMP	1,3128
61	glp	glp	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	4,8046
62	glp	glp	z	z	z	glp-z	LN-BMP	0,1618
63	glp	glp	sz	sz	sz	glp-gl-sz	LN-BMP	1,2913
64	glp	glp	r	r	r	glp-r	LN-BMP	0,7777
65	glp	glp	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	3,3643
66	glp	glp	pli	pli	pli	glp-pli	LN-LP	0,0057
67	glp	glp	pli	zg	zg	glp-pli:zg	LN-LP:MP	0,0019
68	gl	gl	gl	gl	gl	gl-gl	LN-MN	0,0544
69	glp	glp	glp	glp	glp	glp-gl-p	LN-MN	0,2027
70	glp	glp	ip	ip	ip	glp-ip	LN-MN	0,0033
71	glp	glp	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,3044
72	glp	gl	sk	sk	sk	glp-gl-sk	LN-MN	0,0038
73	glp	glp	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,2172
74	glp	glp	sk	sk	sk	glp-gl-p-sk	LN-MN	0,0034
75	glp	glp	ip	ip	ip	glp-ip	LN-MN	0,0016
76	glp	glp	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,0244
77	glp	glp	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,5614
78	gl	gl	ps	ps	ps	gl-ps	LN-MP	0,0199
79	glp	glp	pl	pl	pl	glp-pl	LN-MP	1,3025
80	glp	glp	ps	ps	ps	glp-ps	LN-MP	0,8221
81	glp	glp	psp	psp	psp	glp-psp	LN-MP	0,0033
82	glp	glp	zg	zg	zg	glp-gl-p-zg	LN-MP	0,0102
83	glp	glp	pl	pl	pl	glp-pl	LN-MP	0,0291
84	glp	glp	ps	r	r	glp-ps-r	LN-MP:BMP	0,0024
85	glp	glp	psp	sz	sz	glp-psp-sz	LN-MP:BMP	0,0232
86	glp	gl	pgm	sz	sz	glp-gl-pgm-sz	LN-SP:BMP	0,0118
87	glp	glp	pgmp	pglp	pglp	glp-pgmp-pglp	LN-SP:SRP	0,0252

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
88	glp	glp	gs	gs	gs	glp-gs	LN-SRN	0,0886
89	glp	glp	gs	gs	gs	glp-gs	LN-SRN	0,0045
90	glp	glp	gsp	gsp	gsp	glp-gsp	LN-SRN	0,0312
91	glp	glp	gsp	gsp	gsp	glp-gsp	LN-SRN	0,0062
92	glp	glp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,1145
93	glp	glp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0455
94	glp	glp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0885
95	glp	glp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,1957
96	gl	gl	pgl	pgl	pgl	gl-pgl	LN-SRP	0,0083
97	glp	glp	pglp	pglp	pglp	glp-pglp:pglp	LN-SRP	0,1368
98	glp	glp	pgl	pgl	z	glp-pgl:z	LN-SRP:BMP	0,0066
99	glp	glp	pgl	pl	pl	glp-pgl:pl	LN-SRP:MP	0,0067
100	glp	glp	gl	gl	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0491
101	glp	glp	gl	gl	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,2945
102	glp	glp	glp	glp	r	glp:r	LN:BMP	0,2298
103	glp	glp	glp	glp	sz	glp:sz	LN:BMP	0,1284
104	glp	glp	glp	glp	z	glp:z	LN:BMP	0,0081
105	glp	glp	glp	glp	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,1444
106	glp	glp	gl	gl	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,1007
107	glp	glp	glp	glp	sz	glp:sz	LN:BMP	0,6340
108	glp	glp	glp	glp	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0088
109	gl	gl	gl	r	r	gl:r	LN:BDP	0,0582
110	glp	glp	glp	r	r	glp:r	LN:BDP	1,0637
111	glp	glp	glp	r	r	glp:r	LN:BDP	2,5754
112	gl	gl	gl	sz	sz	gl:sz	LN:BMP	0,1508
113	gl	gl	gl	z	z	gl:z	LN:BMP	1,0160
114	gl	gl	gl	sz	sz	gl-gl:sz	LN:BMP	0,0732
115	gl	gl	gl	sk	sk	gl:sz	LN:BMP	0,0131
116	glp	glp	gl	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0879
117	glp	glp	gl	r	r	glp-gl:r	LN:BMP	0,0625
118	glp	glp	glp	sz	sz	glp:sz	LN:BMP	2,2373
119	glp	glp	glp	z	z	glp:z	LN:BMP	0,2270
120	glp	glp	glp	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,1091
121	glp	glp	glp	r	sz	glp-gl:r:sz	LN:BMP	0,0191
122	glp	glp	glp	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0032
123	glp	glp	glp	r	r	glp-gl:r	LN:BMP	1,8705
124	glp	glp	glp	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0640
125	glp	glp	glp	r	r	glp-gl:r	LN:BMP	0,0232
126	glp	gl	gl	r	r	glp-gl:r	LN:BMP	0,0154
127	glp	glp	gl	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,0426
128	glp	glp	glp	sz	sz	glp:sz	LN:BMP	3,7568
129	glp	glp	glp	z	z	glp:z	LN:BMP	0,0487
130	glp	glp	glp	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,3880
131	glp	glp	glp	sz	sz	glp-gl:sz	LN:BMP	0,7781
132	glp	glp	glp	sz	sz	glp:sz	LN:BMP	0,1261
133	glp	glp	glp	sz	glp	glp-gl:sz:glp	LN:BMP:LN	0,0069
134	glp	glp	glp	pli	pli	glp:pli	LN:LP	0,0223

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
135	gl	gl	gl	ip	ip	gl:ip	LN:MN	0,0521
136	glp	glp	glp	gc	gc	glp:gc	LN:MN	0,0739
137	glp	glp	glp	ip	ip	glp:ip	LN:MN	0,0218
138	glp	glp	glp	sk	sk	glp:sk	LN:MN	0,0458
139	gl	gl	gl	pl	pl	gl:pl	LN:MP	0,0037
140	gl	gl	gl	ps	ps	gl:ps	LN:MP	0,1814
141	glp	glp	glp	pl	pl	glp:pl	LN:MP	1,3729
142	glp	glp	glp	ps	ps	glp:ps	LN:MP	0,0807
143	glp	glp	glp	zg	zg	glp:zg	LN:MP	0,0216
144	glp	glp	glp	zg	sz	glp:zg:sz	LN:MP:BMP	0,0039
145	gl	gl	gl	gs	gs	gl:gs	LN:SRN	0,0360
146	glp	glp	glp	gs	gs	glp:gs	LN:SRN	0,2306
147	glp	glp	glp	gs	gs	glp:gs	LN:SRN	0,6025
148	glp	glp	glp	gsp	gsp	glp:gsp	LN:SRN	0,1142
149	glp	glp	glp	gsp	gsp	glp:gsp	LN:SRN	0,2651
150	glp	glp	glp	gsp	gcp	glp:gsp:gcp	LN:SRN:MN	0,1664
151	glp	glp	glp	pgl	pgl	glp:pgl	LN:SRP	0,4455
152	glp	glp	glp	pglp	pglp	glp:pglp	LN:SRP	0,0414
153	glp	glp	glp	pgl	z	glp:pgl:z	LN:SRP:BMP	0,1125
154	gl	sz	sz	sz	sz	gl-sz	LN-BMP	0,0053
155	glp	r	r	sz	sz	glp-r:sz	LN-BMP	0,0955
156	glp	r	sz	sz	r	glp-r:sz:r	LN-BMP	0,0292
157	glp	sz	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	0,3281
158	glp	r	r	r	r	glp-r	LN-BMP	0,6655
159	glp	r	sz	r	r	glp-r:sz:r	LN-BMP	0,0679
160	glp	r	sz	sz	r	glp-r:sz:r	LN-BMP	0,0226
161	glp	sz	r	r	r	glp-sz:r	LN-BMP	0,1027
162	glp	sz	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	3,0512
163	glp	r	r	r	r	glp-r	LN-BMP	2,7972
164	glp	sz	r	r	r	glp-sz:r	LN-BMP	0,0429
165	glp	sz	sz	sz	sz	glp-sz	LN-BMP	0,2817
166	glp	zp	plz	plz	plz	glp-zp-plz	LN-BMP-LP	0,0346
167	glp	zg	pli	zg	zg	glp-zg:pli:zg	LN-BMP-LP:BMP	0,0495
168	glp	sz	sk	sk	sk	glp-sz-sk	LN-BMP-MN	0,0120
169	glp	sz	gcp	sz	sz	glp-sz:gcp:sz	LN-BMP-MN:BMP	0,0032
170	glp	r	pl	pl	pl	glp-r-pl	LN-BMP-MP	0,0020
171	glp	zp	zp	pli	pli	glp-zp:pli	LN-BMP-LP	0,0097
172	glp	pli	pli	pli	pli	glp-pli	LN-LP	0,0045
173	glp	pli	pli	pli	pli	glp-pli	LN-LP	0,5005
174	glp	plz	plz	plz	plz	glp-plz	LN-LP	0,0209
175	glp	pli	r	sz	sz	glp-pli:r:sz	LN-LP-BMP	0,0362
176	glp	pli	r	sz	sz	glp-pli:r:sz	LN-LP-BMP	0,0192
177	glp	plz	r	sz	sz	glp-plz:r:sz	LN-LP-BMP	0,1392
178	glp	pli	pli	glp	glp	glp-pli:glp	LN-LP:LN	0,0501
179	glp	plz	plz	psp	r	glp-plz:psp:r	LN-LP:SRP:BMP	0,1467
180	glp	sk	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,0268
181	glp	sk	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,0202

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
182	glp	sk	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,0282
183	glp	sk	sk	sk	sk	glp-sk	LN-MN	0,4230
184	glp	sk	r	r	r	glp-sk-r	LN-MN-BMP	0,0011
185	glp	sk	r	r	r	glp-sk-r	LN-MN-BMP	0,0138
186	glp	sk	sz	sz	sz	glp-sk-sz	LN-MN-BMP	0,0056
187	glp	sk	pl	pl	pl	glp-sk-pl	LN-MN-MP	0,0021
188	glp	sk	ps	ps	ps	glp-sk-ps	LN-MN-MP	0,0046
189	glp	ip	ip	ip	r	glp-ip-r	LN-MN-BMP	1,1700
190	glp	pl	pl	pl	pl	glp-pl	LN-MP	0,0426
191	glp	gsp	gsp	gsp	gsp	glp-gsp	LN-SRN	0,0095
192	glp	gsp	gsp	gsp	gsp	glp-gsp	LN-SRN	0,0004
193	glp	gs	sz	sz	sz	glp-gs-sz	LN-SRN-BMP	0,1351
194	glp	gsp	sz	sz	sz	glp-gsp-sz	LN-SRN-BMP	0,0502
195	glp	gsp	z	z	z	glp-gsp-z	LN-SRN-BMP	0,0022
196	glp	gs	sz	sz	sz	glp-gs-sz	LN-SRN-BMP	0,2513
197	glp	gsp	sz	sz	sz	glp-gsp-sz	LN-SRN-BMP	0,0016
198	glp	gsp	sz	sz	sz	glp-gsp-sz	LN-SRN-BMP	0,0720
199	glp	gsp	sz	sz	sz	glp-gsp-sz	LN-SRN-BMP	0,3204
200	glp	gsp	gsp	r	r	glp-gsp:r	LN-SRN:BDP	0,0565
201	glp	gsp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0053
202	glp	gsp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0574
203	glp	gsp	gsp	sz	sz	glp-gsp:gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0062
204	glp	gsp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,0362
205	glp	gsp	gsp	sz	sz	glp-gsp:sz	LN-SRN:BMP	0,7269
206	glp	gsp	gsp	ip	ip	glp-gsp:ip	LN-SRN:MN	0,0019
207	glp	gsp	gsp	pl	pl	glp-gsp:pl	LN-SRN:MP	0,0078
208	gl	pgl	pgl	pgl	pgl	gl-pgl	LN-SRP	0,0152
209	pli	pli	pli	pli	pli	pli	LP	2,7153
210	pli	pli	pli	pli	pli	pli:pli	LP	1,0064
211	pli	pli	pli	plz	plz	pli:plz	LP	0,0172
212	pli	pli	pli	plz	plz	pli:plz	LP	0,0765
213	pli	pli	pli	plz	plz	pli:plz	LP	0,0268
214	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli:pli	LP	0,0420
215	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli	LP	1,3491
216	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli:pli	LP	0,0075
217	pli	pli	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,0686
218	pli	pli	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,5061
219	pli	pli	pli	glp	glp	pli-pli:glp	LP	0,3460
220	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli:pli	LP	0,4787
221	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli	LP	2,9717
222	pli	plz	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,0287
223	pli	plz	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,0757
224	pli	plz	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,0673
225	pli	pli	pli	pli	pli	pli-pli	LP	0,0016
226	pli	pli	pli	pli	pli	pli	LP	9,0862
227	pli	pli	pli	plz	plz	pli:plz	LP	0,0358
228	pli	plz	plz	plz	plz	pli-plz	LP	0,0323

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
229	pli	pli	pli	pli	pli	pli·pli·pli	LP	0,0893
230	pli	pli	plz	plz	plz	pli·plz	LP	0,1131
231	plp	plp	plp	plp	plp	plp	LP	0,0799
232	plp	plp	plp	plp	psp	plp:plp:psp	LP	0,8011
233	plz	pli	pli	pli	pli	plz·pli	LP	0,0264
234	plz	plz	plp	plp	plp	plz·plp	LP	0,3788
235	plz	plz	plz	plz	plz	plz	LP	1,1895
236	plz	plz	plz	plz	plz	plz:plz	LP	0,2960
237	plz	plz	plz	plz	plz	plz:plz	LP	0,0025
238	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz·plz	LP	0,0802
239	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz	LP	1,3058
240	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz	LP	0,5249
241	plz	pli	pli	pli	pli	plz·pli	LP	0,0186
242	plz	pli	pli	pli	pli	plz·pli·pli	LP	0,0315
243	plz	pli	pli	pli	pli	plz·pli	LP	0,2354
244	plz	pli	pli	pli	pli	plz·pli	LP	0,0049
245	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz	LP	0,1687
246	plz	plz	pli	pli	pli	plz·plz·pli	LP	0,0387
247	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz·plz	LP	0,1374
248	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz·plz	LP	0,2145
249	plz	plz	plz	plz	plz	plz·plz	LP	2,3985
250	plz	plz	plz	pli	pli	plz:pli	LP	0,0734
251	plz	plz	plz	plz	plz	plz:plz	LP	0,0754
252	plz	plz	plz	plz	plz	plz	LP	0,8917
253	pli	pli	pl	pl	pl	pli·pl	LP·BMP	0,0343
254	pli	pli	r	r	r	pli·r	LP·BMP	0,7744
255	pli	pli	sz	sz	r	pli·sz·r	LP·BMP	0,1275
256	pli	pli	sz	sz	sz	pli·sz	LP·BMP	1,1776
257	pli	pli	z	z	z	pli·z	LP·BMP	0,0001
258	pli	pli	zp	zp	zp	pli·zp	LP·BMP	0,1536
259	pli	pli	r	r	r	pli·pli·r	LP·BMP	0,0584
260	pli	pli	r	r	r	pli·r	LP·BMP	11,9821
261	pli	pli	r	r	sz	pli·r:sz	LP·BMP	0,3947
262	pli	pli	r	sz	sz	pli·r:sz	LP·BMP	1,7046
263	pli	pli	sz	sz	r	pli·sz·r	LP·BMP	0,6716
264	pli	pli	sz	sz	sz	pli·sz	LP·BMP	0,4770
265	pli	pli	sz	zp	r	pli·sz:zp·r	LP·BMP	0,5800
266	pli	pli	zp	zp	r	pli·zp·r	LP·BMP	0,0511
267	pli	plz	r	r	r	pli·plz·r	LP·BMP	0,8105
268	plp	plp	r	r	r	plp·r	LP·BMP	0,1498
269	plz	plp	sz	sz	sz	plz·plp·sz	LP·BMP	0,1571
270	plz	plz	r	r	r	plz·r	LP·BMP	0,7197
271	plz	plz	r	sz	sz	plz·r:sz	LP·BMP	0,0143
272	plz	plz	sz	sz	sz	plz·sz	LP·BMP	0,6946
273	plz	plz	r	r	r	plz·plz·r	LP·BMP	0,9165
274	plz	plz	sz	sz	sz	plz·plz·sz	LP·BMP	1,1245
275	plz	plz	r	r	r	plz·plz·r	LP·BMP	0,3535

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
276	plz	plz	r	r	r	plz-plz-r	LP-BMP	4,7407
277	plz	plz	r	sz	sz	plz-plz-r:sz	LP-BMP	0,4674
278	plz	plz	sz	sz	sz	plz-plz-sz	LP-BMP	0,5289
279	plz	plz	sz	sz	sz	plz-sz	LP-BMP	0,0020
280	pli	pli	r	pli	pli	pli-r:pli	LP-BMP:LP	0,0546
281	plz	pli	r	pli	pli	plz-pli-r:pli	LP-BMP:LP	0,0389
282	plz	plz	r	psp	psp	plz-plz-r:psp	LP-BMP:SRP	0,0294
283	pli	pli	glp	glp	glp	pli-glp	LP-LN	0,0077
284	pli	pli	glp	glp	glp	pli-glp	LP-LN	0,1093
285	pli	pli	gp	gl	gl	pli-glp:gl	LP-LN	0,0076
286	pli	pli	glp	pl	pl	pli-glp:pl	LP-LN:BMP	0,0002
287	pli	pli	glp	r	r	pli-glp:r	LP-LN:BMP	0,0908
288	pli	pli	glp	r	sz	pli-glp:r:sz	LP-LN:BMP	0,0340
289	pli	pli	glp	gsp	sz	pli-glp:gsp:sz	LP-LN:SRN:BMP	0,1590
290	pli	pli	ip	ip	ip	pli-ip	LP-MN	1,3299
291	pli	plz	sk	sk	sk	pli-plz-sk	LP-MN	0,0141
292	pli	pli	zg	zg	zg	pli-zg	LP-MP	0,0440
293	plz	plz	ps	ps	ps	plz-ps	LP-MP	0,0643
294	plz	plz	pl	pgl	sz	plz-plz-pl:pgl:sz	LP-MP:SRP:BMP	0,2956
295	plz	plz	pgm	pgm	pgm	plz-pgm	LP-SP	0,0240
296	plz	plz	pgmp	pgmp	pgmp	plz-pgmp	LP-SP	0,0237
297	pli	pli	pgm	ps	ps	pli-pgm:ps	LP-SP:MP	0,0076
298	pli	pli	gsp	gsp	gsp	pli-gsp	LP-SRN	0,0063
299	pli	pli	gsp	gsp	gsp	pli-gsp:gsp	LP-SRN	0,0251
300	pli	pli	gsp	gsp	gsp	pli-gsp	LP-SRN	0,0097
301	pli	pli	gsp	r	r	pli-gsp:r	LP-SRN:BMP	0,0072
302	pli	pli	gsp	sz	sz	pli-gsp:sz	LP-SRN:BMP	0,0121
303	pli	pli	gsp	r	r	pli-gsp:r	LP-SRN:BMP	0,1966
304	plz	plz	psp	psp	psp	plz-psp	LP-SRP	0,0852
305	pli	pli	psp	r	r	pli-pli-psp:r	LP-SRP:BMP	0,9099
306	pli	pli	pli	pli	r	pli:r	LP:BMP	0,0473
307	pli	pli	pli	pli	sz	pli:sz	LP:BMP	0,1221
308	pli	pli	pli	pli	sz	pli-pli:sz	LP:BMP	0,4785
309	pli	pli	pli	pli	r	pli-pli-pli:r	LP:BMP	0,0190
310	pli	pli	pli	pli	sz	pli-pli-pli:sz	LP:BMP	0,0358
311	pli	pli	pli	pli	r	pli:r	LP:BMP	0,3809
312	pli	pli	pli	pli	sz	pli:sz	LP:BMP	0,6312
313	plz	plz	plz	plz	sz	plz:sz	LP:BMP	0,0370
314	plz	plz	plz	plz	zp	plz:zp	LP:BMP	0,1430
315	plz	plz	plz	plz	r	plz-plz:r	LP:BMP	0,0394
316	plz	plz	plz	plz	sz	plz-plz:sz	LP:BMP	0,8376
317	pli	pli	pli	pli	psp	pli-pli:psp	LP:SRP	0,0382
318	pli	pli	pli	pli	pglp	pli:pglp	LP:SRP	0,7910
319	pli	pli	pli	pli	psp	pli:psp	LP:SRP	0,2580
320	plz	plz	plz	plz	pglp	plz-plz:pglp	LP:SRP	0,0471
321	pli	pli	pli	r	r	pli:r	LP:BMP	0,8907
322	pli	pli	pli	r	sz	pli:r:sz	LP:BMP	0,1021

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
323	pli	pli	pli	sz	sz	pli:sz	LP:BMP	0,2117
324	pli	pli	pli	zp	zp	pli:zp	LP:BMP	0,0035
325	pli	pli	pli	r	r	pli-pli:r	LP:BMP	1,6633
326	pli	pli	plz	zp	zp	pli-plz:zp	LP:BMP	0,1122
327	pli	pli	pli	r	r	pli-pli:r	LP:BMP	4,4166
328	pli	pli	pli	sz	sz	pli-pli:sz	LP:BMP	0,8050
329	pli	pli	pli	sz	sz	pli-pli-pli:sz	LP:BMP	0,0507
330	pli	pli	pli	r	r	pli:r	LP:BMP	4,3324
331	pli	pli	pli	r	sz	pli:r:sz	LP:BMP	0,1590
332	pli	pli	pli	sz	sz	pli:sz	LP:BMP	0,2775
333	pli	pli	pli	zp	r	pli:zp:r	LP:BMP	0,0609
334	pli	pli	plz	sz	sz	pli-plz:sz	LP:BMP	0,0528
335	plp	plp	plp	r	sz	plp:r:sz	LP:BMP	0,4825
336	plz	pli	pli	sz	sz	plz-pli:sz	LP:BMP	0,3928
337	plz	plp	plp	r	r	plz-plp:r	LP:BMP	0,2209
338	plz	plp	plp	r	sz	plz-plp:r:sz	LP:BMP	0,7348
339	plz	plz	pli	sz	sz	plz-pli:sz	LP:BMP	0,4656
340	plz	plz	plz	r	r	plz:r	LP:BMP	0,9960
341	plz	plz	plz	sz	sz	plz:sz	LP:BMP	0,0842
342	plz	plz	plz	zp	zp	plz:zp	LP:BMP	0,0426
343	plz	plz	plz	r	r	plz-plz:r	LP:BMP	1,0653
344	plz	plz	plz	sz	sz	plz-plz:sz	LP:BMP	0,0350
345	plz	plz	plz	r	r	plz-plz:r	LP:BMP	2,2737
346	plz	pli	pli	sz	sz	plz-pli:sz	LP:BMP	0,5196
347	plz	pli	pli	r	r	plz-pli:r	LP:BMP	0,3584
348	plz	plz	plz	r	r	plz-plz:r	LP:BMP	4,3903
349	plz	plz	plz	r	sz	plz-plz:r:sz	LP:BMP	0,8173
350	plz	plz	plz	sz	sz	plz-plz:sz	LP:BMP	0,0100
351	plz	plz	plz	r	r	plz:r	LP:BMP	0,0787
352	plz	plz	plz	r	plz	plz:r:plz	LP:BMP:LP	0,6443
353	pli	pli	pli	glp	glp	pli:glp	LP:LN	0,2100
354	pli	pli	pli	glp	glp	pli-pli:glp	LP:LN	0,0508
355	pli	pli	pli	glp	glp	pli:glp	LP:LN	0,4127
356	pli	pli	pli	glp	glp	pli:glp	LP:LN	0,0646
357	pli	pli	pli	gcp	gcp	pli:gcp	LP:MN	0,0333
358	pli	pli	pli	pl	pl	pli:pl	LP:MP	0,0317
359	pli	pli	pli	zg	zg	pli:zg	LP:MP	0,0056
360	plz	plz	plz	ps	ps	plz:ps	LP:MP	0,0511
361	pli	pli	pli	pgmp	pgmp	pli-pli:pgmp	LP:SP	0,1323
362	plz	plz	plz	pgmp	pgmp	plz-plz:pgmp	LP:SP	0,0944
363	plz	plz	plz	gsp	gsp	plz-plz:gsp	LP:SRN	0,0093
364	pli	pli	pli	gsp	glp	pli:gsp:glp	LP:SRN:LN	0,1458
365	pli	pli	pli	pgl	pgl	pli:pgl	LP:SRP	0,0677
366	pli	r	r	r	r	pli-r	LP-BMP	0,2831
367	pli	r	sz	sz	r	pli-r:sz:r	LP-BMP	0,7300
368	pli	r	sz	sz	sz	pli-r:sz	LP-BMP	0,0316
369	pli	sz	sz	r	r	pli-sz:r	LP-BMP	0,1581

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
370	pli	sz	r	sz	sz	pli-sz-r:sz	LP-BMP	0,0101
371	pli	sz	sz	sz	sz	pli-sz	LP-BMP	0,5268
372	pli	zp	zp	zp	zp	pli-zp	LP-BMP	0,2518
373	pli	r	r	r	r	pli-r	LP-BMP	1,3974
374	pli	r	r	sz	sz	pli-r:sz	LP-BMP	0,3198
375	pli	r	sz	sz	sz	pli-r-sz	LP-BMP	0,1087
376	pli	r	r	r	r	pli-r	LP-BMP	0,1087
377	plz	r	r	r	r	plz-r	LP-BMP	0,5254
378	plz	r	r	r	sz	plz-r:sz	LP-BMP	1,3229
379	plz	r	r	sz	sz	plz-r:sz	LP-BMP	1,0422
380	plz	r	sz	sz	r	plz-r:sz:r	LP-BMP	0,1501
381	plz	r	sz	sz	sz	plz-r-sz	LP-BMP	0,0337
382	plz	sz	sz	sz	sz	plz-sz	LP-BMP	0,0149
383	plz	r	r	r	r	plz-r	LP-BMP	0,9912
384	plz	r	r	sz	sz	plz-r:sz	LP-BMP	0,4945
385	plz	r	sz	sz	sz	plz-r-sz	LP-BMP	0,2303
386	plz	sz	sz	sz	sz	plz-sz	LP-BMP	0,6616
387	pli	r	pli	pli	pli	pli-r-pli	LP-BMP-LP	0,1064
388	pli	sz	sk	sk	sk	pli-sz-sk	LP-BMP-MN	0,0127
389	pli	r	gsp	gsp	gsp	pli-r-gsp	LP-BMP-SRN	0,6279
390	pli	r	sz	glp	glp	pli-r-sz:glp	LP-BMP-LN	0,1127
391	pli	r	r	pli	pli	pli-r:pli	LP-BMP-LP	0,1010
392	pli	r	r	plz	plz	pli-r:plz	LP-BMP-LP	0,2009
393	plz	r	r	plz	plz	plz-r:plz	LP-BMP-LP	0,2774
394	plz	r	r	plz	plz	plz-r:plz	LP-BMP-LP	0,0772
395	pli	gl	gp	gl	gl	pli-gl	LP-LN	0,0070
396	pli	glp	glp	glp	glp	pli-glp	LP-LN	0,0915
397	pli	glp	glp	glp	glp	pli-glp	LP-LN	0,0003
398	pli	glp	glp	glp	glp	pli-glp	LP-LN	0,0530
399	plz	glp	glp	glp	glp	plz-glp:glp	LP-LN	0,0447
400	plz	glp	glp	glp	glp	plz-glp	LP-LN	0,0105
401	pli	glp	r	sz	sz	pli-glp:r:sz	LP-LN-BMP	0,0082
402	plz	glp	glp	glp	sz	plz-glp:sz	LP-LN: BMP	0,2666
403	pli	glp	glp	r	r	pli-glp:r	LP-LN: BMP	0,1695
404	pli	glp	glp	sz	sz	pli-glp:sz	LP-LN: BMP	0,2520
405	plz	glp	glp	plz	plz	plz-glp:plz	LP-LN: LP	0,2636
406	pli	glp	glp	gs	gs	pli-glp:gs	LP-LN: SRN	0,3092
407	pli	glp	glp	pglp	pglp	pli-glp:pglp	LP-LN: SRP	0,1508
408	pli	glp	glp	pglp	pglp	pli-glp:pglp	LP-LN: SRP	0,0617
409	plz	glp	glp	pglp	pglp	plz-glp:pglp	LP-LN: SRP	0,9500
410	plz	gcp	sz	sz	sz	plz-gcp:sz	LP-MN-BMP	0,0970
411	pli	zg	zg	zg	zg	pli-zg	LP-MP	0,0008
412	pli	pgm	pgm	pgm	pgm	pli-pgm	LP-SP	0,0233
413	plz	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	plz-pgmp-pgmp:pgmp	LP-SP	0,3989
414	plz	pgmp	r	sz	sz	plz-pgmp:r:sz	LP-SP-BMP	0,3690
415	pli	pgmp	pgmp	r	r	pli-pgmp-pgmp:r	LP-SP: BMP	0,0444
416	pli	gs	gs	gs	gs	pli-gs	LP-SRN	0,0280

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
417	pli	gsp	gsp	gsp	gsp	pli-gsp	LP-SRN	0,0000
418	pli	gsp	gsp	gsp	gsp	pli-gsp:gsp	LP-SRN	0,0092
419	pli	gsp	gsp	gsp	gsp	pli-gsp	LP-SRN	0,1918
420	pli	gsp	sz	sz	r	pli-gsp:sz:r	LP-SRN-BMP	0,0248
421	pli	gsp	gcp	gcp	gcp	pli-gsp:gcp	LP-SRN-MN	0,0036
422	pli	gsp	gsp	gsp	r	pli-gsp:r	LP-SRN:BMP	0,1263
423	pli	gsp	gsp	r	r	pli-gsp:r	LP-SRN:BMP	0,0467
424	pli	gsp	gsp	sz	sz	pli-gsp:sz	LP-SRN:BMP	0,0176
425	plz	pglp	pglp	pglp	pglp	plz-pglp	LP-SRP	0,4251
426	plz	psp	psp	psp	psp	plz-ppsp:psp	LP-SRP	0,0135
427	plz	psp	psp	psp	psp	plz-ppsp:psp	LP-SRP	0,2382
428	plz	psp	r	plz	plz	plz-ppsp:r:plz	LP-SRP-BMP:LP	0,4444
429	plz	pglp	glp	sz	sz	plz-pglp:glp:sz	LP-SRP:LN:BMP	0,3673
430	plz	psp	psp	r	r	plz-ppsp:r	LP-SRP:BMP	0,1191
431	plp	psp	pglp	sz	pglp	plp-ppsp:pglp:sz:pglp	LP-SRP:BMP:SRP	0,0802
432	plz	pglp	pglp	plz	plz	plz-pglp:plz:plz	LP-SRP:LP	0,0189
433	plz	psp	psp	plz	plz	plz-ppsp:plz	LP-SRP:LP	0,1305
434	gc	gc	gc	gs	gs	gc	MN	0,4708
435	gcp	gcp	gcp	gcp	gcp	gcp	MN	1,2160
436	gcp	gcp	gs	gs	gs	gcp-gc	MN	0,0198
437	gcp	gcp	ip	ip	ip	gcp-ip	MN	0,2231
438	ip	ip	ip	gc	gc	ip:gc	MN	0,7777
439	ip	ip	ip	gcp	gcp	ip:gcp	MN	0,1333
440	ip	ip	ip	ip	ip	ip	MN	0,6739
441	sk	sk	sk	sk	sk	sk	MN	0,4637
442	sk	sk	sk	sk	sk	sk	MN	0,2525
443	gcp	gcp	r	r	r	gcp-r	MN-BMP	0,0124
444	gcp	gcp	sz	sz	r	gcp:sz:r	MN-BMP	0,0168
445	gcp	gcp	sz	sz	sz	gcp:sz	MN-BMP	0,0393
446	gcp	gcp	r	r	r	gcp-r	MN-BMP	0,1751
447	gcp	gcp	sz	sz	r	gcp:sz:r	MN-BMP	0,0147
448	ip	ip	sz	sz	sz	ip:sz	MN-BMP	0,1411
449	sk	sk	r	sk	sk	sk:r:sk	MN-BMP:MN	0,0020
450	gcp	gcp	glp	sz	sz	gcp:glp:sz	MN-LN:BMP	0,0333
451	gcp	gcp	gsp	gsp	gsp	gcp:gsp	MN-SN	0,0041
452	gcp	gcp	pgm	pgm	pl	gcp:pgm:pl	MN-SP:MP	0,0216
453	ip	ip	ip	ip	r	ip:r	MN:BMP	0,0772
454	gcp	gcp	gcp	sz	sz	gcp:sz	MN:BMP	0,0717
455	i	i	i	pli	pli	i:pli	MN:LP	0,0105
456	ip	ip	ip	gs	gs	ip:gs	MN-SRN	0,1196
457	gcp	sz	sz	sz	sz	gcp-sz	MN-BMP	0,0050
458	gcp	glp	r	r	r	gcp-glp:r	MN-LN-BMP	0,0002
459	gcp	glp	glp	r	r	gcp-glp:r	MN-LN:BMP	0,1905
460	gcp	gsp	gsp	gsp	gsp	gcp:gsp	MN-SN	0,0001
461	gcp	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	gcp-pgmp	MN-SP	0,0042
462	pl	pl	ps	ps	ps	pl:ps	MP	0,0574
463	ps	ps	pl	pl	pl	ps-pl	MP	0,0193

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
464	zg	zg	zg	zg	zg	zg	MP	0,1640
465	ps	ps	z	z	z	ps-z	MP-BMP	0,2617
466	ps	ps	ps	z	z	ps:z	MP:BMP	0,0936
467	pl	pl	pl	r	psp	pl-pl:r:psp	MP:BMP:SRP	0,0392
468	ps	ps	ps	psp	sz	ps-ps:psp:sz	MP:SRP:BMP	0,0563
469	ps	pli	pli	pli	pli	ps-pli	MP-LP	0,0596
470	mt/tm	mt/tm	mt/tm	mt/tm	mt/tm	mt/tm	SRP	0,0543
471	m	m	r	r	r	m-r	SRP-BMP	0,0600
472	m	m	sz	sz	sz	m-sz	SRP-BMP	0,0075
473	m	m	zp	zp	zp	m-zp	SRP-BMP	0,0829
474	m	m	gp	gl	gl	m-glp:gl	SRP-LN	0,0298
475	m	m	glp	sz	sz	m-glp:sz	SRP-LN:BMP	0,0075
476	m	m	glp	pli	pli	m-glp:pli	SRP-LN:LP	0,0650
477	m	m	pli	pli	pli	m-pli	SRP-LP	0,0059
478	m	m	plz	plz	plz	m-plz	SRP-LP	0,0847
479	m	m	psp	psp	psp	m-psp	SRP-MP	0,3076
480	m	m	psp	psp	psp	m-psp	SRP-MP	0,0183
481	m	m	ps	ps	sz	m-ps:ps:sz	SRP-MP:BMP	0,0081
482	m	m	gsp	gsp	gsp	m-gsp	SRP-SN	0,0592
483	m	m	pgmp	pgmp	pgmp	m-pgmp:pgmp	SRP-SP	0,0216
484	m	m	pgm	sz	pgm	m-pgm:sz:pgm	SRP-SP:BMP:SP	0,0075
485	m	m	pgl	pgl	pgl	m-pgl	SRP-SRP	0,0156
486	m	m	pglp	pglp	pglp	m-pglp	SRP	0,1726
487	m	m	m	m	psp	m:psp	SRP	0,0051
488	m	m	m	sz	sz	m:sz	SRP:BMP	0,0071
489	m	m	m	z	z	m:z	SRP:BMP	0,0451
490	m	m	m	z	pglp	m:z:pglp	SRP:BMP:SRP	0,0283
491	m	m	m	glp	glp	m:glp	SRP-LN	0,0117
492	m	m	m	pgm	pgm	m:pgm	SRP:SP	0,0127
493	m	r	r	r	r	m-r	SRP-BMP	0,0281
494	m	zp	zp	zp	zp	m-zp	SRP-BMP	0,0107
495	m	glp	glp	glp	glp	m-glp	SRP-LN	0,1398
496	m	glp	sz	sz	r	m-glp:sz:r	SRP-LN-BMP	0,0155
497	m	glp	sz	sz	sz	m-glp:sz	SRP-LN-BMP	0,0776
498	m	glp	glp	glp	sz	m-glp:sz	SRP-LN:BMP	0,0828
499	m	pli	pli	pli	pli	m-pli	SRP-LP	0,1365
500	m	pli	r	r	r	m-pli:r	SRP-LP-BMP	0,0589
501	m	plz	plz	r	r	m-plz:r	SRP-LP:BMP	0,0215
502	m	gcp	gcp	gcp	gcp	m-gcp	SRP-MN	0,0292
503	m	i	plz	plz	plz	m-i-plz	SRP-MN-LP	0,0154
504	m	ps	ps	ps	ps	m-ps	SRP-MP	0,3874
505	m	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	m-pgmp	SRP-SP	0,0273
506	m	gs	gs	gs	gs	m-gs	SRP-SRN	0,0195
507	m	gsp	gsp	gsp	gsp	m-gsp:gsp	SRP-SRN	0,0100
508	m	gsp	sz	sz	r	m-gsp:sz:r	SRP-SRN-BMP	0,1496
509	gsp	glp	glp	glp	glp	gsp-glp:glp	SN-LN	0,0059
510	pgm	pgm	pgm	pgm	pgm	pgm	SP	0,1295

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
511	pgm	pgm	pgm	pgm	pgm	pgm·pgm	SP	0,8401
512	pgm	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	pgm-pgmp	SP	0,1799
513	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	SP	0,0083
514	pgm	pgm	pl	pl	pl	pgm-pl	SP-BMP	0,2663
515	pgm	pgm	r	r	r	pgm·r	SP-BMP	0,0200
516	pgm	pgm	sz	sz	r	pgm·sz·r	SP-BMP	0,0393
517	pgm	pgm	z	z	z	pgm·z	SP-BMP	0,0434
518	pgmp	pgmp	r	r	r	pgmp·r	SP-BMP	0,7798
519	pgmp	pgmp	sz	sz	sz	pgmp·sz	SP-BMP	0,0113
520	pgmp	pgmp	r	r	r	pgmp·r	SP-BMP	0,0541
521	pgm	pgm	pli	pli	pli	pgm·pli	SP-LP	0,0001
522	pgmp	pgmp	plz	plz	plz	pgmp·plz	SP-LP	0,0089
523	pgm	pgm	plz	sz	sz	pgm·plz:sz	SP-LP:BMP	0,1454
524	pgmp	pgmp	plz	r	r	pgmp·plz:r	SP-LP:BMP	0,0858
525	pgmp	pgmp	plz	sz	sz	pgmp·plz:sz	SP-LP:BMP	0,1989
526	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	sz	pgmp- -pgmp·pgmp:pgmp·sz	SP·BMP	0,0261
527	pgmp	pgmp	pgmp	sz	sz	pgmp:sz	SP:BMP	0,0103
528	pgmp	pgmp	pgmp	r	r	pgmp-pgmp·pgmp:r	SP:BMP	0,0933
529	pgmp	pgmp	pgmp	r	r	pgmp-pgmp:r	SP:BMP	0,0189
530	pgm	pgm	pgm	glp	glp	pgm·glp	SP:LN	0,0058
531	pgmp	pgmp	pgmp	plz	plz	pgmp·plz	SP:LP	0,0475
532	pgmp	pgmp	pgmp	pli	pli	pgmp·pgmp:pli	SP:LP	0,0261
533	pgmp	pgmp	pgmp	pli	sz	pgmp-pgmp:pli·sz	SP:LP·BMP	0,1358
534	pgm	pgm	pgm	ps	ps	pgm:ps	SP:MP	0,1885
535	pgm	r	r	r	sz	pgm·r·sz	SP-BMP	0,0911
536	pgm	r	r	sz	sz	pgm·r:sz	SP-BMP	0,0946
537	pgm	r	r	r	r	pgm·r	SP-BMP	0,1058
538	pgm	r	sz	sz	r	pgm·r·sz·r	SP-BMP	0,0288
539	pgmp	r	r	r	r	pgmp·r	SP-BMP	0,2430
540	pgmp	r	r	sz	sz	pgmp·r:sz	SP-BMP	0,4229
541	pgmp	sz	sz	sz	sz	pgmp·sz	SP-BMP	0,0084
542	pgmp	r	r	r	r	pgmp·r	SP-BMP	0,0078
543	pgmp	sz	sz	sz	sz	pgmp·sz	SP-BMP	0,1763
544	pgmp	r	r	glp	glp	pgmp·r:glp	SP-BMP:LN	0,0631
545	pgmp	r	r	plz	plz	pgmp·r:plz	SP-BMP:LP	0,9994
546	pgm	glp	glp	glp	glp	pgm·glp	SP-LN	0,0365
547	pgm	gl	gp	r	r	pgm·gl:r	SP-LN:BMP	0,0868
548	pgm	pli	pli	pli	pli	pgm·pli	SP-LP	0,0246
549	pgm	plz	plz	plz	plz	pgm·plz:plz	SP-LP	0,8872
550	pgm	plz	plz	plz	plz	pgm·plz	SP-LP	0,1877
551	pgm	plz	plz	plz	plz	pgm·plz	SP-LP	0,1640
552	pgm	plz	plz	plz	plz	pgm·plz:plz	SP-LP	0,2699
553	pgmp	pli	pli	pli	pli	pgmp·pli	SP-LP	0,0842
554	pgmp	pli	pli	pli	pli	pgmp·pli	SP-LP	0,1788
555	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp·plz	SP-LP	0,0163
556	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp·plz·plz	SP-LP	0,1019

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
557	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp-plz:plz	SP-LP	0,3033
558	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp-plz	SP-LP	0,6284
559	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp-plz	SP-LP	0,2277
560	pgmp	plz	plz	pli	pli	pgmp-plz:pli	SP-LP	0,0084
561	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp-plz:plz	SP-LP	0,1506
562	pgmp	plz	plz	plz	plz	pgmp-plz	SP-LP	0,0044
563	pgm	pli	r	r	r	pgm-pli:r	SP-LP-BMP	0,0852
564	pgm	plz	r	r	r	pgm-plz:r	SP-LP-BMP	0,1693
565	pgmp	pli	r	r	r	pgmp-pli:r	SP-LP-BMP	0,0131
566	pgmp	pli	sz	sz	r	pgmp-pli-sz:r	SP-LP-BMP	0,0377
567	pgmp	plz	r	r	r	pgmp-plz:r	SP-LP-BMP	0,2705
568	pgmp	plz	r	r	r	pgmp-plz:r	SP-LP-BMP	0,3437
569	pgm	pli	glp	glp	glp	pgm-pli:glp:glp	SP-LP-LN	0,0008
570	pgmp	pli	gsp	gsp	gsp	pgmp-pli:gsp	SP-LP-SRN	0,1205
571	pgm	plz	plz	r	r	pgm-plz:r	SP-LP-BMP	0,0771
572	pgm	pli	pli	sz	sz	pgm-pli:sz	SP-LP-BMP	0,0097
573	pgm	plz	plz	r	r	pgm-plz:r	SP-LP-BMP	0,9545
574	pgm	plz	plz	sz	sz	pgm-plz:sz	SP-LP-BMP	0,2185
575	pgmp	pli	pli	r	r	pgmp-pli:r	SP-LP-BMP	0,5840
576	pgmp	pli	pli	sz	sz	pgmp-pli:sz	SP-LP-BMP	0,1779
577	pgmp	plz	plz	r	r	pgmp-plz:r	SP-LP-BMP	0,3470
578	pgmp	plz	plz	sz	sz	pgmp-plz:sz	SP-LP-BMP	0,0379
579	pgmp	pli	pli	r	r	pgmp-pli:r	SP-LP-BMP	0,0468
580	pgmp	plp	plp	r	r	pgmp-pli:r	SP-LP-BMP	0,2693
581	pgm	sk	sk	sk	sk	pgm-sk	SP-MN	0,0011
582	pgm	sk	sk	sk	sk	pgm-sk	SP-MN	0,0013
583	pgm	ps	sz	sz	sz	pgm-ps-sz	SP-MP-BMP	0,0219
584	pgmp	gsp	gsp	gsp	gsp	pgmp-gsp	SP-SRN	0,0879
585	pgmp	gsp	gsp	gsp	gsp	pgmp-gsp	SP-SRN	0,0199
586	gs	gs	gs	gs	gs	gs	SRN	0,5020
587	gs	gs	gs	gs	gs	gs:gs	SRN	0,0043
588	gs	gs	gs	gs	gs	gs:gs	SRN	0,1750
589	gs	gs	gs	gsp	gsp	gs:gsp	SRN	0,1242
590	gs	gs	gs	gs	gs	gs:gs	SRN	0,0723
591	gs	gs	gsp	gsp	gsp	gs:gsp	SRN	0,1568
592	gs	gs	gs	gs	gs	gs	SRN	0,0082
593	gs	gs	gs	gs	gs	gs:gs	SRN	0,1853
594	gsp	gsp	gs	gs	gs	gsp:gs	SRN	0,0156
595	gsp	gsp	gs	gs	gs	gsp:gs	SRN	0,3616
596	gsp	gsp	gs	gs	gs	gsp:gs	SRN	0,1442
597	gsp	gsp	gs	gs	gsp	gsp:gs:gsp	SRN	0,0010
598	gsp	gsp	gsp	gs	gs	gsp:gs	SRN	0,3030
599	gsp	gsp	gsp	gs	gs	gsp:gs	SRN	0,2205
600	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	SRN	10,9721
601	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp:gsp	SRN	0,0171
602	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp:gsp	SRN	0,1515
603	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp:gsp	SRN	0,0209

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
604	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp-gsp	SRN	0,8149
605	gsp	gs	gs	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0592
606	gsp	gs	gs	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0304
607	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp-gsp	SRN	0,0002
608	gsp	gsp	gs	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0151
609	gsp	gsp	gs	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0553
610	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp-gsp	SRN	0,0219
611	gsp	gsp	gsp	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0742
612	gsp	gsp	gsp	gs	gs	gsp-gs	SRN	0,0330
613	gsp	gsp	gsp	gs	gs	gsp-gs	SRN	1,2516
614	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	gsp	SRN	3,3821
615	gsp	gsp	gs	gs	gsp	gsp-gs-gsp	SRN	0,0853
616	gs	gs	sz	sz	sz	gs-sz	SRN-BMP	0,0543
617	gs	gs	z	z	z	gs-z	SRN-BMP	0,0443
618	gs	gs	r	r	r	gs-r	SRN-BMP	0,0534
619	gs	gs	sz	sz	sz	gs-sz	SRN-BMP	0,0477
620	gs	gs	z	z	z	gs-z	SRN-BMP	0,0895
621	gs	gs	sz	sz	sz	gs-sz	SRN-BMP	0,0406
622	gsp	gs	sz	sz	sz	gsp-gs-sz	SRN-BMP	0,0189
623	gsp	gsp	pl	pl	pl	gsp-pl	SRN-BMP	0,0067
624	gsp	gsp	r	r	r	gsp-r	SRN-BMP	1,0217
625	gsp	gsp	sz	sz	r	gsp-sz-r	SRN-BMP	0,0475
626	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	1,3030
627	gsp	gsp	z	z	z	gsp-z	SRN-BMP	0,4468
628	gsp	gsp	r	r	r	gsp-gsp-r	SRN-BMP	0,0080
629	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-gsp-sz	SRN-BMP	0,0061
630	gsp	gsp	r	r	r	gsp-gsp-r	SRN-BMP	0,0006
631	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-gsp-sz	SRN-BMP	0,0713
632	gsp	gsp	r	r	r	gsp-r	SRN-BMP	1,3726
633	gsp	gsp	sz	r	r	gsp-sz:r	SRN-BMP	0,0172
634	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	9,6964
635	gsp	gsp	z	z	z	gsp-z	SRN-BMP	0,0520
636	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-gsp-sz	SRN-BMP	1,2013
637	gsp	gsp	r	r	r	gsp-r	SRN-BMP	0,2369
638	gsp	gsp	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	0,2814
639	gs	gs	sz	sk	sk	gs-sz:sk	SRN-BMP:	0,1011
640	gsp	gsp	sz	sk	sk	gsp-sz:sk	SRN-BMP:MN	0,0679
641	gs	gs	gl	gl	gl	gs-gl	SRN-LN	0,0020
642	gsp	gsp	glp	glp	glp	gsp-glp	SRN-LN	0,0194
643	gs	gs	gl	gl	z	gs-gl-z	SRN-LN:BMP	0,0353
644	gsp	gsp	gl	gl	sz	gsp-gl-sz	SRN-LN:BMP	0,0977
645	gs	gs	gl	z	z	gs-gl:z	SRN-LN:BMP	0,1002
646	gs	gs	gl	sz	sz	gs-gl:sz	SRN-LN:BMP	0,1911
647	gs	gs	gl	sz	sz	gs-gl:sz	SRN-LN:BMP	0,2526
648	gs	gs	gl	sz	sz	gs-gl:sz	SRN-LN:BMP	0,1096
649	gsp	gsp	glp	z	z	gsp-glp:z	SRN-LN:BMP	0,3119
650	gsp	gsp	glp	r	r	gsp-glp:r	SRN-LN:BMP	0,0038

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
651	gsp	gsp	gl	r	r	gsp-gl:r	SRN-LN:BMP	0,0529
652	gsp	gsp	glp	sz	sz	gsp-glp:sz	SRN-LN:BMP	0,3052
653	gsp	gsp	glp	ip	ip	gsp-glp:ip	SRN-LN:MN	0,0001
654	gsp	gsp	glp	pl	pl	gsp-glp:pl	SRN-LN:MP	0,0041
655	gsp	gsp	glp	ppl	ppl	gsp-glp:ppl	SRN-LN:SRP	0,0071
656	gs	gs	pli	pli	pli	gs-pli	SRN-LP	0,0208
657	gsp	gsp	pli	r	r	gsp-pli:r	SRN-LP:BMP	0,1477
658	gsp	gsp	plz	ip	plz	gsp-plz:ip:plz	SRN-LP:BN:LP	0,0110
659	gs	gs	sk	sk	sk	gs-sk	SRN-MN	0,0600
660	gs	gs	sk	sk	sk	gs-sk	SRN-MN	0,0622
661	gsp	gsp	gc	gc	gc	gsp-gc	SRN-MN	0,0414
662	gsp	gsp	gc	gc	gc	gsp-gc	SRN-MN	0,1449
663	gsp	gsp	gcp	gcp	gcp	gsp-gcp	SRN-MN	0,0673
664	gsp	gsp	gcp	gcp	gcp	gsp-gcp:gcp	SRN-MN	0,0000
665	gsp	gsp	gcp	gcp	gcp	gsp-gcp	SRN-MN	0,1886
666	gsp	gsp	i	i	i	gsp-i	SRN-MN	0,0072
667	gsp	gsp	ip	gc	gc	gsp-ip:gc	SRN-MN	0,0078
668	gsp	gsp	ip	gcp	gcp	gsp-ip:gcp	SRN-MN	0,0005
669	gsp	gsp	ip	ip	ip	gsp-ip	SRN-MN	0,2382
670	gsp	gsp	sk	sk	sk	gsp-sk	SRN-MN	0,0323
671	gsp	gsp	ps	ps	ps	gsp-ps	SRN-MP	0,0021
672	gsp	gsp	pl	pl	pl	gsp-gsp-pl	SRN-MP	0,0362
673	gsp	gsp	ps	ps	ps	gsp-ps	SRN-MP	0,0224
674	gsp	gsp	pgmp	r	r	gsp-pgmp:r	SRN-SP:BMP	0,0684
675	gs	gs	gs	gs	sz	gs:sz	SRN:BMP	0,0029
676	gs	gs	gs	gs	sz	gs:gs:sz	SRN:BMP	0,0778
677	gsp	gs	gs	gs	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0659
678	gsp	gsp	gsp	gsp	sz	gsp:sz	SRN:BMP	0,2216
679	gsp	gsp	gsp	gsp	r	gsp-gsp:r	SRN:BMP	0,0608
680	gsp	gsp	gsp	gsp	r	gsp:r	SRN:BMP	0,0108
681	gsp	gsp	gsp	gsp	sz	gsp:sz	SRN:BMP	0,0715
682	gs	gs	gs	gs	gc	gs:gc	SRN:MN	0,0157
683	gs	gs	gs	gs	sz	gs:gs:gs	SRN:SN	0,0466
684	gs	gs	gs	sz	sz	gs:sz	SRN:BMP	0,4591
685	gs	gs	gs	z	z	gs:z	SRN:BMP	0,1205
686	gs	gs	gs	sz	sz	gs-gs:sz	SRN:BMP	0,0819
687	gs	gs	gs	r	r	gs-gs:r	SRN:BMP	0,0514
688	gs	gs	gs	r	r	gs:r	SRN:BMP	0,2782
689	gs	gs	gs	sz	sz	gs:sz	SRN:BMP	0,1683
690	gs	gs	gs	sz	sz	gs-gs:sz	SRN:BMP	0,3240
691	gs	gs	gs	sz	sz	gs:sz	SRN:BMP	0,0611
692	gsp	gs	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0041
693	gsp	gs	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0169
694	gsp	gsp	gs	z	z	gsp-gs:z	SRN:BMP	0,0015
695	gsp	gsp	gs	r	r	gsp-gs:r	SRN:BMP	0,0050
696	gsp	gsp	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0394
697	gsp	gsp	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0489

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
698	gsp	gsp	gsp	r	r	gsp:r	SRN:BMP	1,9372
699	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp:sz	SRN:BMP	6,1864
700	gsp	gsp	gsp	z	z	gsp:z	SRN:BMP	0,2639
701	gsp	gsp	gsp	r	r	gsp-gsp:r	SRN:BMP	0,0274
702	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,2057
703	gsp	gsp	gsp	r	r	gsp-gsp:r	SRN:BMP	0,1718
704	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,5321
705	gsp	gs	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0321
706	gsp	gs	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0466
707	gsp	gs	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0263
708	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,0271
709	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,1167
710	gsp	gsp	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,0023
711	gsp	gsp	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,2289
712	gsp	gsp	gs	sz	sz	gsp-gs:sz	SRN:BMP	0,1106
713	gsp	gsp	gs	z	z	gsp-gs:z	SRN:BMP	0,0446
714	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,0460
715	gsp	gsp	gsp	r	r	gsp:r	SRN:BMP	2,0687
716	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp:sz	SRN:BMP	0,0241
717	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp:sz	SRN:BMP	14,9767
718	gsp	gsp	gsp	z	z	gsp:z	SRN:BMP	0,1841
719	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,5254
720	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,6591
721	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp-gsp:sz	SRN:BMP	0,0005
722	gsp	gsp	gsp	r	r	gsp:r	SRN:BMP	0,0150
723	gsp	gsp	gsp	sz	sz	gsp:sz	SRN:BMP	0,0134
724	gs	gs	gs	sk	sk	gs:sk	SRN:BN	0,3008
725	gs	gs	gs	sk	sk	gs:sk	SRN:BN	0,0669
726	gs	gs	gs	gl	gl	gs:gl	SRN:LN	0,2550
727	gs	gs	gs	gl	gl	gs:gl	SRN:LN	0,1301
728	gsp	gs	gs	gl	gl	gsp-gs:gl	SRN:LN	0,0072
729	gsp	gsp	gsp	glp	glp	gsp:glp	SRN:LN	0,0422
730	gsp	gsp	gs	gl	gl	gsp-gs:gl	SRN:LN	0,0044
731	gsp	gsp	gsp	gl	gl	gsp:gl	SRN:LN	0,0089
732	gsp	gsp	gsp	gl	gl	gsp:gl	SRN:LN	0,0065
733	gsp	gsp	gsp	glp	glp	gsp:glp	SRN:LN	0,1264
734	gsp	gsp	gsp	plz	plz	gsp:plz	SRN:LP	0,1945
735	gs	gs	gs	sk	sk	gs-gs:sk	SRN:MN	0,0884
736	gsp	gsp	gsp	gcp	gcp	gsp:gcp	SRN:MN	0,0028
737	gsp	gsp	gsp	ip	ip	gsp:ip	SRN:MN	0,0929
738	gsp	gsp	gsp	pl	pl	gsp:pl	SRN:MP	0,2689
739	gsp	gsp	gsp	ps	ps	gsp:ps	SRN:MP	0,0067
740	gsp	gsp	gsp	zg	zg	gsp:zg	SRN:MP	0,0317
741	gsp	gsp	gsp	ps	ps	gsp:ps	SRN:MP	0,2522
742	gsp	gsp	gsp	ps	ps	gsp:ps	SRN:MP	0,0023
743	gsp	gsp	gsp	pgm	pgm	gsp:pgm	SRN:SP	0,0587
744	gsp	gsp	gsp	ppl	ppl	gsp:ppl	SRN:SRP	0,0362

Załącznik nr 1 cd.

Nr	G1	G2	G3	G4	G5	Profil glebowy	Przepuszczalność pośrednia	Pow. [km ²]
745	gs	r	r	r	r	gs-r	SRN-BMP	0,0208
746	gs	sz	sz	sz	sz	gs-sz	SRN-BMP	0,1143
747	gs	r	r	r	r	gs-r	SRN-BMP	0,0377
748	gs	sz	sz	sz	sz	gs-sz	SRN-BMP	0,0064
749	gsp	pl	pl	pl	pl	gsp-pl	SRN-BMP	0,0177
750	gsp	r	r	r	r	gsp-r	SRN-BMP	0,0944
751	gsp	r	sz	r	r	gsp-r-sz:r	SRN-BMP	0,0006
752	gsp	sz	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	2,1410
753	gsp	r	r	r	r	gsp-r	SRN-BMP	0,6327
754	gsp	r	sz	r	r	gsp-r-sz:r	SRN-BMP	0,0003
755	gsp	r	sz	sz	r	gsp-r-sz:r	SRN-BMP	0,0209
756	gsp	sz	r	r	r	gsp-sz-r	SRN-BMP	0,0316
757	gsp	sz	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	0,0123
758	gsp	sz	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	14,8503
759	gsp	z	z	z	z	gsp-z	SRN-BMP	0,2692
760	gsp	sz	sz	sz	sz	gsp-sz	SRN-BMP	0,0232
761	gsp	glp	glp	glp	glp	gsp-glp	SRN-LN	0,0471
762	gsp	glp	glp	glp	glp	gsp-glp	SRN-LN	0,0086
763	gsp	glp	sz	sz	sz	gsp-glp-sz	SRN-LN-BMP	0,0384
764	gsp	glp	sz	sz	sz	gsp-glp-sz	SRN-LN-BMP	0,1861
765	gsp	glp	glp	glp	glp	gsp-glp-glp	SRN-LN-LN	0,0070
766	gsp	glp	plz	plz	plz	gsp-glp-plz	SRN-LN-LP	0,1016
767	gsp	gl	ps	ps	ps	gsp-gl-ps	SRN-LN-MP	0,0125
768	gsp	gl	ps	ps	ps	gsp-gl-ps	SRN-LN-MP	0,1530
769	gsp	glp	glp	sz	sz	gsp-glp-sz	SRN-LN-BMP	0,1538
770	gsp	pli	pli	plz	plz	gsp-pli:plz	SRN-LP	0,2289
771	gs	gcp	gcp	gcp	gcp	gs-gcp	SRN-MN	0,0263
772	gsp	gcp	gcp	gcp	gcp	gsp-gcp	SRN-MN	0,0472
773	gsp	sk	sk	sk	sk	gsp-sk	SRN-MN	0,1506
774	gsp	gcp	gcp	gsp	gsp	gsp-gcp:gsp	SRN-MN:SRN	0,1840
775	gsp	pgmp	pgmp	pgmp	pgmp	gsp-pgmp	SRN-SP	0,0238
776	gsp	pgl	pgl	pgl	pgl	gsp-pgl	SRN-SRP	0,0036
777	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	SRP	0,9085
778	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp:pglp	SRP	0,0427
779	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp:pglp	SRP	0,3060
780	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp:pglp	SRP	0,4679
781	pglp	pglp	psp	plp	plp	pglp-pglp-psp:plp	SRP	0,0098
782	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp:pglp	SRP	0,6187
783	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	pglp	SRP	0,0482
784	plp	plp	plp	plp	plp	plp:plp	SRP	0,0022
785	plp	plp	plp	pglp	pglp	plp:pglp	SRP	1,0877
786	psp	psp	psp	psp	psp	psp	SRP	0,2682
787	psp	psp	psp	psp	psp	psp:psp	SRP	0,0052
788	psp	psp	plp	plp	plp	psp-psp-plp	SRP	0,7734
789	psp	psp	pglp	pglp	pglp	psp-pglp	SRP	0,0235
790	psp	psp	psp	psp	psp	psp:psp	SRP	1,4282
791	psp	psp	psp	psp	pglp	psp:psp:pglp	SRP	1,9391

Załącznik nr 2

Przepuszczalność całkowita profilu glebowego

Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]	Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]
1	BMP-MN	CN	0,0131	124	LP-SRP:BMP	CZP	0,1211
2	LN.MN	CN	1,3771	125	LP-SRP:BMP::SRP	CZP	0,0821
3	LN:MN	CN	0,1941	126	LP-SRP:LP	CZP	0,1513
4	LN:SRN:MN	CN	0,1669	127	MP-LP	CZP	0,0615
5	LN-BMP.MN	CN	0,0125	128	SRP.BMP	CZP	0,1524
6	LN-MN	CN	0,4986	129	SRP.LN	CZP	0,0318
7	LN-MN::BMP	CN	1,1705	130	SRP.LN:BMP	CZP	0,0094
8	LN-SRN:MN	CN	0,0024	131	SRP.LN:LP	CZP	0,0670
9	LP.MN	CN	1,3445	132	SRP.LP	CZP	0,0925
10	LP:MN	CN	0,0337	133	SRP.MP	CZP	0,3278
11	LP-BMP.MN	CN	0,0132	134	SRP.MP::BMP	CZP	0,0101
12	LP-SRN.MN	CN	0,0041	135	SRP.SN	CZP	0,0611
13	MN	CN	4,2013	136	SRP.SP	CZP	0,0236
14	MN.BMP	CN	0,3999	137	SRP.SP:BMP::SP	CZP	0,0094
15	MN.BMP:MN	CN	0,0025	138	SRP:BMP	CZP	0,0541
16	MN.LN:BMP	CN	0,0338	139	SRP:BMP::SRP	CZP	0,0302
17	MN.SN	CN	0,0046	140	SRP:LN	CZP	0,0137
18	MN.SP:MP	CN	0,0220	141	SRP:SP	CZP	0,0147
19	MN::BMP	CN	0,0777	142	SRP-BMP	CZP	0,0408
20	MN:BMP	CN	0,0722	143	SRP-LN	CZP	0,1418
21	MN:LP	CN	0,0110	144	SRP-LN.BMP	CZP	0,0950
22	MN:SRN	CN	0,1200	145	SRP-LN::BMP	CZP	0,0847
23	MN-BMP	CN	0,0055	146	SRP-LP	CZP	0,1385
24	MN-LN.BMP	CN	0,0007	147	SRP-LP.BMP	CZP	0,0608
25	MN-LN:BMP	CN	0,1910	148	SRP-LP:BMP	CZP	0,0234
26	MN-SN	CN	0,0006	149	SRP-MN	CZP	0,0312
27	MN-SP	CN	0,0047	150	SRP-MN.LP	CZP	0,0173
28	SP-MN	CN	0,0029	151	SRP-MP	CZP	0,3893
29	SRN.BMP:MN	CN	0,0684	152	SRP-SP	CZP	0,0293
30	SRN.LN:MN	CN	0,0006	153	SRP-SRN	CZP	0,0314
31	SRN.LP:MN::LP	CN	0,0115	154	SRP-SRN.BMP	CZP	0,1516
32	SRN.MN	CN	0,8508	155	SP	CZP	1,1598
33	SRN::MN	CN	0,0162	156	SP.BMP	CZP	1,2161
34	SRN:MN	CN	0,3681	157	SP.LP	CZP	0,0110
35	SRN:MN	CN	0,1846	158	SP.LP:BMP	CZP	0,4320
36	SRN-MN	CN	0,2245	159	SP::BMP	CZP	0,0280
37	SRN-MN:SRN	CN	0,1845	160	SP:BMP	CZP	0,1244
38	BMP	CP	11,5631	161	SP:LP	CZP	0,0756
39	MP	CP	0,2438	162	SP:LP::BMP	CZP	0,1377
40	MP.BMP	CP	0,0727	163	SP:MP	CZP	0,1905
41	MP:BMP	CP	0,0966	164	SP-BMP	CZP	1,1806
42	MP:BMP::SRP	CP	0,0422	165	SP-BMP:LP	CZP	1,0013
43	MP:SRP::BMP	CP	0,0593	166	SP-LP	CZP	3,2392
44	BMP-SRN	CZN	0,0923	167	SP-LP.BMP	CZP	0,9215

Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]	Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]
45	LN	CZN	2,3426	168	SP-LP:.BMP	CZP	0,0791
46	LN.LP	CZN	0,0068	169	SP-LP:.BMP	CZP	2,6476
47	LN.SRN	CZN	0,1316	170	SP-MP.BMP	CZP	0,0238
48	LN.SRN:BMP	CZN	0,4452	171	SRP	CZP	9,2339
49	LN:.BMP	CZN	1,5989	172	SRP.BMP	CZP	1,5069
50	LN:BMP:.LN	CZN	0,0080	173	SRP.BMP:SRP	CZP	0,4131
51	LN:LP	CZN	0,0233	174	SRP.LP	CZP	0,0361
52	LN:SRN	CZN	1,2494	175	SRP.LP:BMP	CZP	1,3930
53	LN-BMP.MN:BMP	CZN	0,0042	176	SRP.MP	CZP	0,0836
54	LN-LP	CZN	0,5269	177	SRP:.BMP	CZP	0,4987
55	LN-LP:LN	CZN	0,0512	178	SRP:BMP	CZP	0,2234
56	LN-MN.BMP	CZN	0,0216	179	SRP:BMP	CZP	0,4593
57	LN-MN.MP	CZN	0,0078	180	SRP:BMP	CZP	2,2294
58	LN-SRN	CZN	0,0108	181	SRP:MP	CZP	0,0835
59	LP.LN	CZN	0,1257	182	SRP-BMP	CZP	1,4481
60	LP.SRN	CZN	0,0422	183	SRP-BMP.LP	CZP	0,8188
61	LP:LN	CZN	0,7392	184	SRP-LP	CZP	0,4659
62	LP:SRN	CZN	0,0104	185	SRP-LP:BMP	CZP	0,3121
63	LP:SRN:.LN	CZN	0,1469	186	SRP-SP.SRP:.BMP	CZP	0,3800
64	LP-BMP.SRN	CZN	0,6289	187	SRP-SP:BMP	CZP	0,0660
65	LP-BMP:LN	CZN	0,1137	188	SRP-SRP:BMP	CZP	0,8682
66	LP-LN	CZN	0,2080	189	LN.BMP	POSR	18,3099
67	LP-LN:SRN	CZN	0,3102	190	LN.LP:MP	POSR	0,0048
68	LP-MN.BMP	CZN	0,0980	191	LN.MP	POSR	2,1902
69	LP-SRN	CZN	0,2301	192	LN.MP:BMP	POSR	0,0286
70	LP-SRN:.BMP	CZN	0,1274	193	LN.SP:BMP	POSR	0,0148
71	SP:LN	CZN	0,0068	194	LN.SP:SRP	POSR	0,0281
72	SP-LN	CZN	0,0375	195	LN.SRP	POSR	0,1480
73	SP-LP.LN	CZN	0,0018	196	LN.SRP:.BMP	POSR	0,0095
74	SP-LP.SRN	CZN	0,1215	197	LN.SRP:MP	POSR	0,0097
75	SP-SRN	CZN	0,1089	198	LN:BMP	POSR	3,6504
76	SRN	CZN	19,2597	199	LN:BMP	POSR	11,0555
77	SRN.LN	CZN	0,0224	200	LN:MP	POSR	1,6231
78	SRN.LN:.BMP	CZN	0,1340	201	LN:MP:.BMP	POSR	0,0068
79	SRN:.SN	CZN	0,0476	202	LN:SRP	POSR	0,4898
80	SRN:LN	CZN	0,5817	203	LN:SRP:.BMP	POSR	0,1154
81	SRN:LP	CZN	0,1955	204	LN-BMP	POSR	7,4928
82	SRN:SP	CZN	0,0598	205	LN-BMP.LP	POSR	0,0375
83	SRN-LN	CZN	0,0069	206	LN-BMP.LP:BMP	POSR	0,0524
84	SRN-LN	CZN	0,0567	207	LN-BMP.MP	POSR	0,0049
85	SRN-LN	CZN	0,0081	208	LN-BMP:LP	POSR	0,0127
86	SRN-LN.LP	CZN	0,1027	209	LN-LP.BMP	POSR	0,1976
87	SRP-LN	CZN	0,0048	210	LN-LP:SRP:.BMP	POSR	0,1496
88	BMP.LP	CZP	0,4150	211	LN-MP	POSR	0,0455
89	BMP.SRP	CZP	0,0770	212	LN-SRN.BMP	POSR	0,8357
90	BMP:LP	CZP	0,3294	213	LN-SRN:BMP	POSR	0,0594
91	BMP:SRP	CZP	0,3356	214	LN-SRN:BMP	POSR	0,8351

Załącznik nr 2 cd.

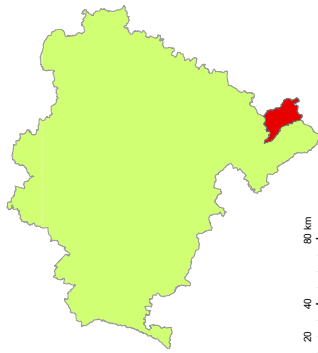
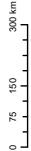
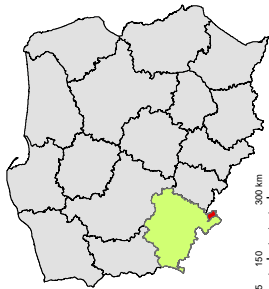
Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]	Nr	Przepuszczalność pośrednia	Przepuszczalność całkowita	Pow. [km ²]
92	BMP:SRP::BMP	CZP	0,1258	215	LN-SRN:MP	POSR	0,0108
93	BMP-SRP	CZP	0,0429	216	LN-SRP	POSR	0,0182
94	LP	CZP	28,1177	217	LP.LN:SRN::BMP	POSR	0,1620
95	LP.BMP	CZP	28,8686	218	LP.SRN:BMP	POSR	0,2187
96	LP.BMP:LP	CZP	0,0954	219	LP-LN.:BMP	POSR	0,2695
97	LP.BMP:SRP	CZP	0,0313	220	LP-LN:LP	POSR	0,2666
98	LP.LN:BMP	CZP	0,1269	221	LP-LN:SRP	POSR	1,1654
99	LP.MP	CZP	0,1102	222	LP-SRN.BMP	POSR	0,0277
100	LP.MP:SRP::BMP	CZP	0,2975	223	LP-SRN:BMP	POSR	0,0672
101	LP.SP	CZP	0,0496	224	SP-BMP:LN	POSR	0,0660
102	LP.SP:MP	CZP	0,0095	225	SP-LN:BMP	POSR	0,0897
103	LP.SRP	CZP	0,0871	226	SRN.BMP	POSR	16,1211
104	LP.SRP:BMP	CZP	0,9118	227	SRN.BMP:	POSR	0,1040
105	LP::BMP	CZP	2,7740	228	SRN.LN:BMP	POSR	1,3302
106	LP::SRP	CZP	1,1362	229	SRN.LN:MP	POSR	0,0071
107	LP:BMP	CZP	26,1080	230	SRN.LN:SRP	POSR	0,0100
108	LP:BMP:LP	CZP	0,6462	231	SRN.LP	POSR	0,0237
109	LP:MP	CZP	0,0903	232	SRN.LP:BMP	POSR	0,1506
110	LP:SP	CZP	0,2286	233	SRN.MP	POSR	0,0636
111	LP:SRP	CZP	0,0696	234	SRN.SP:BMP	POSR	0,0713
112	LP-BMP	CZP	9,3949	235	SRN.:BMP	POSR	0,5141
113	LP-BMP:LP	CZP	0,1083	236	SRN:BMP	POSR	30,1358
114	LP-BMP:LP	CZP	0,6585	237	SRN:MP	POSR	0,5647
115	LP-LN.BMP	CZP	0,0102	238	SRN:SRP	POSR	0,0391
116	LP-LN:BMP	CZP	0,4234	239	SRN-BMP	POSR	18,2763
117	LP-MP	CZP	0,0027	240	SRN-LN.BMP	POSR	0,2274
118	LP-SP	CZP	0,4241	241	SRN-LN.MP	POSR	0,1684
119	LP-SP.BMP	CZP	0,3710	242	SRN-LN:BMP	POSR	0,1567
120	LP-SP:BMP	CZP	0,0464	243	SRN-LP	POSR	0,2318
121	LP-SRP	CZP	0,6788	244	SRN-SP	POSR	0,0268
122	LP-SRP.BMP:LP	CZP	0,4463	245	SRN-SRP	POSR	0,0065
123	LP-SRP.LN:BMP	CZP	0,3692				

Mapa opracowana została na podstawie wielokryterialnej analizy czynników środowiskowych wpływających na proces infiltracji w zlewni rzeki Białej Łądeckiej.

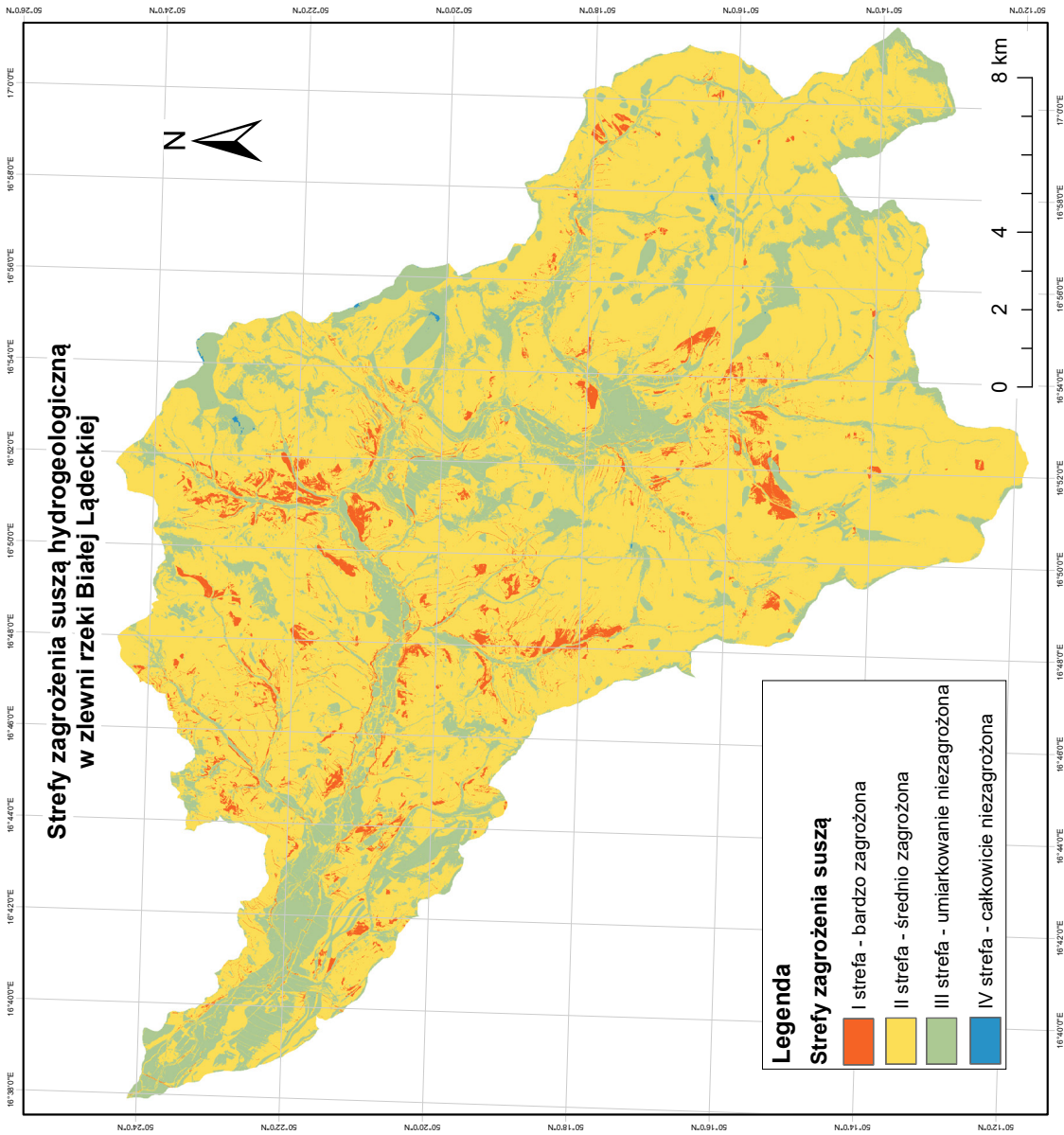
Strefy zagrożenia suszą hydrogeologiczną wyłonione zostały na podstawie oceny podatności obszaru na to zjawisko.

Państwowy Układ Współrzędnych Geodezyjnych 1992

Położenie zlewni na obszarze Polski i województwa dolnośląskiego



Redakcja kartograficzna:
Aleksandra Kozłowska-Woszczycka
Wrocław 2021



Spis tabel i rysunków

Tabele

Tabela 1. Podział utworów skalnych według własności infiltracyjnych wg Pazdry i Kozerskiego (1990) oraz Kowalskiego (1998).....	21
Tabela 2. Współczynniki porowatości przeciętnej niektórych skał wg Kowalskiego (1998).....	23
Tabela 3. Regionalizacja fizycznogeograficzna zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne).....	32
Tabela 4. Wydzielenia litologiczne w zlewni rzeki Białej Łądeckiej – zestawienie (źródło: opracowanie własne).....	39
Tabela 5. Wydzielenia utworów czwartorzędowych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej – zestawienie (źródło: opracowanie własne).....	41
Tabela 6. Gatunki gleb – rozwinięcia skrótów (źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy Glebowo-Rolniczej).....	48
Tabela 7. Zestawienie gatunków gleb – powierzchnie i objętości: poziomy G1-G3 (źródło: opracowanie własne).....	49
Tabela 8. Zestawienie gatunków gleb – powierzchnie i objętości: poziomy G4-G5 (źródło: opracowanie własne).....	50
Tabela 9. Przepuszczalność pośrednia – zestawienie gatunków, powierzchni i objętości: poziomy G1-G3 (źródło: opracowanie własne).....	61
Tabela 10. Przepuszczalność pośrednia – zestawienie gatunków, powierzchni i objętości: poziomy G4-G5 (źródło: opracowanie własne).....	62
Tabela 11. Zestawienie rocznych sum opadów atmosferycznych w latach 1990–2019 (źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB).....	66
Tabela 12. Zestawienie typów użytkowania terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych EGIB).....	69
Tabela 13. Relacje pomiędzy czynnikami – opisy wpływu (źródło: opracowanie własne).....	72
Tabela 14. Podsumowanie przydzielonych ocen (wag globalnych) dla poszczególnych czynników (źródło: opracowanie własne).....	74
Tabela 15. Podział poszczególnych czynników na klasy – wagowanie lokalne (źródło: opracowanie własne).....	76
Tabela 16. Powierzchnia obszarów o określonej podatności na suszę hydrogeologiczną.....	89

Rysunki

Rys. 1.	Rozmieszczenie punktów monitoringu wód podziemnych (źródło: materiały konferencyjne „Stop Suszy!”; opracowanie: Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2019)	7
Rys. 2.	Obszary zagrożone wystąpieniem suszy hydrogeologicznej (źródło: materiały konferencyjne „Stop Suszy!”; opracowanie: Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie 2019)w	8
Rys. 3.	Obieg wody w przyrodzie (źródło: Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych).....	18
Rys. 4.	Położenie zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podkładzie topograficznej mapy świata ESRI i podstawie danych Państwowego Rejestru Granic)	31
Rys. 5.	Regionalizacja fizycznogeograficzna zlewni rzeki Białej Łądeckiej – podział na mikroregiony (źródło: opracowanie własne)	33
Rys. 6.	Mapa sieci rzecznej zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych BDOT10k, mapy topograficznej i cieniowanej rzeźby terenu)	34
Rys. 7.	Przestrzenny rozkład gęstości sieci rzecznej w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne).....	35
Rys. 8.	Mapa geologiczna zlewni rzeki Białej Łądeckiej - wydzielenia litologiczne (źródło: opracowanie własne na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów).....	38
Rys. 9.	Mapa geologiczna zlewni rzeki Białej Łądeckiej – Wydzielenia utworów czwartorzędowych (źródło: opracowanie własne na podstawie Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów)	42
Rys. 10.	Przebieg lineamentów w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT i Szczegółowej Mapy Geologicznej Sudetów)	43
Rys. 11.	Gęstość lineamentów w zlewni rzeki Białej Łądeckiej	44
Rys. 12.	Rzeźba terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT)	45
Rys. 13.	Nachylenie terenu zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych NMT)	46
Rys. 14.	Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G1 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)	51
Rys. 15.	Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G1 (źródło: opracowanie własne)	52
Rys. 16.	Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G2 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)	53
Rys. 17.	Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G2 (źródło: opracowanie własne)	54

Rys. 18. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G3 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)	55
Rys. 19. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G3 (źródło: opracowanie własne)	56
Rys. 20. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G4 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)	57
Rys. 21. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G4 (źródło: opracowanie własne)	58
Rys. 22. Rozmieszczenie gatunków gleb zalegających w poziomie G5 (źródło: opracowanie własne na podstawie mapy glebowo-rolniczej i mapy glebowo-siedliskowej lasów)	59
Rys. 23. Wykres przedstawiający odsetek objętości gatunków gleb zalegających w poziomie G5 (źródło: opracowanie własne)	60
Rys. 24. Przepuszczalność profilu glebowego w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne)	64
Rys. 25. Rozkład średniej rocznej sumy opadów atmosferycznych w zlewni rzeki Białej Łądeckiej (źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB)	67
Rys. 27. Czynnikibrane pod uwagę w analizie i ich wzajemne oddziaływanie (źródło: opracowanie własne)	74
Rys. 28. Procentowy wpływ poszczególnych czynników w całej analizie wielokryterialnej	75
Rys. 29. Schemat operacji priorytetowego nakładania z zastosowaniem wag globalnych (źródło: opracowanie własne)	79
Rys. 30. Ocena gęstości lineamentów pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)	81
Rys. 31. Ocena gęstości sieci rzecznej pod względem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)	82
Rys. 32. Ocena warunków glebowych pod względem własności infiltracyjnych (źródło: opracowanie własne)	83
Rys. 33. Ocena warunków opadowych pod kątem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)	84
Rys. 34. Ocena nachylenia terenu pod kątem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)	85
Rys. 35. Ocena warunków geologicznych pod kątem własności infiltracyjnych (źródło: opracowanie własne)	86
Rys. 36. Ocena użytkowania terenu pod kątem wpływu na zasilanie wód podziemnych (źródło: opracowanie własne)	87
Rys. 37. Ocena podatności obszaru zlewni rzeki Białej Łądeckiej na wystąpienie suszy hydrogeologicznej (źródło: opracowanie własne)	88



Wydawnictwa Politechniki Wrocławskiej
są do nabycia w sprzedaży wysyłkowej:
zamawianie.książek@pwr.edu.pl

ISBN 978-83-7493-193-9