

**MODEL POJĘCIOWY INSPIRE
DLA TEMATU GEOLOGIA
JAKO WSTĘP DO OPISU I SCHEMATYZACJI
ZJAWISK HYDROGEOLOGICZNYCH**

THE INSPIRE CONCEPTUAL MODEL
FOR THE THEME GEOLOGY AS AN INTRODUCTION
TO DESCRIPTION AND SCHEMATIZATION
OF HYDROGEOLOGICAL PHENOMENA

Tomasz Nałęcz¹, Janusz Michalak²

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

² Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski

Słowa kluczowe: INSPIRE, hydrogeologia, infrastruktura informacji przestrzennej, model danych
Keywords: INSPIRE, hydrogeology, spatial data infrastructure, data model

Wstęp

Formy udostępniania informacji geologicznej zmieniały się na przestrzeni lat. Jednak w ostatniej dekadzie, wraz z postępem technologicznym w zakresie informacji, zmiany te następują w zawrotnym tempie. Jeszcze dwadzieścia lat temu mapa papierowa, podobnie jak przez stulecia, była podstawowym medium, na którym można było prezentować dane geologiczne. Choć i dziś zalety tej formy prezentacji pozostają wciąż aktualne i trudno sobie wyobrazić pracę geologa w terenie bez arkusza mapy, to jednak coraz częściej użytkownicy korzystają z informacji dostępnej w formie elektronicznej (Michalak, 2003). Kilka lat temu wydawało się, że wymiana danych środowiskowych w formatach GIS pozostawać będzie kanonem pozyskiwania informacji geologicznej na wiele lat. Jednak już na początku lat 90. XX wieku pojawiły się nowe technologie umożliwiające prezentacje danych przestrzennych w Internecie. Obecnie wykonany został kolejny krok, a mianowicie poprzez serwisy internetowe można korzystać z danych gromadzonych przez różne instytucje w najodleglejszych miejscach na świecie, wyświetlając je bezpośrednio w aplikacjach na komputerze dowolnego użytkownika. Postęp technologiczny stanowi nieocenioną wartość, jednak niesie za sobą także pewne problemy, które stanowią wyzwanie dla społeczności związanej z geomatyką.

Rozwój technologiczny w istotny sposób wpływa na możliwości pozyskiwania, przetwarzania informacji geologicznej i hydrogeologicznej. Zasady interoperacyjności, niezbędne

dla umożliwienia korzystania przez wielu użytkowników z rozproszonych zasobów informacji przestrzennej, wymagają standaryzacji zasobów danych, co jest możliwe przez przygotowanie odpowiednich modeli pojęciowych precyzyjnie opisujących daną dziedzinę. Modele takie mogą być tworzone na różnych poziomach: narodowych, ponadnarodowych (np. europejskim), aż do globalnych. Są one podstawą szeroko rozumianej infrastruktury informacji przestrzennej (ang. *Spatial Data Infrastructure – SDI*). W ramach europejskiej inicjatywy zdefiniowanej przez dyrektywę INSPIRE (EP&CEU, 2007) modele pojęciowe, będące częścią specyfikacji danych, tworzone są dla 32 tematów opisujących zasoby danych dla celów polityk wspólnotowych w zakresie ochrony środowiska oraz polityk lub działań mogących oddziaływać na środowisko.

Temat *Geologia* (załącznik II INSPIRE) stanowi jeden ze wspomnianych wcześniej tematów dyrektywy i obejmuje także hydrogeologię, geomorfologię oraz elementy geofizyki. Informacja geologiczna i hydrogeologiczna mają istotne znaczenie dla całości infrastruktury, gdyż zasilają wiele innych tematów. W obydwu przypadkach należy podkreślić praktyczny aspekt tych dziedzin. Geologia dostarcza informacje dla wielu praktycznych zastosowań gospodarczych, wśród których należy wymienić: bezpieczne posadawianie budynków, wykrywanie zagrożeń naturalnych, określanie wskaźników zmian klimatu, bezpieczne składowanie odpadów (w tym odpadów nuklearnych), określanie stref do składowania CO₂, a przede wszystkim zapewnienie materiałów i mineralów w procesach budowlanych. Informacja hydrogeologiczna z założenia stanowi istotny zasób dla gospodarki, jak i lokalnych społeczności, gdyż na wielu terenach wody podziemne są podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę. Z tego względu nie dziwi fakt wielu powiązań danych hydrogeologicznych z innymi tematami INSPIRE, wśród których należy wspomnieć: *Strefy zagrożenia naturalnego*, *Gleby*, *Zasoby energetyczne*, *Urządzenia do monitoringu środowiska*, *Gospodarowanie obszarem*, *Hydrografię*, *Obszary chronione* oraz *Usługi użyteczności publicznej i służby państwowej*. W zakresie hydrogeologii istotne jest także bezpośrednie powiązanie tej dziedziny z przepisami prawnymi zawartymi w Ramowej Dyrektywie Wodnej (RDW). O znaczeniu hydrogeologii świadczy także umieszczenie tej dziedziny w początkowej fazie konstrukcji zasobów tematycznych, w załączniku I dyrektywy wraz z *Hydrografią* (Nałęcz, 2010), gdzie znalazły się tematy, które miały być podstawą do budowy pozostałych specyfikacji tematycznych (załączniki II i III). Bardzo istotne, ze względu na proces raportowania poszczególnych krajów członkowskich UE, jest ujednoczenie zasobów danych hydrogeologicznych prezentowanych w ramach INSPIRE z danymi przekazywanymi do Water Information System for Europe (EC, 2009).

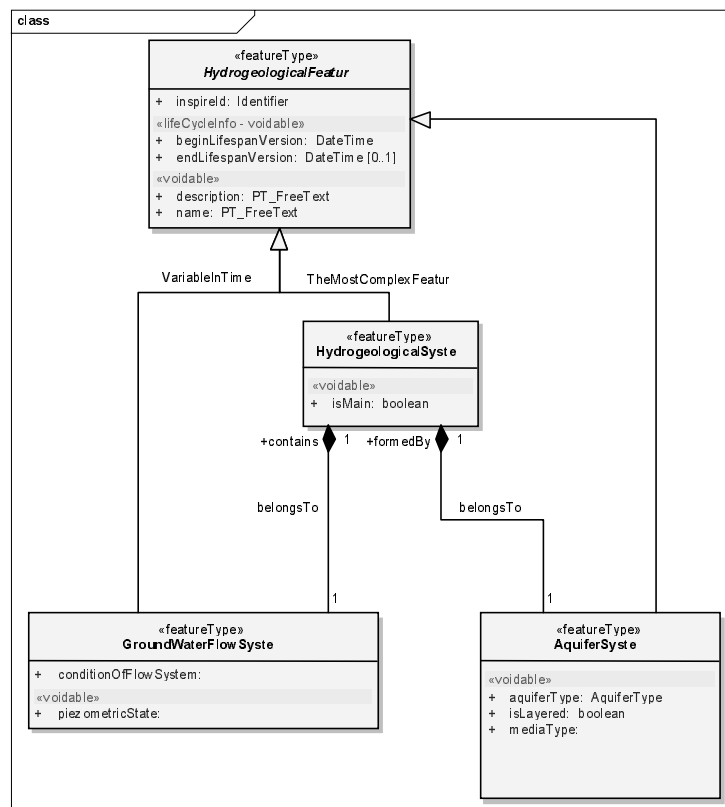
Założenia modelu pojęciowego

Model pojęciowy dla tematu *Geologia* obejmuje kilka składowych. Poza główną częścią geologiczną, opisuje także: hydrogeologię, geofizykę i geomorfologię. Autorzy niniejszej publikacji skupili się na przedstawieniu części hydrogeologicznej, jak również jej relacji z innymi zagadnieniami tematycznymi.

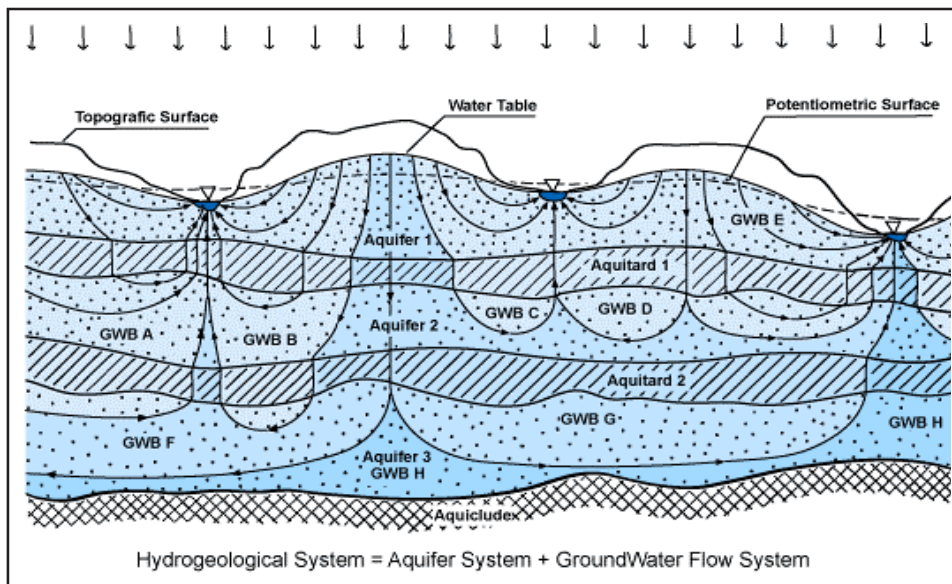
Szczegółowa metodyka prac przygotowania specyfikacji składa się z kilku etapów (Nałęcz, 2010), w tym zawiera także udział społeczności zainteresowanych poszczególnymi tematami reprezentowanych przez SDICs (*Spatial Data Interest Communities*) i LMOs (*Legally Mandated Organisations*) w procesie opiniowania dokumentów. Obecnie, po przedsta-

wieniu wersji 2.0 specyfikacji danych dla tematów załącznika II i III, trwa proces testowania. Zakres specyfikacji w części geologicznej uległ nieznacznymi zmianom w porównaniu do wersji 1.0 i w dalszym ciągu bazuje na języku GeoSciML (*Geoscience Markup Language*) (CGI, 2010). W przypadku części hydrogeologicznej stwierdzono, że wykorzystanie GWML (*GroundWater Markup Language*) (Boisvert, Brodaric, 2008), stworzonego do specyficznych warunków zarządzania wodami podziemnymi w Kanadzie, nie będzie jednak w pełni adekwatne dla Europy. Przygotowano i przeanalizowano kilka przypadków użycia dla wód podziemnych m.in. lokalizacji nowego ujęcia wód podziemnych na obszarze transgranicznym oraz wyznaczenia strefy ochronnej wokół ujęcia. Na tej podstawie rozpoczęto pracę nad modelem pojęciowym dla hydrogeologii. Przyjęto jako podstawę osiągnięcie pełnej zgodności z założeniami INSPIRE dla modeli danych przestrzennych (INSPIRE DSDT, 2010). W trakcie prac wykorzystano możliwie jak największą liczbę elementów zdefiniowanych w modelu GWML.

Przygotowując model hydrogeologiczny przyjęto podstawowe założenie, że musi on koncentrować się przede wszystkim na przepływie wody w systemie hydrogeologicznym. Pojęcie systemu wodonośnego jest nierozdzielnie związane z rozwojem modelowania przepływu wód (Szymanko, 1980). Wydzielono dwa główne wyróżnienia (klasy ze stereotypem «feature Type») jakimi są *AquiferSystem* i *GroundwaterFlowSystem*. Obydwie te klasy należą do klasy *HydrogeologicalSystem* (rys. 1). Wizualizację powyższych klas modelu przedstawiono także w postaci schematycznego przekroju hydrogeologicznego (rys. 2).



Rys. 1. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego (HydrogeologicalSystem)



Rys. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny obrazujący system hydrogeologiczny

Analiza diagramu klas `hydrogeologyCore_Aquifers` (rys. 3) wskazuje jednoznacznie na dualizm przedstawionej tam koncepcji. Te same klasy wyróżnień odnoszą się do części hydrogeologicznej (`AquiferSystem`), jak i do geologicznej. Rozważania autorów koncentrowały się na powiązaniu modelu hydrogeologicznego z modelem `GeoSciML` lub wydzieleniu go jako niezależnego schematu aplikacyjnego. Pierwszy z prezentowanych scenariuszy stał się podstawą utworzenia `GWML` (Boisvert, Brodaric, 2008), który to język jest silnie powiązany z modelem geologicznym poprzez specjalizację klasy `GeologicUnit` jaką jest klasa `HydrogeologicUnit`. Klasa ta stanowi bazę dla klas pochodnych (`AquiferSystem`, `HydroStratigraphicUnit`, `GroundwaterBody`) wykorzystywanych do opisu różnych właściwości jednostki hydrogeologicznej. W tym przypadku `HydrogeologicUnit` jest definiowana jako *każda jednostka (strefa) gleby lub ośrodka skalnego, które z racji swej porowatości lub przepuszczalności (lub jej braku), ma wyraźny wpływ na gromadzenie i przemieszczanie wód podziemnych*. Koncepcja ta została wykorzystana w pierwszej fazie przygotowania specyfikacji danych przez zespół `GE&MR INSPIRE` (Nałęcz, 2011).

Dyskusja zasad schematyzacji procesów hydrogeologicznych została przedstawiona przez Michalaka i in. (2011), gdzie między innymi wykorzystano koncepcję, według której *wody podziemne stanowią medium w pewnym sensie odrębne, 'włożone' w środowisko skalne, ściśle jednak z nim powiązane związkami hydraulicznymi* (Gołąb, 1959; 1964). Konsekwencją takiego podejścia było przedstawienie terminu „brył wodnych” umieszczonych w środowisku geologicznym, które w swoich założeniach są w dużym stopniu zgodne z ideą *groundwater body* (Michalak i in., 2011), zdefiniowanych w Ramowej Dyrektywie Wodnej. Przedstawione powyżej podejście zakłada daleko idącą niezależność pomiędzy modelami hydrogeologicznym i geologicznym, jakkolwiek w pełni uwzględniając zachodzące pomiędzy nimi relacje.

Biorąc pod uwagę ściśle powiązanie dyrektywy `INSPIRE` z regulacjami prawnymi obowiązującymi w Europie (...) *duża różnorodność formatów i struktur, w jakich są zorganizowane*

wane i udostępniane we Wspólnocie dane przestrzenne, utrudnia efektywne formułowanie, wdrażanie, monitorowanie i ocenę prawodawstwa wspólnotowego mającego bezpośredni lub pośredni wpływ na środowisko, należy przyjąć środki wykonawcze ułatwiające korzystanie z danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł w państwach członkowskich, w tym z RDW, przedstawiona koncepcja jest jak najbardziej zasadna. Jednak prezentowane podejście wywołało ożywioną dyskusję wewnątrz zespołu pracującego nad specyfikacją danych GE&MR INSPIRE, gdzie zwracano uwagę na potrzebę integracji modeli hydrogeologicznego i geologicznego. Prezentowane w tym artykule rozwiązanie jest efektem wielu kompromisów i próbą powiązania dwóch opisanych powyżej koncepcji.

Model systemu wodonośnego (warunków geologicznych)

Klasy `Aquifer` oraz `Aquitard`, będące częścią składową `AquiferSystem`, są naturalnym środowiskiem przepływu wód podziemnych. Odnoszą się one także do środowiska skalnego, którego budowa i struktura determinuje przepływ (transport) wód podziemnych. Ta część modelu w sposób naturalny powiązana jest z elementami modelu geologicznego. Wyróżnieniem spajającym obydwie części jest `HydrogeologicalUnit` będąca specjalizacją `GeologicUnit`. `HydrogeologicalUnit` stanowi jedno lub kilka wydzieleni geologicznych, które z racji swej porowatości i przepuszczalności lub jej braku, mają wyraźny wpływ na gromadzenie i przemieszczanie się wód podziemnych.

Wydzielono dwie specjalizacje klasy `HydrogeologicalUnit`, którymi są `Aquifer` oraz `Aquitard`. `Aquifer` (wodonosiec) zgodnie z definicją (Dowgiałło i in., 2002) jest to geologiczne środowisko wód podziemnych zdolne do gromadzenia w sobie wody wolnej oraz jej przewodzenia i oddawania. Zasoby wodne zgromadzone w wodonoscu mogą być ujmowane i eksploatowane przez ujęcia wód (studnie). Przepływ wód podziemnych nie odbywa się tylko i wyłącznie w warstwie wodonosnej, lecz istotnym elementem systemu wodonośnego (klasa `AquiferSystem`) są utwory geologiczne słabo przepuszczalne (`Aquitard`). Badania (Michalak i in., 2011) dowiodły, że choć te struktury skalne nie pozwalają na gromadzenie ilości wody wystarczającej do jej użytkowania, to stanowią one istotną część systemu zasilania. Powiązanie asocjacyjne pomiędzy `Aquifer` i `Aquitard` a klasą `HydrogeologicalDescription` umożliwia ich opis za pomocą właściwości skał budujących zarówno wodonosiec, jak i utwory słabo przepuszczalne.

Klasa `HydrogeologicalDescription` zawiera następujące atrybuty ważne z punktu widzenia hydrogeologii:

- `Description` – ogólna charakterystyka opisowa wodonosca lub utworu słabo przepuszczalnego;
- `CapacityCoefficient` – objętościowa pojemność wodonosca lub utworu słabo przepuszczalnego do gromadzenia wody;
- `PermabilityCoefficient` – parametr wyrażający przepuszczalność skał porowatych, niezależną od właściwości płynu;
- `HydraulicConductivityCoefficient` – miara przepuszczalności wyrażająca jednostkowe natężenie (wydatek) strumienia wody na jednostkę szerokości, przy jednostkowym spadku hydraulicznym;
- `StorativityCoefficient` – zdolność warstwy do magazynowania wody.

System wodonośny (`AquiferSystem`) jest ograniczony przez utwory nieprzepuszczalne lub bardzo słabo przepuszczalne (klasa `Aquiclude`) stanowiące bariery dla przepływu wód podziemnych. Obydwie klasy typu wyróżnienie są specjalizacją `HydrogeologicalFeature`, która stanowi klasę abstrakcyjną, będącą koncepcyjnym wyróżnieniem hydrogeologicznym. Klasa ta jest jednocześnie nadrzędna dla kolejnych ważnych klas hydrogeologicznego modelu pojęciowego (`GroundWaterFlowSystem` i `GroundWaterBody`), które podobnie jak `AquiferSystem` są częścią składową klasy `HydrogeologicalSystem` (rys. 3). Jednocześnie wszystkie te klasy niezależnie są podtypami `HydrogeologicalFeature`.

Podobnie jak w modelu geologicznym (INSPIRE TWD Geology, 2011) zastosowano oddzielną klasę dla reprezentacji przestrzennej wyróżnień hydrogeologicznych i jest nią `HydrogeologicalFeatureAppearance`. Jednakże w tym przypadku, poza prostymi formami geometrycznymi (punkt, linia, powierzchnia, bryła 3D – reprezentacja geometryczna jako `GM_Primitive`), możliwe jest także wykorzystanie złożonych form geometrii typu pokrycia (*coverage*). Złożona geometria wykorzystuje klasę `HG_ComplexGeometry`, która wymaga definicji zasięgu oraz powierzchni stropu (*roof*) i/lub spągu (*floor*) dla `HydrogeologicalFeature`. Rozwiązania te są odpowiednikiem analogicznych danych typu pokrycie (*coverage*) stosowanych do opisu powierzchni terenu i są bardzo często wykorzystywane w hydrogeologii, szczególnie w pracach z zakresu budowy numerycznych modeli hydrogeologicznych. Istotnym atrybutem `HydrogeologicalFeatureAppearance` jest także informacja o źródle pozyskiwania geometrii, gdyż pozwala użytkownikowi uzyskać generalną informację o jakości używanych danych przestrzennych.

Model systemu przepływu wód podziemnych

Wykorzystując pojęcie „bryły wodnej” zaproponowane przez Gołęba (1959, 1964), można je bardzo dobrze odnieść do części modelu opisującej system hydrogeologiczny. Krążenie wód w takim systemie nie może abstrahować od otaczającego środowiska. System wodonośny ma określone hydrauliczne granice naturalne (`horizontalExtent`), określoną strukturę (typ systemu – `AquiferMediaType`) oraz sposób kontaktu z powierzchnią terenu (np. `AbstractionWell`). Wszystkie te elementy znajdują swoje miejsce w schematach modeli danych hydrogeologicznych (rys. 4).

Najmniejszą częścią systemu wydzieloną w modelu hydrogeologicznym jest `GroundWaterBody` (GWB) rozumiana jako odrębna objętość wody (bryła wodna) w obrębie wodonośca lub systemu wodonośnego. Każde GWB jest hydrodynamicznie wyodrębnione spośród innych GWB, jednak razem stanowią powiązany układ. Wyznacznikiem zasięgu GWB nie są w przeważającej liczbie przypadków struktury geologiczne, lecz linie prądu określające system krążenia wód podziemnych. To właśnie system krążenia wód decyduje o wydzieleniu tych jednostek. W skład `GroundWaterFlowSystem` może wchodzić jedna lub wiele GWB. Zgodnie z przyjętym schematem krążenia wód wyróżnia się hierarchiczny podział systemu przepływu (Michalak i in., 2011), wyodrębniając strumienie o zasięgu regionalnym, przejściowym lub lokalnym.

Zarówno wyróżnienie GWB, jak i GWFS posiadają dwa identyczne atrybuty. `ConditionOfFlowSystem` określa w jakim stopniu wody podziemne zostały zmienione (głównie w kontekście działalności człowieka). Natomiast `PiezometricState` opisuje poziom zwierciadła wód podziemnych, korzystając z wyboru jednej z trzech opcji (informacja pozyskana z powierzchni modelu hydrogeologicznego, mapy konturowej lub bezpośredniego pomiaru

punktowego). Tak jak to przedstawiono na rysunku 1 `GroundWaterFlowSystem` oraz `AquiferSystem`, będące specjalizacją tego wyróżnienia, należą do jednego wyróżnienia – obiektu klasy `HydrogeologicalSystem`.

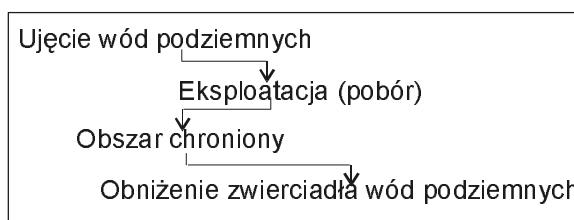
Należy podkreślić i rozróżnić `GWB`, której granice są naturalne, od `WFD_GWB` (`GroundWaterBody` w sensie *Water Framework Directive* – Jednolita Część Wód Podziemnych w sensie Ramowej Dyrektywy Wodnej), która jest wyróżnieniem formalnie ustanowionym i wyznaczonym na potrzeby RDW. W Europie przyjmuje się różne sposoby wydzielenia `WFD_GWB`. W Polsce nawiązano w tym przypadku do zlewni wód powierzchniowych, tworząc ciągle pokrycie dla całego kraju. Połączenie `WFD_GWB` ze zlewniami powierzchniowymi miało na celu ułatwienie obliczeń bilansu wodnego. Wyróżnienie `WFD_GWB` (klasa `WFD_GroundWaterBody`) jest specjalizacją wyróżnienia `GWB` (klasy `GroundWaterBody`) i w modelu hydrogeologicznym ma istotne znaczenie, ze względu na wypełnianie uwarunkowań prawnych UE określonych przez RDW. Każdy z krajów członkowskich UE jest zobowiązany do raportowania informacji o zasięgu i stanie `GWB` na swoim terenie. Informacja o `WFD_GWB` jest podstawą zarządzania wodami w ramach EU i dane są zbierane w `Water Information System for Europe` (`WISE`), prowadzonym przez `European Environment Agency`. RDW (`EP&CEU`, 2000) jest dokumentem wcześniejszym od `INSPIRE` i dotychczas odbyło się już kilka cykli raportowania. Z tego też względu ważne jest zachowanie spójności pomiędzy wymaganiami specyfikacji danych tematu *Geologia* a wymaganiami `WISE`. Aspekty te wspomniane są także w dokumencie dotyczącym informacji geoprzestrzennej w RDW (`EC`, 2009), gdzie wskazuje się na konieczność zgodności w tym względzie. Dlatego autorzy modelu hydrogeologicznego uwzględnili ten postulat, zachowując spójność atrybutów.

Obiekty hydrogeologiczne

Obiekty hydrogeologiczne pełnią podobną funkcję dla modelu hydrogeologicznego, jak otwory wiertnicze dla modelu geologicznego – przede wszystkim dostarczają informacji do opisu budowy hydrogeologicznej. Jednakże różnią się one w zasadniczy sposób. Poza dostarczaniem informacji, obiekty hydrogeologiczne mogą zaburzać system hydrogeologiczny i w efekcie wpływać na stan oraz zmianę środowiska naturalnego.

Bardzo dobrze opisuje to prosty przykład przedstawiający lokalizację ujęcia wód, którego eksploatacja powoduje obniżenie poziomu wód podziemnych na pobliskim obszarze prawnie chronionym (rys. 5). W efekcie eksploatacji następuje zaburzenie systemu i zachwianie równowagi w ekosystemie zależnym od wód podziemnych.

Podstawowym wyróżnieniem w części modelu opisującej obiekty hydrogeologiczne jest abstrakcyjna klasa `HydrogeologicalObject` dla obiektów naturalnych oraz wykonanych przez człowieka. Wydzielono tu dwie abstrakcyjne podklasy `HydrogeologicalObjectManMade` oraz `HydrogeologicalObjectNatural`.

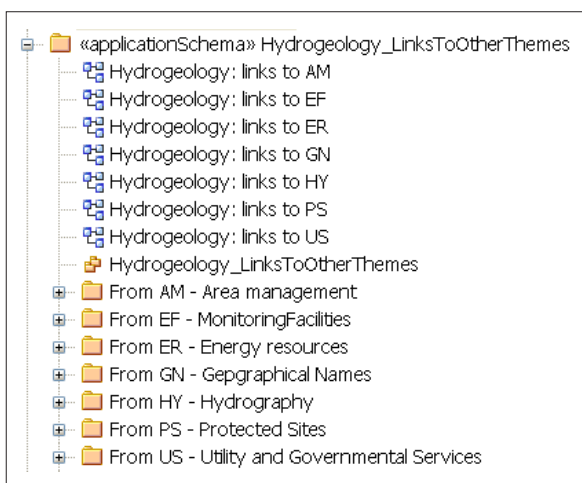


Rys. 5. Schemat przepływu obrazujący wpływ eksploatacji ujęcia na zaburzenie ekosystemu zależnego od wód podziemnych

W obrębie `HydrogeologicalObjectManMade` zdefiniowana została obecnie jedna specjalizacja w postaci `WaterWell`. Choć należy podkreślić różnicę pomiędzy studnią a otworem wiertniczym (`Borehole`), to w modelu zaznaczono asocjację skierowaną do `Borehole`. W przypadku występowania takiego powiązania powinno się wykorzystać geometrię `Borehole` do opisu położenia `WaterWell`. Atrybuty `WaterWell` opisują podstawowe parametry studni.

W modelu wyznaczono dwie podklasy dla `WaterWell:GroundWaterObservationWell` i `GroundWaterAbstractionWell`, gdzie pierwsza jest wykorzystywana do prowadzenia obserwacji, a druga do poboru wód podziemnych. Jedna lub więcej `GroundWaterObservationWell` może wchodzić w skład `GroundWaterMonitoringStation`, gdzie regularnie zbierane są dane o wodach podziemnych. W wyniku badań monitoringowych określa się stan jakościowy i ilościowy wód podziemnych.

Powiązania z innymi tematycznymi specyfikacjami danych INSPIRE



Rys. 6. Pakiet modelu hydrogeologicznego definiujący połączenia z innymi tematami INSPIRE

`GroundWaterMonitoringStation` jest jedynym z wyróżnień w modelu hydrogeologicznym zawartym w wersji 2.0 specyfikacji, odnoszącym się bezpośrednio do innej specyfikacji danych tematycznych, w tym wypadku do tematu Urządzenia do monitoringu środowiska (*Environmental Monitoring Facilities* – EF) (rys. 7).

Mając na względzie liczne powiązania pomiędzy modelem hydrogeologicznym (Michalak, 2009, Nałęcz, 2011) a innymi tematami INSPIRE, autorzy przygotowali propozycję możliwych rozwiązań (rys. 6), dbając o spójność modelu danych INSPIRE jako całości. Jednak w wersji 2.0 specyfikacji dla tematu *Geologia* nie zostały one uwzględnione.

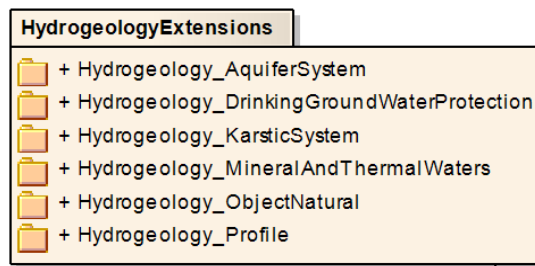
Poniżej przedstawiono kilka przykładów takich powiązań (rys. 8, 9 i 10), gdyż wydaje się, że są one istotne nie tylko dla zachowania spójności modelu, ale także z punktu widzenia praktyki zarządzania zasobami przestrzennymi we Wspólnocie Europejskiej. Ponadto, zakres definicji poszczególnych tematów INSPIRE pozostawia pewne obszary wspólne (INSPIRE DSDT, 2008), które powinny być zagospodarowane i w odpowiedni sposób opisane za pomocą modeli. Poprawne zaprojektowanie relacji pomiędzy modelami tematycznymi będzie na pewno przedmiotem prac zespołów roboczych przed przygotowaniem wersji 3.0. Jednak już teraz należy zwrócić baczną uwagę na te zagadnienia, gdyż mogą one mieć istotne konsekwencje w przyszłości. Zaprojektowane w modelu HY wyróżnienia `SpringOrSeep` i `VanishingPoint` zostały opatrzone odnośnikami do specyfikacji GE. Niestety

obiekty te nie mają wiele wspólnego z praktyką hydrogeologiczną i choć w obecnym modelu zostały umieszczone jako podtyp klasy `HydrogeologicalObjectsNatural` (rys. 7) to w rzeczywistości, zdaniem autorów, powinny być połączone z częścią modelu opisującą procesy hydrogeologiczne w systemach krasowych. Dlatego przygotowana została część modelu (rozszerzenia) `Hydrogeology_KarsticSystem` oraz `Hydrogeology_ObjectNatural`, w której umieszczono klasy będące w relacji z modelem HY (rys. 10).

Jednym z ważnych elementów modelu Gospodarowania obszarem (AM) jest raportowanie. Informacje gromadzone o WFD_GWB zgodnie z wymaganiami RDW powinny zasilać raporty opisane w modelu AM. Dlatego zaproponowano nawigację pomiędzy klasami tych modeli (rys. 9).

W przyrodzie następuje naturalna wymiana wód pomiędzy systemem hydrogeologicznym a hydrograficznym. W większości przypadków wody podziemne są drenowane przez system powierzchniowy. Takie rozwiązanie zostało przewidziane pomiędzy klasami `Aquifer` (GE) i `SurfaceWater` (HY).

W diagramach klas (rys. 9 i 10) występują klasy obiektów, które nie znalazły się w specyfikacji danych dla tematu *Geologia* (INSPIRE TWG Geology, 2011). Opracowany i omówiony w tym artykule model danych zawiera, oprócz pakietów opisujących podstawową część informacji hydrogeologicznej, także rozszerzenia (rys. 11). Rozszerzenia są uzupełnieniem głównej części modelu o kolejne klasy obiektów, niezbędne między innymi do prawidłowego opisu powiązań między modelami. Dla przykładu `ProtectionZone` dla ujęcia wód podziemnych wymagane jest wprowadzenie odpowiednich restrykcji dotyczących użytkowania terenu w tej strefie, a więc ma to wpływ na Gospodarowanie obszarem. Analogiczna sytuacja ma miejsce w przypadku pozwolenia na eksploatację wód mineralnych (`MineralGroundWaterBody`). Wyznaczenia dodatkowych klas, w tym opisujących system zjawisk krasowych, wymaga zapisanie relacji pomiędzy modelem hydrogeologicznym a hydrograficznym. Takich przykładów, jak pokazują przeprowadzone prace nad modelem, jest znacznie więcej. Przedstawione przez autorów rozwiązania są jedynie propozycją wymagającą w przyszłości szczegółowych prac na modelem.



Rys. 11. Pakiety rozszerzeń do podstawowego modelu hydrogeologicznego

Podsumowanie

Budowa infrastruktury informacji przestrzennej w skali całego kontynentu jest zadaniem niezmiernie złożonym, szczególnie w Europie, biorąc pod uwagę liczbę krajów zaangażowanych w ten proces. Wdrażanie dyrektywy INSPIRE wkracza obecnie w decydującą fazę, na początku 2012 roku powinny być znane finalne wersje specyfikacji danych dla 32 tematów. Przygotowywane modele danych powinny być możliwie ogólne, jednocześnie uwzględniać specyfikę poszczególnych krajów członkowskich. Niezbędne jest także dobre opisanie poszczególnych dziedzin z wykorzystaniem schematyzacji podstawowych zjawisk.

Opracowanie modelu hydrogeologicznego stanowiącego tylko część specyfikacji dla tematu *Geologia* okazało się zadaniem skomplikowanym i wymagającym uwzględnienia wielu czynników. Przyjęto założenie wykorzystania w hydrogeologicznym modelu pojęciowym schematu opisującego system przepływu wód podziemnych w ośrodku skalnym (`HydrogeologicalSystem`). Poza teoretycznym ujęciem zagadnienia, zwrócono baczną uwagę na praktyczny aspekt hydrogeologii modelując obiekty hydrogeologiczne. Po pierwsze obiekty te są źródłem informacji o zasobach wód podziemnych i ich stanie. Po drugie stanowią podstawę zaopatrzenia zarówno ludności jak i gospodarki w wodę. Po trzecie pobór wód podziemnych ma bezpośredni wpływ na środowisko, niejednokrotnie oddziałując na różnego rodzaju ekosystemy. Wszystkie te działania wymagają racjonalnej gospodarki zasobami wodnymi, co mają ułatwiać przestrzenne dane hydrogeologiczne.

Wykonano próbę znalezienia kompromisu pomiędzy podejściem zakładającym względną izolację modelu opisującego procesy hydrogeologiczne od ośrodka skalnego a rozwiązaniami zakładającymi pełną integrację geologii i hydrogeologii. W przyjętym modelu system hydrogeologiczny został połączony z modelem geologicznym poprzez `HydeogeologicalUnit`. Relacja pomiędzy `WaterWell` i `Borehole` pozwala wykorzystać atrybuty powiązane ze studnią otworu wiertniczego.

Praktyka wykazuje, że w porównaniu z geologią elementy modelu hydrogeologicznego mają znacznie więcej powiązań z innymi dziedzinami tematycznymi. Fakt ten stał się podstawą do opracowania propozycji relacji pomiędzy klasami hydrogeologicznymi a elementami innych modeli danych. Na obecnym etapie prac relacje te nie zostały uwzględnione w specyfikacji danych, głównie w wyniku krótkiego czasu przeznaczanego na przygotowanie dokumentu. Jednak, mając na względzie spójność modelu INSPIRE jako całości, należy przyjąć założenie, że zostaną rozpatrzone w kolejnym etapie prac.

W wielu przypadkach wdrożenie relacji pomiędzy tematami INSPIRE wymaga także zdefiniowania w modelu nowych klas. Oprócz podstawowej części modelu danych, która znalazła się w dokumencie specyfikacji w wersji 2.0, przygotowano dodatkowych 6 pakietów (*extensions*), których celem jest dokładniejszy opis zjawisk hydrogeologicznych. Między innymi opisują one zagadnienia wód termalnych i mineralnych, strefy ochronne wokół ujęć wód podziemnych, a także krasowy system krążenia wód.

Kolejnym istotnym elementem, który znalazł się w specyfikacji, jest nawiązanie do Ramowej Dyrektywy Wodnej, która jest podstawowym aktem prawnym regulującym zarządzanie zasobami wodnymi w UE. Klasa obiektów `WFD_GWB` została zaprojektowana zgodnie z wymaganiami raportowania do WISE. Jest to pierwszy krok do integracji pomiędzy INSPIRE a innymi dużymi projektami w ramach UE. Należy podkreślić, że w prezentowanym modelu wykorzystano bezpośrednio wiele klas obiektów pochodzących z `GeoSciML` i `GWML` lub zaadaptowano je do przyjętej przez autorów koncepcji konstrukcji modelu.

Model danych hydrogeologicznych jest rozwiązaniem otwartym, obejmującym tylko główne elementy związane z wodami podziemnymi. Zgodnie z założeniami dyrektywy INSPIRE podstawowe komponenty modelu mogą być uszczegóławiane poprzez budowę modeli dziedzinowych. Działania te mogą być prowadzone zarówno na poziomie krajów członkowskich, jak również jako inicjatywy całej wspólnoty europejskiej (`EuroGeoSurvey`). Nic nie stoi także na przeszkodzie, aby rozpocząć prace, których celem byłaby integracja przedstawionego rozwiązania z innymi modelami (`GWML`), co powinno w efekcie zaowocować utworzeniem ogólnoświatowego standardu dla danych hydrogeologicznych.

Literatura

- Boisvert E., Brodaric B., 2008: GroundWater Markup Language Specification v. 1.0.
URL: http://ngwd-bdnes.cits.mcan.gc.ca/service/api_ngwds/en/gwml.html
- CGI (Commission for the Management and Application of Geoscience Information), 2010: GeoSciML Cookbook – How To Map Data to GeoSciML Version 2.1.
URL: http://www.geosci.org/geosci/ml/2.1/cookbook/GeoSciML_Data_CookBook_V2.1_1.0.pdf
- Dowgiało J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A., (red.) 2002: Słownik hydrogeologiczny, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- EC (European Commission), 2009: Guidance Document No. 22 – Updated Guidance on Implementing the Geographical Information System (GIS) Elements of the EU Water policy. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report – 2009 – 028.
URL: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/guidance-no22-nov08pdf_1/_EN_1.0_&a=d
- EP&CEU (European Parliament and Council of the European Union), 2007: Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).
URL: <http://eur-lex.europa.eu/JOHtml.do?uri=OJ:L:2007:108:SOM:EN:HTML>
- EP&CEU (European Parliament and Council of the European Union), 2000: Directive 2000/60/EC (Water Framework Directive), Official Journal of the European Communities L 327.
URL: http://europa.eu.int/comm/environment/water/water-framework/index_en.html
- Gołąb J., 1959: Wykłady na Wydziale Geologii UW w latach 1957-59. Notatki.
- Gołąb J., 1964: Podstawy racjonalnego ujęcia bilansu hydrogeologicznego dla obszaru Polski, Sprawozdania z Czynności i Postępu Naukowego, t. IV, nr 1.
- INSPIRE DSDT (Data Specifications Drafting Team), 2008 – Definition of Annex Themes and Scope.
URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.3_Definition_of_Annex_Themes_and_scope_v3.0.pdf
- INSPIRE DSDT (Data Specifications Drafting Team), 2010: D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.3.
URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3_3.pdf
- INSPIRE TWG Geology (INSPIRE Thematic Working Group Geology), 2011: Data Specification on Geology – Draft Guidelines, URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GE_v2.0.pdf
- Michalak J., 2003: Modele pojęciowe hydrogeologicznych danych przestrzennych – podstawy metodyczne, Biul. PIG - Hydrogeologia, z. V, nr 406, Warszawa.
- Michalak J., 2009: Zadania środowiska hydrogeologów w budowie infrastruktury INSPIRE, Biuletyn PIG, nr 436: 329-334, Warszawa.
- Michalak J., Nawalany M., Sadurski A., (red.) 2011: Schematyzacja warunków hydrogeologicznych na potrzeby numerycznego modelowania przepływu w JCWPd. Wyd. PIG – PIB, Warszawa,
URL: http://www.psh.gov.pl/plik/id,6091,v,artykul_4003.pdf
- Nalęcz T., 2010: Thematic Working Group Geology & Mineral Resources – koncepcja prac nad specyfikacją danych tematycznych INSPIRE, *Roczniki Geomatyki*, t. 8, z. 6, PTIP, Warszawa.
- Nalęcz T., 2011: Hydrogeologia w czasach INSPIRE, Biuletyn PIG, Warszawa (w druku).
- Szymanko J., 1980: Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania, Wyd. Geologiczne, Warszawa.

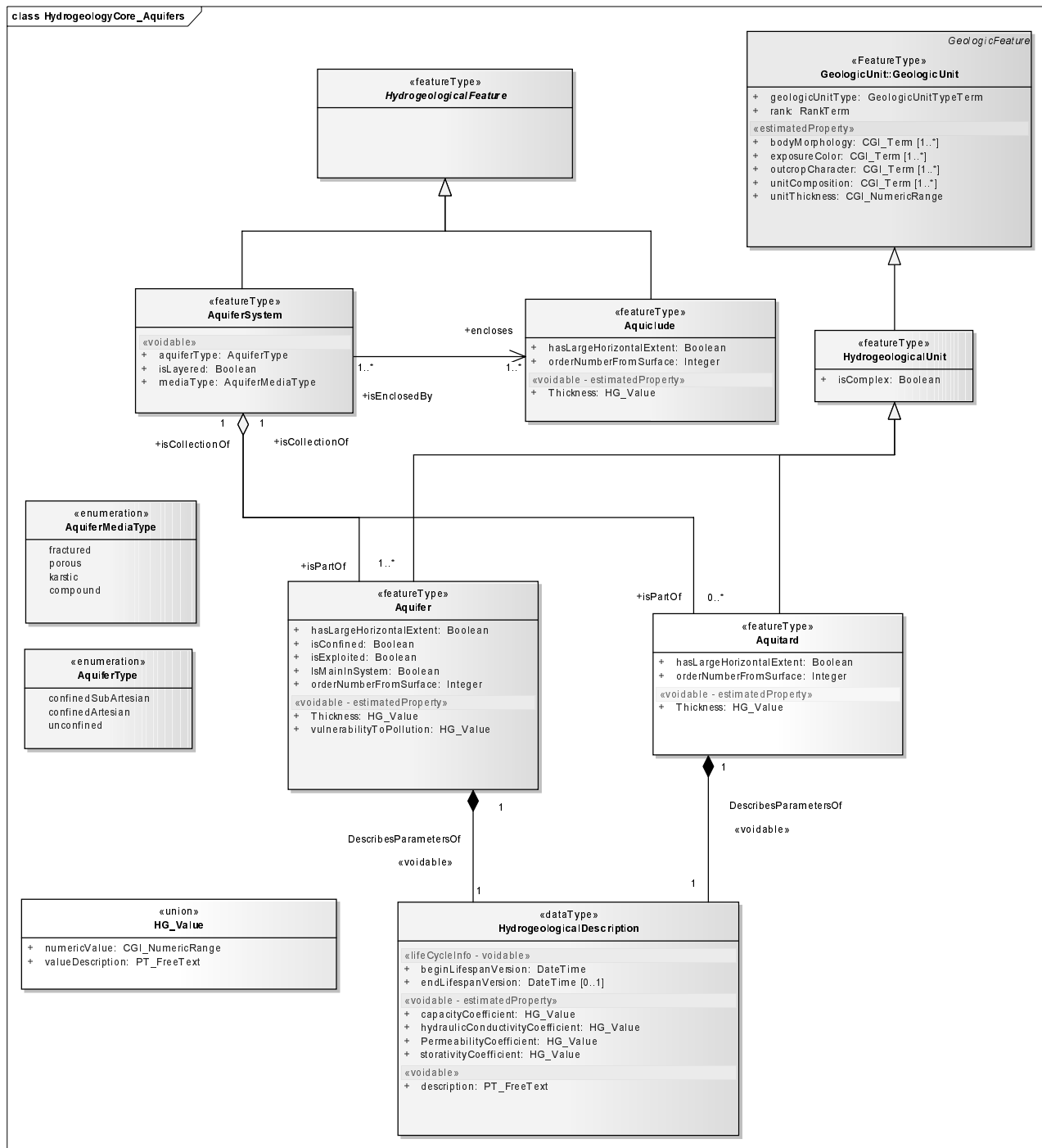
Abstract

One of the most important components of INSPIRE data specifications for the theme Geology (Annex II) describes groundwater (aquifers) issues. Hydrogeology is a practical scientific domain and in the context of INSPIRE directive is characterized by much larger number of links to other thematic domains in comparison to the geology domain itself. In the case of hydrogeology there is also direct

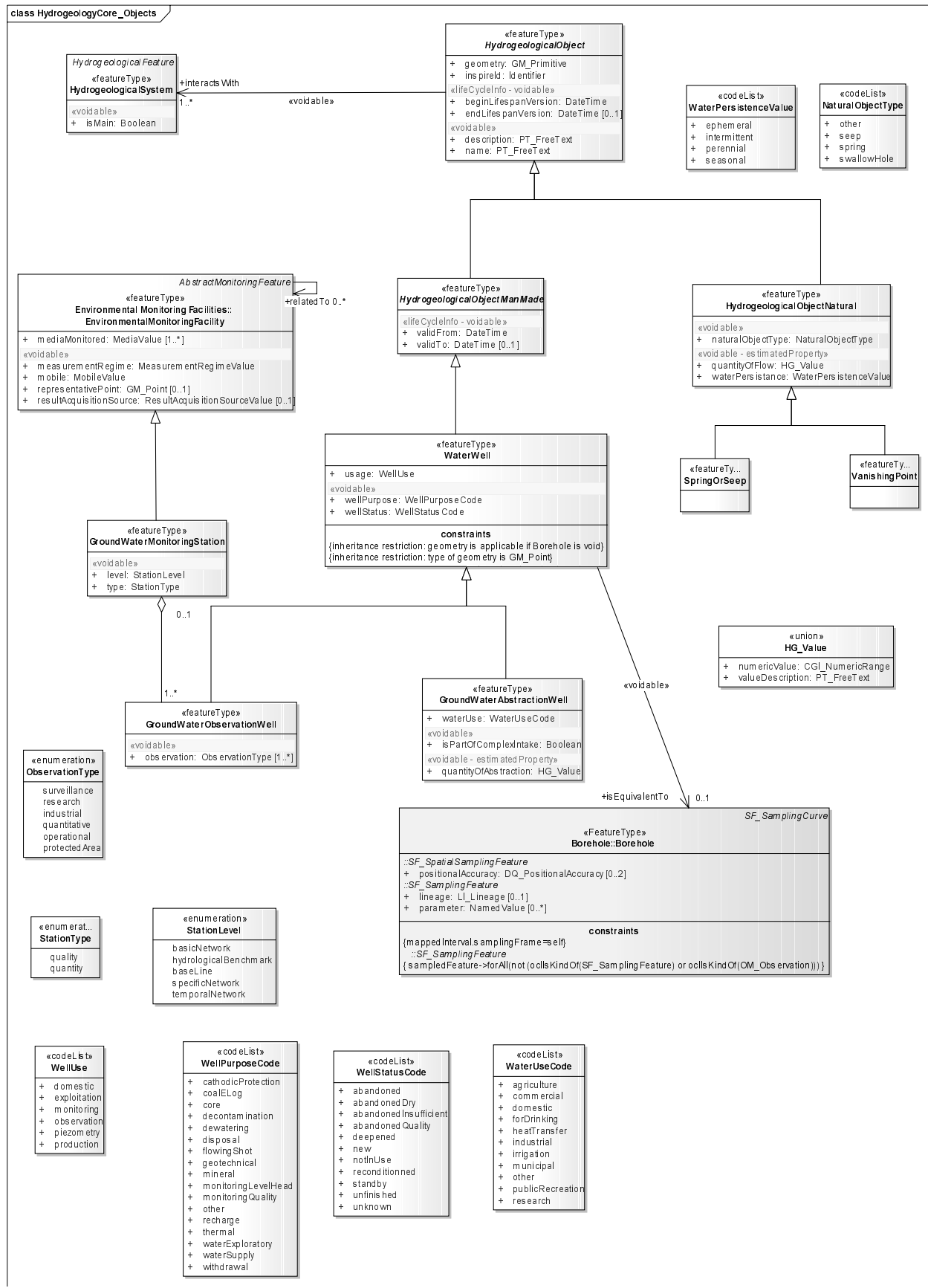
reference towards law regulations such as Water Framework Directive. Data model describing hydrogeology presented in data specifications is undoubtedly a far going simplification of the whole domain. When developing the specifications a much more extended data model was prepared. In that model two general assumptions were established: focus on European groundwater management and hydrogeological point of view in terms of describing and schematization of issues compliant with groundwater. Base on the experience in hydrogeological information management and using the selected classes from other models (GeoSciML - Geoscience Markup Language and GWML - GroundWater Markup Language) a new solution was proposed. It can be the first step to build a European spatial data infrastructure for hydrogeology, and an introduction to development of the model applications.

dr Tomasz Nałęcz
tomasz.nalecz@pgi.gov.pl

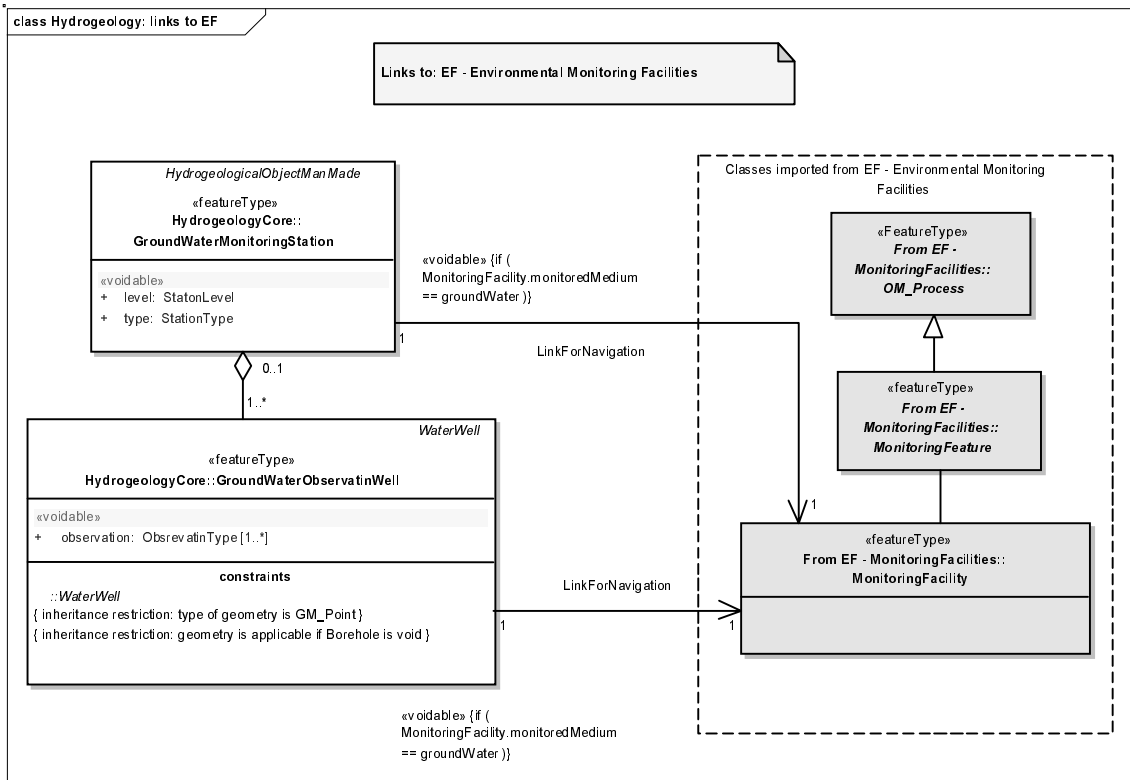
dr hab. Janusz Michalak
j.michalak@uw.edu.pl



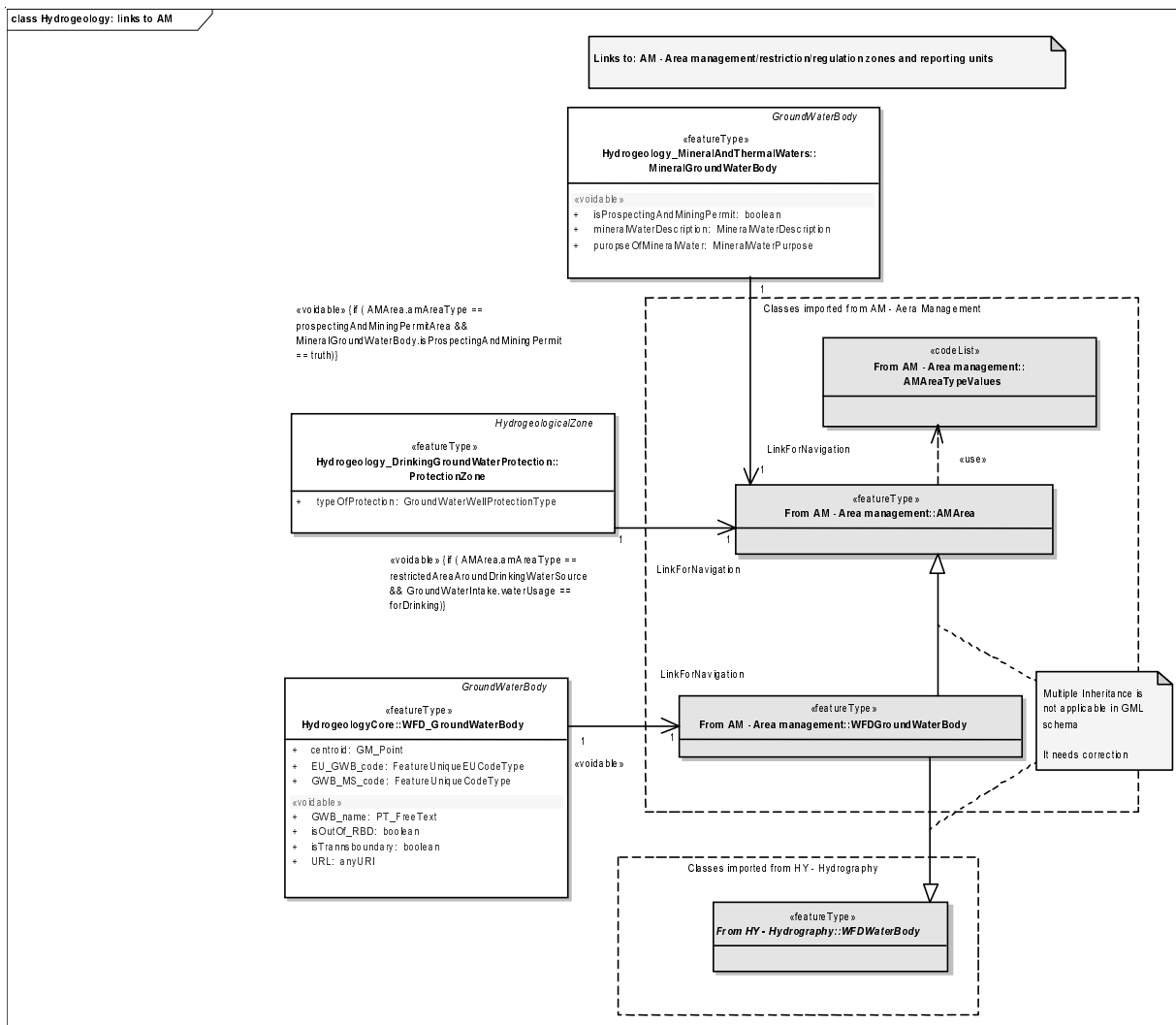
Rys. 3. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego (Aquifers)



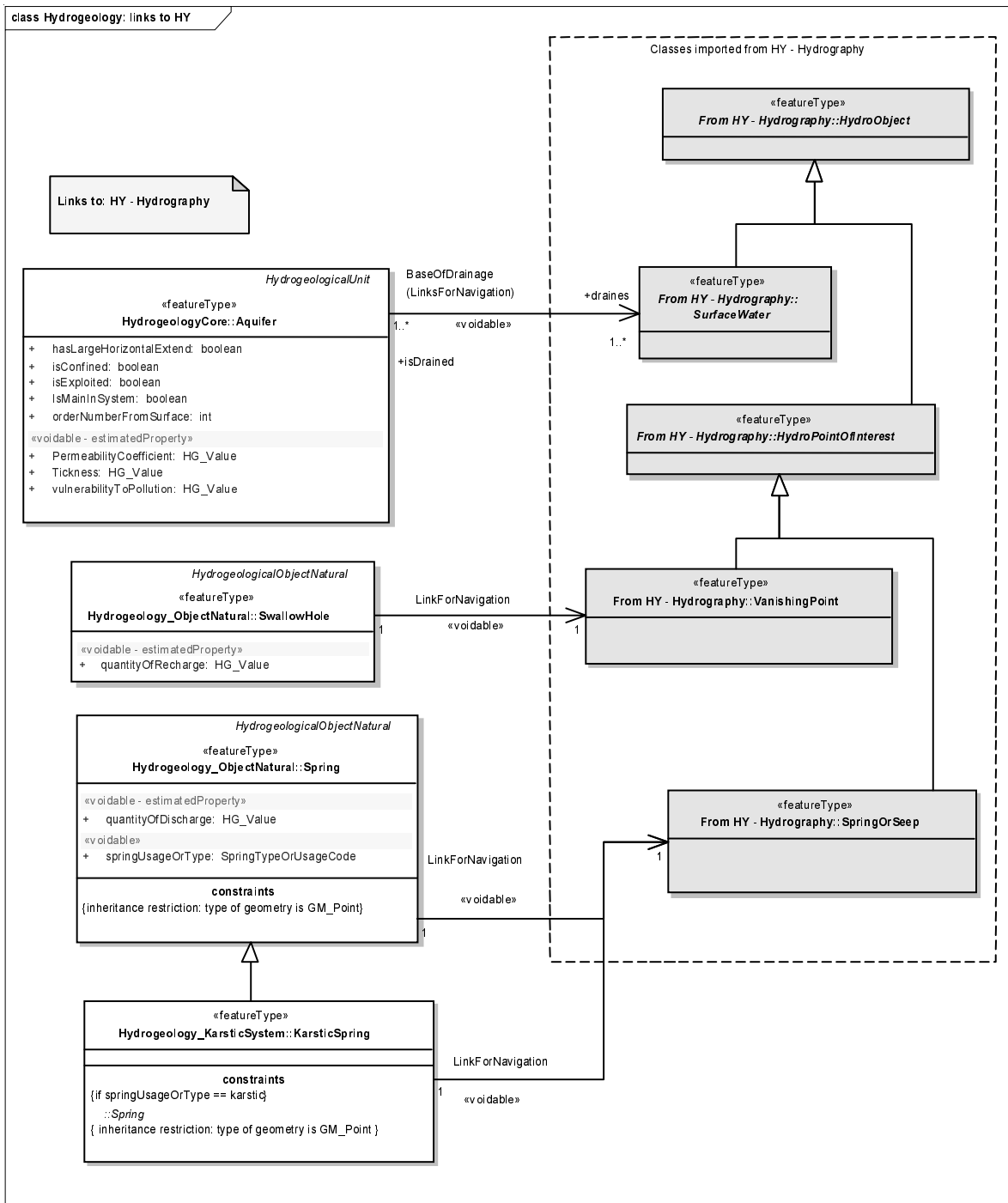
Rys. 7. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego (HydrogeologicalObjects)



Rys. 8. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego wraz z propozycją powiązań z modelem tematu *Urządzenia do monitoringu środowiska*



Rys. 9. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego wraz z propozycją powiązań z modelem tematu *Gospodarowanie obszarem*



Rys. 10. Diagram klas języka UML hydrogeologicznego modelu pojęciowego wraz z propozycją powiązań z modelem tematu *Hydrografia*