

## Kilka uwag o kartografii wglębnej i modelowaniu geologicznym w Holandii

Szerokie wykorzystywanie danych cyfrowych oraz zaawansowane metody ich interpretacji i modelowania umożliwiają rozwój w pełni trójwymiarowych modeli geologicznych, zawierających szczegółowe informacje o strukturze geologicznej podłoża i o jego własnościach. Systematyczne kartowanie geologiczne głębszego podłoża Holandii (poniżej 500 m pod powierzchnią terenu) rozpoczęło się w 1985 r., kiedy to, na zamówienie Ministerstwa Gospodarki tego kraju, Holenderska Służba Geologiczna podjęła się skartowania lądowej części terytorium kraju w celu „spójnego, regionalnego opracowania struktury geologicznej”. W okresie od 1985 do 2004 r. zespół zajmujący się kartowaniem głębszego podłoża wykonał 15 arkuszy map geologicznych, pokrywających obszar o rozmiarach 60 × 75 km, obejmujących w całości lądową część kraju. Arkusze te składają się z map głębokościowych, map miąższości i przekrojów geologicznych całej sekwencji stratygraficznej od paleozoiku do kenozoiku, jak również objaśnień, w tym opisów struktur i obszarów zbiornikowych. Wykonane na potrzeby kartografii analizy biostratygraficzne umożliwiły wydatowanie warstw i określenie paleośrodowisk sedimentacji. Kartowanie obszarów lądowych zakończyło się w 2004 r. wydaniem „Atlasu Geologicznego Holandii – obszary lądowe” (TNO-NITG, 2004 – Geological Atlas of the Subsurface of the Netherlands, 103 str.), zawierającego pełną kompilację wszystkich arkuszy map.

W 2005 r. Holenderska Służba Geologiczna rozpoczęła kartowanie obszarów szelfowych. Ministerstwo Gospodarki postanowiło pobudzić poszukiwania i produkcję na szelfie kontynentalnym oraz przyciągnąć (zagranicznych) inwestorów, udostępniając bez opłat trójwymiarowy model geologiczny. W przeciwieństwie do obszaru lądowego, szelf podzielony został na siedem „arkuszy” kartograficznych zgodnie z granicami głównych mezozoicznych elementów strukturalnych. Prace zorientowane były głównie na zobrażowanie dziesięciu podstawowych jednostek stratygraficznych od górnego permu do neogenu i związanych z nimi uskoku. Zestawienie wszystkich ich interpretacji geologicznych, granic geologicznych i uskoku im towarzyszących dało w rezultacie trójwymiarowy model struktury geologicznej w czasie, a w wyniku konwersji czasowo-głębokościowej wymodelowano rzeczywistą strukturę geologiczną. Parametry geometryczne i zbiornikowe warstw zakodowanych w modelu określono na podstawie szczegółowej interpretacji litostratygraficznej i analiz petro-

fizycznych w dostępnych otworach wiertniczych (Duin E.J.T., Doornenbal J.C., Rijkers R.H.B., Verbeek J.W. & Wong T.E., 2006 – Subsurface structure of the Netherlands; results of recent onshore and offshore mapping. *Netherlands Journal of Geosciences*, 85: 245–276.). Dodatkowo, wykorzystanie cyfrowych pomiarów prędkości oraz wysokiej jakości zdjęć sejsmicznych 3D znacząco zmniejszyło zakres niepewności modelu.

Po ukończeniu w 2010 r. kampanii kartowania w przestrzeń 4D (modelowanie procesów zmieniających się w czasie) holenderskiego szelfu (Kombrink H., Doornenbal J.C., Duin E.J.T., Den Dulk M., Van Gessel S.F., Ten Veen J.H. & Witmans N., 2012 – New insights into the geological structure of the Netherlands; results of a detailed mapping project. *Netherlands Journal of Geosciences*, 9: 419–446), Holenderska Służba Geologiczna zajęła się lądową częścią terytorium kraju. W obliczu ponownego zainteresowania i sukcesów w eksploatacji energii geotermalnej pojawiła się potrzeba uzupełnienia dotychczasowych map o nowo pozyskane dane, zawierające też dane parametryczne skał. Zaktualizowane i rozszerzone interpretacje dostępnych danych, wraz z nowymi technikami modelowania, umożliwiają opracowanie udoskonalonych „ramowych” modeli budowy geologicznej o lepiej określonych geometriach i parametrach. Co więcej, z uwagi na potencjalne niekonwencjonalne zasoby ropy i gazu, obecnie w centrum zainteresowania zarówno inwestorów, jak i Holenderskiej Służby Geologicznej znalazły się również sekwencje paleozoiczne i kenozoiczne, które wcześniej nie były badane.

Dodatkowym elementem obecnych prac kartograficznych jest określenie prawdopodobnego zakresu głębokości i miąższości każdej warstwy w każdym punkcie modelu. Kolejnym uzupełnieniem modelu budowy geologicznej lądowej i morskiej części Holandii jest tzw. modelowanie basenów, które przenosi model 3D w domenę 4D. Określane są wtedy własności skał, płynów porowych i parametry dojrzałości substancji organicznej, jak też miąższość warstw przed erozją. Wszystkie te parametry znajdują zastosowanie w regionalnym modelowaniu historii pograżania warstw i analizie systemów naftowych. Wyniki badań rzucają światło na ewolucję geologiczną obszaru oraz perspektywy wykorzystania złóż węglowodorów.

*Johannes C. Doornenbal  
Holenderska Służba Geologiczna (TNO)  
Tłumaczył Bartosz Papiernik*