

# Mapa warstwobarwna jako nowe narzędzie przy ocenie wpływu drzew na stabilność posadowienia obiektów budowlanych

Colorful layer map as a new tool for assessing the impact of trees on the stability of the foundation of construction buildings

dr inż. Tomasz Jeż (ORCID: 0009-0002-1277-7442), dr Michalina Flieger-Szymańska (ORCID: 0000-0001-8843-5559), Politechnika Poznańska

DOI: 10.5604/01.3001.0054.4888

**Streszczenie:** W związku z dostrzeżonymi wadami dotychczas stosowanej metody analizy wpływu drzew na stabilność posadowienia obiektów budowlanych autorzy postanowili zmienić kilka szczegółów procedury. Postanowiono wykorzystać pomysł stosowany już od dawna w innych dziedzinach wiedzy – mapę warstwobarwną. W artykule zamieszczono praktyczne wskazówki, jak taką mapę wykonać i zinterpretować.

**Słowa kluczowe:** mapa warstwobarwna, obiekty budowlane, ekosystem.

**Abstract:** Due to the noticed shortcomings of the previously used method of analyzing the impact of trees on the stability of the foundations of building structures, the authors decided to change several details of the procedure. It was decided to use an idea that has long been used in other fields of knowledge – a color layer map. The article contains practical tips on how to create and interpret such a map.

**Keywords:** color layer map, building objects, ecosystem.

## 1. Wprowadzenie

Podłoże budowlane jest ośrodkiem bardzo złożonym. Obiekt budowlany wprowadzony w ten ośrodek ma pełnić dla człowieka funkcję gwaranta stabilności przez wiele lat. Jest jednak biogennym, sztucznym elementem wprowadzonym w ekosystem. Aby zapewnić wieloletnią stabilność, należy uwzględnić wszystkie aspekty ekosystemu. Jednym z nich jest jego zmienność. Jeśli w podłożu znajduje się grunt wrażliwy objętościowo na zmiany wilgotności to ekosystem, w skład którego on wchodzi, jest wyjątkowo dynamiczny dla celów budowlanych. Budowanie w takiej sytuacji nie jest niemożliwe, należy jednak to czynić z właściwą rozważą i wiedzą inżynierską. Zwłaszcza gdy w perspektywie jest obecność drzew.

## 2. Strefa wpływu drzewa

Drzewo, w ogólnym podziale, składa się z trzech elementów: korony, pnia i korzeni. Wszystkie te elementy tworzą jedną całość przystosowaną do szybkiego przesyłu wody na trasie „podłoże – atmosfera”. Woda płynie sama bez energetycznego wkładu drzewa, jest to tak zwany „mechanizm bierny”. Niewielką ilość przepływającej wody drzewo wykorzystuje do celów własnych. Reszta jest podłączana do cyklu hydrologicznego. Efektem jest wysuszenie podłoża. W upalny

dzień jedna topola jest w stanie odprowadzić do atmosfery 200 litrów wody.

W podłożu tworzy się strefa wysuszana w rejonie korzeni. Jeśli są w niej grunty wrażliwe objętościowo na zmiany wilgotności (błędnie nazywane „ekspansywnymi”, czyli grunty spoiste z montmorylonitem w składzie oraz grunty organiczne), następuje w tej strefie skurcz. Objawia się to obniżaniem poziomu terenu i osiadaniami wszystkich zlokalizowanych tam obiektów. Jeśli grunt ma wysoki potencjalny skurcz i znaczną miąższość, osiadanania takie mogą osiągnąć kilkanaście centymetrów. Obiekty budowane w takich warunkach trzeba projektować i eksploatować bardzo rozważnie. Kluczowe jest właściwe kształtowanie otaczającej obiekt zieleni, a zwłaszcza lokalizacja drzew.

Wokół każdego drzewa w podłożu powstaje strefa składająca się z podłoża i korzeni, tak zwana ryzosfera, albo strefa wpływu drzewa na podłoże. W celu uproszczenia opisu, w dalszej części pracy autorzy będą używali słowa „strefa”. Strefa ta może formować się w rozmaity sposób i właściwie za każdym razem powinna być dokładnie zbadana poprzez wiercenia badawcze i wykonanie profilów wilgotności podłoża. Byłoby to jednak kosztowne, w związku z tym przyjęto pewne uproszczenia, które nie budzą zastrzeżeń w literaturze dendrologicznej. Otóż strefa ta ma kształt odwróconego stożka. Jego podstawa położona jest na poziomie terenu, a wysokość

jest przedłużeniem pnia. Zasięg strefy określony jest na 1,5 wysokości drzewa (liczonej od poziomu terenu) [1]. Szacuje się, że pole największego przekroju pionowego korony drzewa równe jest polu największego przekroju pionowego strefy wpływu drzewa. Dzięki temu założeniu można z wystarczającą dokładnością obliczyć rozmaite elementy geometrii strefy oraz szacować wielkość potencjalnych osiadań [2].

Drzewa różnią się od siebie nie tylko kształtem, wysokością, korą, liśćmi itd. Różnią się też „mocą” wysuszenia podłoża, czyli intensywnością wpływu na podłoże. W literaturze ta intensywność obliczana jest w rozmaity, czasami dość złożony sposób. Na potrzeby tej pracy przyjęto prostą, ale wystarczającą metodę. Intensywność wpływu drzewa na podłoże opisuje parametr  $I_{WPL}$  wyrażany w punktach [2].  $I_{WPL}$  wynosi:

- 1 – dla drzew iglastych (w tym łuskowatych),
- 2 – dla głogu, robinii akacjowej, jarzębów, kasztanowców, klonów (z wyjątkiem jesionolistnego), leszczyny, olch, orzecha włoskiego, płatanu, drzew owocowych (jabłoni, wiśni, czereśni, śliwy, gruszy, moreli itp.),
- 3 – dla bożodrzewu, buku, dębu, grabu, jesionu, klonu jesionolistnego, lip, morwy, sumaka, topoli, wiązu.

### 3. Mapy wpływów drzew

Mapę stref wpływów drzew nanosi się na planie sytuacyjnym analizowanej działki z zaznaczonym obrysem budynku. Skala mapy powinna być dostosowana do zakresu analizy. Na mapie powinny być naniesione drzewa w postaci punktów oznaczających środek pnia. Ten środek pnia jest zarazem środkiem strefy wpływu. Strefa ma promień równy 1,5 wysokości drzewa. Jeśli wykonujemy mapę diagnozy wpływu drzew, stosujemy aktualną wysokość drzewa. Jeśli celem jest prognoza, wykorzystujemy wysokość maksymalną charakterystyczną dla gatunku. Każda strefa ma swoją  $I_{WPL}$ . Na mapie do tej pory rysowano to w postaci średnic. Im wyższa intensywność – tym więcej średnic w okręgu oznaczającym strefę. Jeśli strefy się przenikały, to przecinały się średnice tych stref. Na podstawie zagęszczenia średnic na mapie wpływów można było dokonać interpretacji mapy, czyli ustalić zróżnicowanie oddziaływania drzew na podłoże i analizowany budynek. Metoda ta była efektywna wizualnie. Niestety stosunkowo pracochłonna i w przypadku dużej ilości drzew mało czytelna. Często zarys obiektu niknął w gąszczu średnic więc interpretacja była trudna do przeprowadzenia i mało zrozumiała zwłaszcza dla niewtajemniczonych osób.

### 4. Mapy warstwowbarwne

#### 4.1. Charakterystyka, rys historyczny

Mapa warstwowbarwna w języku polskim występuje częściej pod nazwą mapy hipsometrycznej. Jednak geograficzne skojarzenie tej drugiej nazwy spowodowało, że autorzy pracy zdecydowali się na wykorzystanie w geotechnice pierwszego wariantu. Zresztą, cytując encyklopedię PWN: „hipsometria (gr.

*hypsos* ‘wysokość’, *metréō* ‘mierzę’) to dziedzina geodezji i kartografii zajmująca się wyznaczeniem ukształtowania terenu na podstawie pomiarów wysokości punktów terenu względem przyjętego poziomu odniesienia (zwykle poziomu morza). Jak więc widać, termin „mapa warstwowbarwna” jest terminem bardziej adekwatnym i w dodatku polskim.

Odzwierciedlenie oddziaływań drzew na podłoże gruntowe nie jest proste. Wymaga wiedzy geotechnicznej i dendrologicznej. Wykorzystanie koloru pozwala w lepszy sposób ukazać i ocenić wpływ drzew na bezpieczeństwo posadowienia obiektów budowlanych. Zastosowanie map warstwowbarwnych ułatwi diagnozę i prognozę tego wpływu.

Według zapisów historycznych pierwszą osobą, która zastosowała barwy w swoich mapach był Leonardo da Vinci. W roku 1502 został mianowany nadwornym architektem z ręki księcia Cesare Borgia. Pierwszym powierzonym mu zadaniem był pomiar i umocnienie warowni w północnej Italii w mieście Imola koło Bolonii. Wykonanie mapy zabrało Leonardowi 3 miesiące i zostało uznane za najbardziej idealny plan miasta renesansu włoskiego.

Jak wskazuje nazwa, mapy warstwowbarwne składają się z warstw i barw. Na mapie naniesione są warstwice, czyli krzywe linie łączące na mapie punkty, wyznaczające te same wartości jakiegoś parametru (np. wysokości lub  $I_{WPL}$ ). Linie te tworzą cięcie poziomicowe, czyli cięcie powierzchni terenu płaszczyznami poziomymi, równoległymi i oddalonymi od siebie najczęściej o jednakową wartość.

Barwy na mapach hipsometrycznych nanosi się według zasady warstwowbarwienia map, czyli pokrywania kolorem pól między warstwicami w celu uplastycznienia obrazu lub wyróżnienia istotnych dla mapy elementów. W stosowanych barwach stosuje się ich różnorodność oraz efekt przechodzenia barw w inne za pomocą rastrowania, wspomagający wybór tonów skali barw [4]. Skale barw i ich rodzaje można dobrać w sposób subiektywny, jednak zaleca się stosowanie pewnych przyjętych norm czy tradycji w danym kraju. Przez okres rozwoju tego typu map rozwinęły się pewne zasady w sposobie najlepszego doboru barw. Jedną z zasad, które zostały przyjęte z dużym szacunkiem w środowisku naukowym jest idea zastosowania barw według skali Peuckera. Owa idea oparta jest o zasady Hauslaba: „im wyżej, tym ciemniej, im niżej, tym ciemniej”. Według Peuckera rodzaj koloru oraz jego intensywność oddziałuje na ludzkie emocje w taki sposób, że człowiek potrafi dzięki temu rozróżnić wysokości naniesione na mapach, a więc barwy takie jak czerwony, brązowy, żółty odczuwane są bliżej czy bardziej wyniosłe, a kolory niebieski, fioletowe czy zielony jako bardziej oddalone, zatem w niższych rzędnych wysokościowych. Modyfikując tonacją intensywności barwy, uzyskuje się efekt przejścia pomiędzy kolejnymi barwami czy wysokościami [3].

#### 4.2. Inwentaryzacja drzew na badanym terenie

Wykonanie mapy warstwowbarwnej rozpoczyna się od wykonania planu sytuacyjnego badanego terenu w odpowiedniej

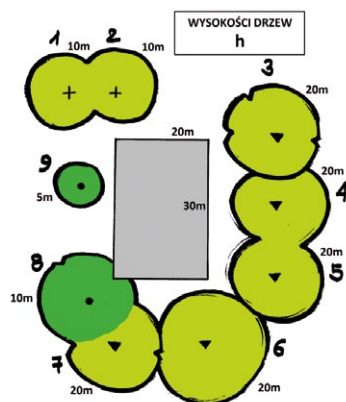
skali wraz z zarysem kształtu budynku. Na planie należy nanieść drzewa w postaci punktów oznaczających środek pnia. Zaleca się wykonanie w oddzielnej tabeli inwentaryzacji wszystkich branych pod uwagę drzew. Powinna ona zawierać numer porządkowy drzewa, gatunek, aktualną i maksymalną wysokość drzewa ( $h$  i  $H$ ), zasięg strefy wpływu aktualny i maksymalny ( $1,5 \times h$  oraz  $1,5 \times H$ ) oraz intensywność wpływu ( $I_{WPL}$ ). Opcjonalnie można tabelę uzupełnić o średnicę drzewa w pierśnicy, stan i wiek drzewa.

Warto oznaczyć drzewo na planie numerem porządkowym i intensywnością wpływu wykorzystując do tego symbole:

- $I_{WPL} = 1$  – „•” (kółko, kropka),
- $I_{WPL} = 2$  – „+” (punkt przecięcia powinien znaleźć się na środku strefy),
- $I_{WPL} = 3$  – „▼” (odwrócony trójkąt; dolny wierzchołek powinien wskazywać lokalizację drzewa).

### 4.3. Rysowanie stref wpływu drzew

Na planie zaznacza się wszystkie strefy wpływu drzew w postaci okręgów o średnicy wynoszącej  $1,5 \times h$  lub  $1,5 \times H$  w zależności od rodzaju analizy (diagnoza czy prognoza). W każdej strefie należy wpisać wartość punktową  $I_{WPL}$ . Jeśli przenika się kilka stref, należy sumować ich wartość punktową  $I_{WPL}$  i wpisać w figurę powstałą w wyniku przenikania się stref. Każda figura na planie powinna mieć wpisaną wartość sumy  $I_{WPL}$ .



Rys. 1. Inwentaryzacja drzew

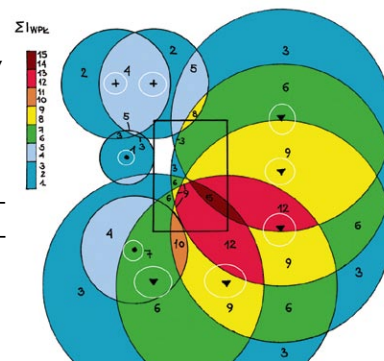
### 4.4. Ustalanie skali barw

Po podliczeniu i wpisaniu w figury sum  $I_{WPL}$  należy ustalić liczbę kolorów, które wykorzysta się do wykonania mapy warstwowarwnej. Najlepszą czytelność zdaniem autorów uzyskuje się przy siedmiu kolorach: ciemnoniebieski, jasnoniebieski, zielony, żółty, pomarańczowy, czerwony i brązowy. Kolor ciemnoniebieski przyjmuje się dla  $I_{WPL}$  w zakresie od 1 do 3. Kolor brązowy oznacza maksymalną wartość  $I_{WPL}$  wśród oznaczonych na mapie pól przenikań stref. Następnie różnicę między maksymalnym  $I_{WPL}$  a  $I_{WPL}$  równym 4 dzieli się możliwie równomiernie na wszystkie kolory. W rezultacie otrzymuje się skalę barw, którą należy umieścić na mapie w widocznym miejscu wraz z opisem.

### 4.5. Wprowadzanie kolorów na mapę

Ostatnim etapem wykonania mapy warstwowarwnej jest wypełnienie pól odpowiadającymi im kolorami wynikającymi z przyjętej skali i wartości sumy  $I_{WPL}$  wpisanej w każde pole. Aby uzyskać większą czytelność mapy, można zrezygnować

Rys. 2. Mapa warstwowarwna stref wpływu drzew i skala barw



z czarnych okręgów ograniczających strefy wpływów.

### 4.6. Interpretacja mapy

Po wykonaniu mapy warstwowarwnej należy dokonać jej analizy:

- ocenić równomierność wysuszenia podłoża przez drzewa (niebezpieczne jest duże zróżnicowanie kolorów w ramach obiektu budowlanego,
- ocenić zagrożenie istniejącego obiektu budowlanego ze strony każdego drzewa (kolor brązowy oznacza maksymalne wysuszenie, a więc możliwość spadku wilgotności naturalnej podłoża poniżej granicy skurczu, a to jest sytuacja stabilna – trzeba ją utrzymać),
- zaplanować lokalizację nowego obiektu budowlanego,
- ocenić potrzebę korekty w ukształtowaniu zieleni na analizowanej działce (wycięcie drzew zaburzających sytuację lub dosadzenie nowych),
- przewidzieć zakres dodatkowych badań geotechnicznych w rejonie obiektu (ich liczbę, rodzaj i lokalizację) w celu precyzyjnej oceny sytuacji,
- ocenić potrzebę interwencji budowlanej (pogłębienie fundamentów, wykonanie przegrody w podłożu i jej lokalizację).

### 5. Podsumowanie

Wykonanie mapy stref wpływu drzew na obiekt budowlany jest prostym narzędziem inżynierskim do oceny sytuacji geotechnicznej pod kątem istniejących w terenie drzew. Obarczone całym szeregiem założeń i uproszczeń nie pozwala na daleko idące wnioski, pozwala jednak na wstępną ocenę sytuacji i zaprogramowanie dalszych działań. Wprowadzenie barw do tego narzędzia ułatwia interpretację i zmniejsza prawdopodobieństwo ominięcia istotnych aspektów analizy stabilności posadowienia obiektów budowlanych. Zaletą metody jest też jej bezinwazyjność w środowisko i krótki czas realizacji, a więc szybkie wnioski. Obecnie planowana jest automatyzacja wykonywania map warstwowarwnych stref wpływu drzew na podłożu z wykorzystaniem technik komputerowych.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Jeż J., Biogeotechnika, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2008
- [2] Jeż T., Wpływ czynników przyrodniczych na stabilność posadowienia obiektów budowlanych, praca doktorska, Poznań, 2010
- [3] Ostrowski J., Dokumentacja Geograficzna, Z. 1, Mapy hipsometryczne Polski przegląd historyczno-bibliograficzny, Warszawa, Wydawnictwo Instytut Geografii PAN, 1969
- [4] Drabek J., Piątkowski F., 1000 Słów o mapach i kartografii, Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa, 1989