



TAKING  
COOPERATION  
FORWARD

-  Szkolenie dotyczące zanieczyszczeń terenów przemysłowych w ramach projektu GreenerSites. Bydgoszcz, styczeń 2019 r.
-  Sposoby migracji zanieczyszczeń, modele konceptualne i matematyczne

 Grzegorz Gzyl, Główny Instytut Górnictwa



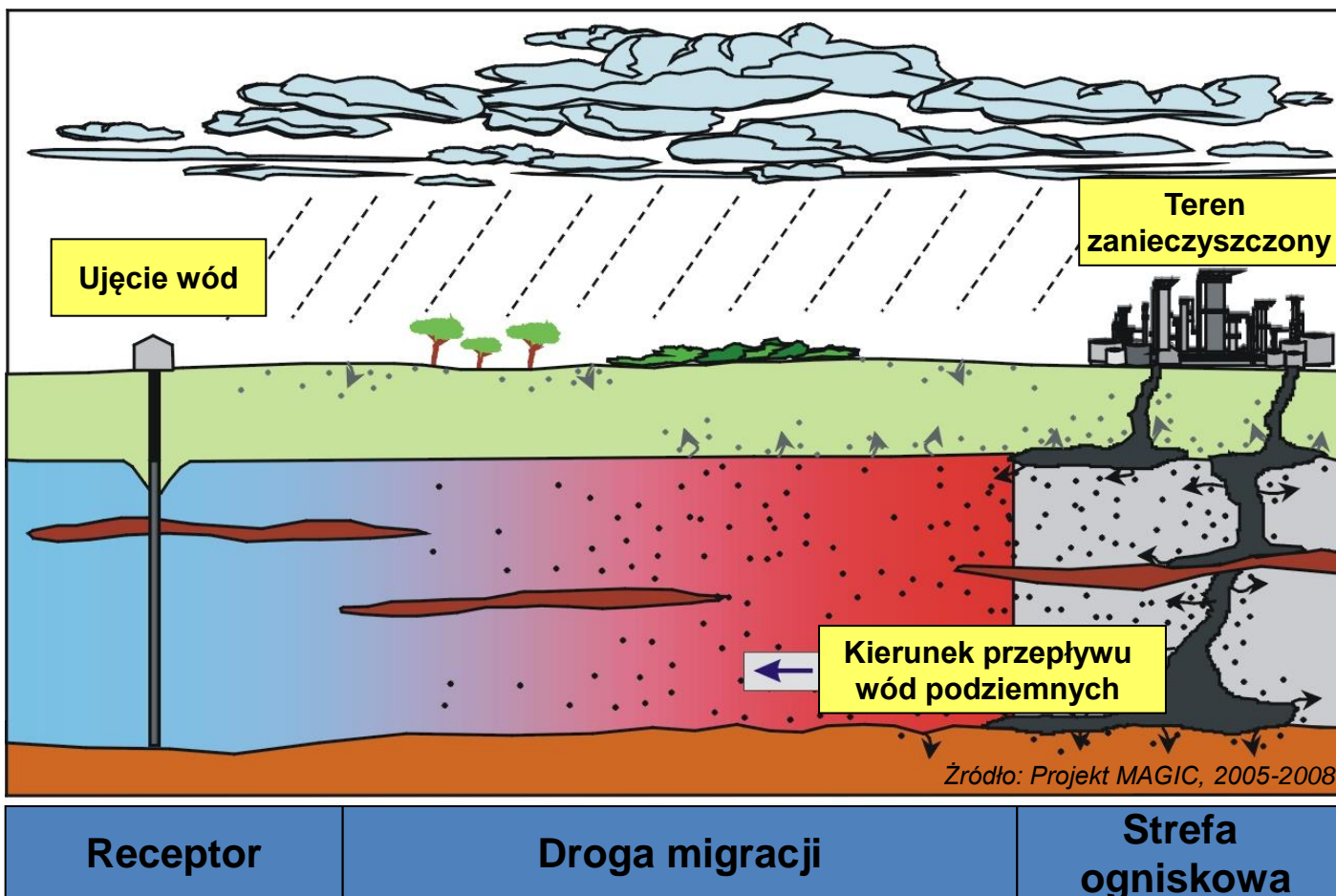
# Plan szkolenia



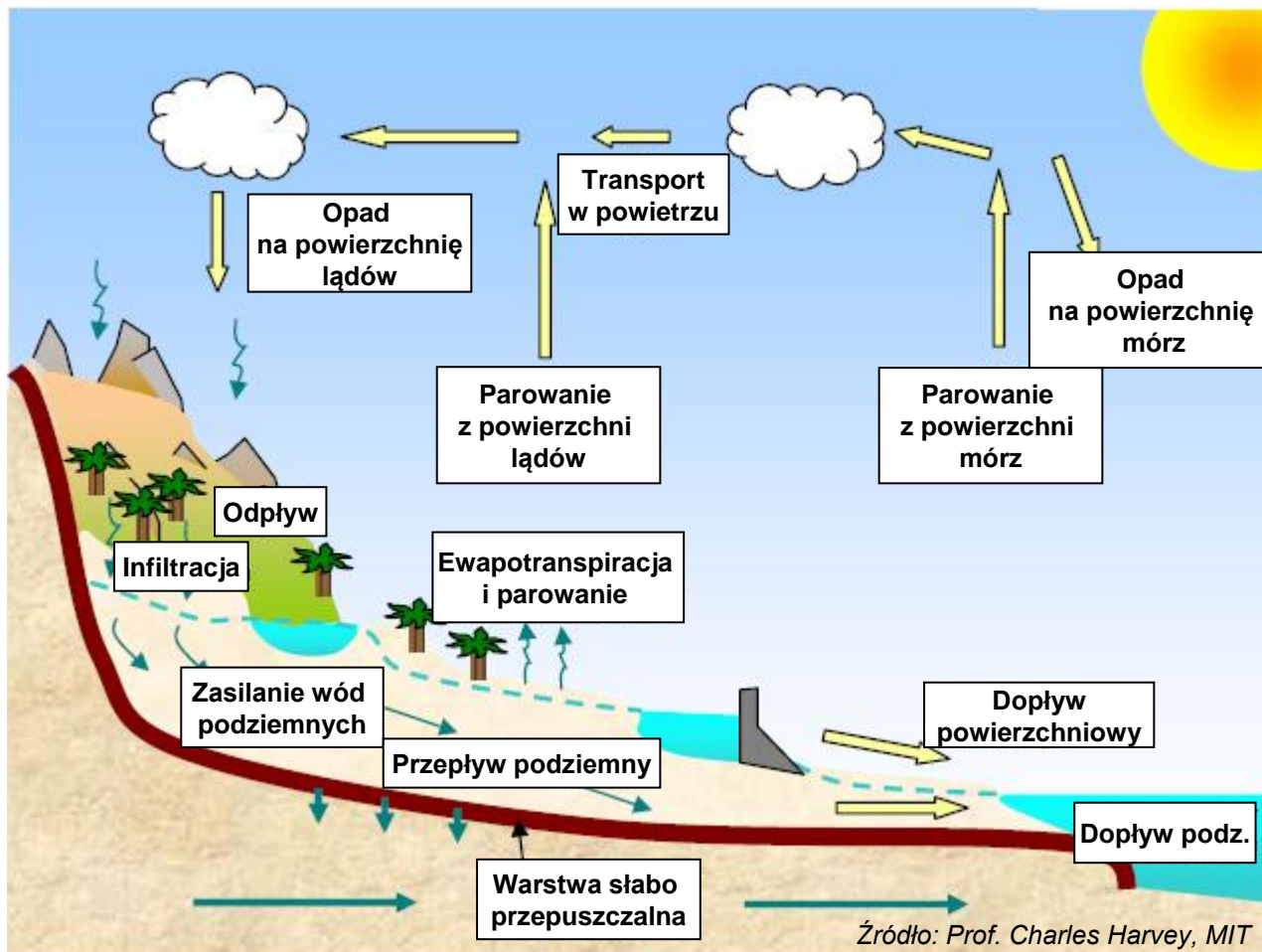
- Wprowadzenie teoretyczne
  - Przepływ wód podziemnych
  - Migracja zanieczyszczeń
  - Modelowanie konceptualne i matematyczne
- Praktyczne przykłady zastosowania modelowania konceptualnego i matematycznego



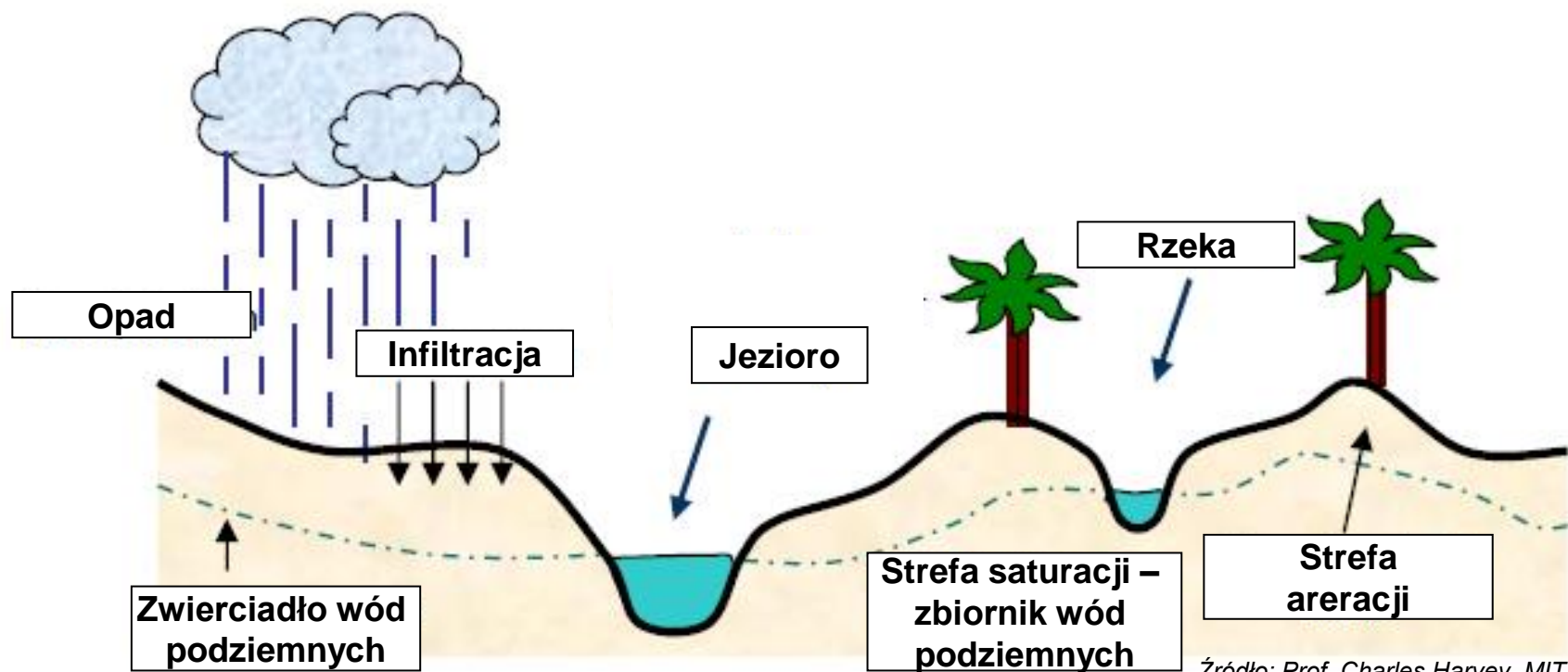
# Migracja zanieczyszczeń



# Obieg wody w przyrodzie

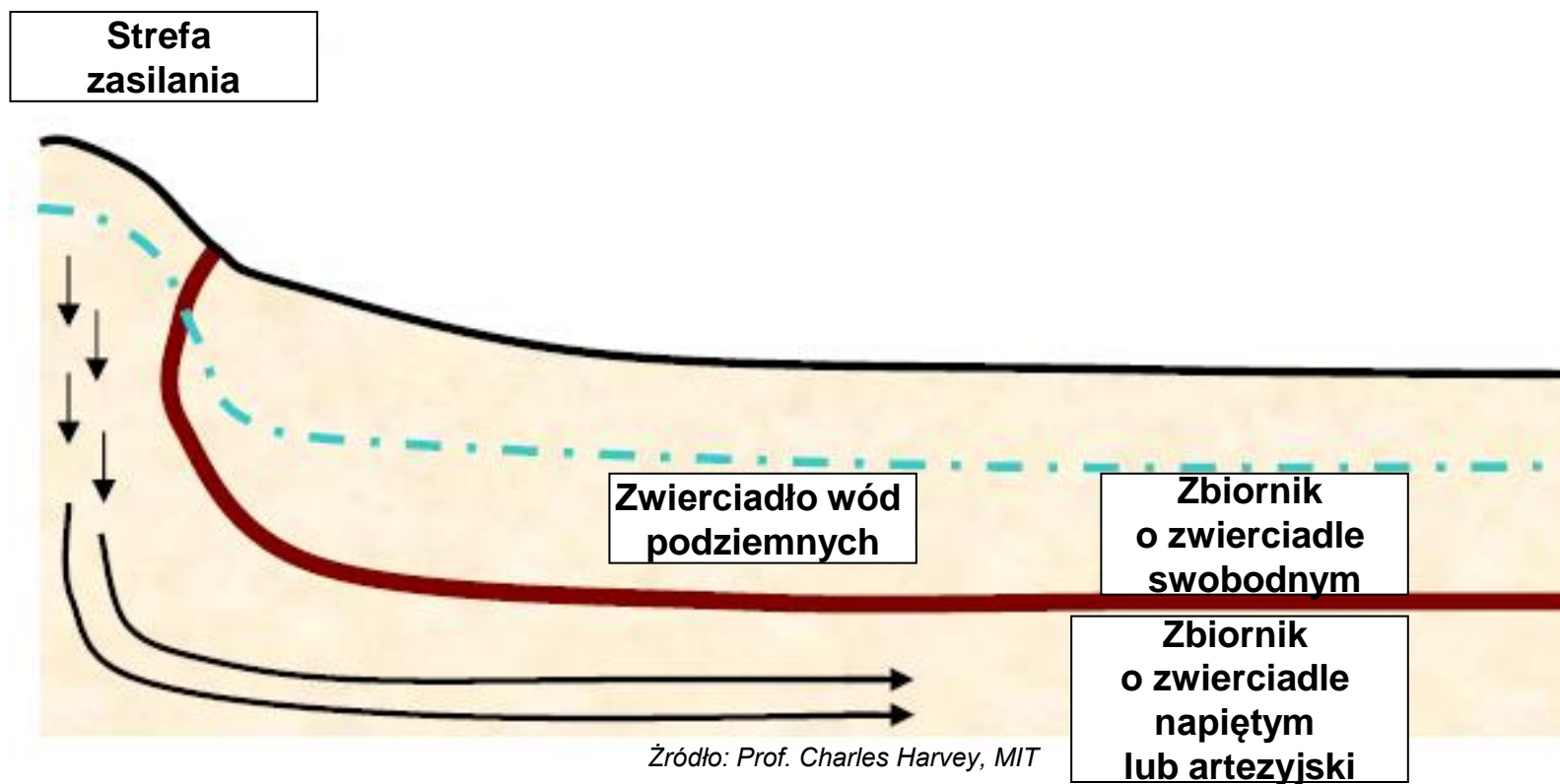


# Strefa aeracji i saturacji – zbiorniki wód podziemnych

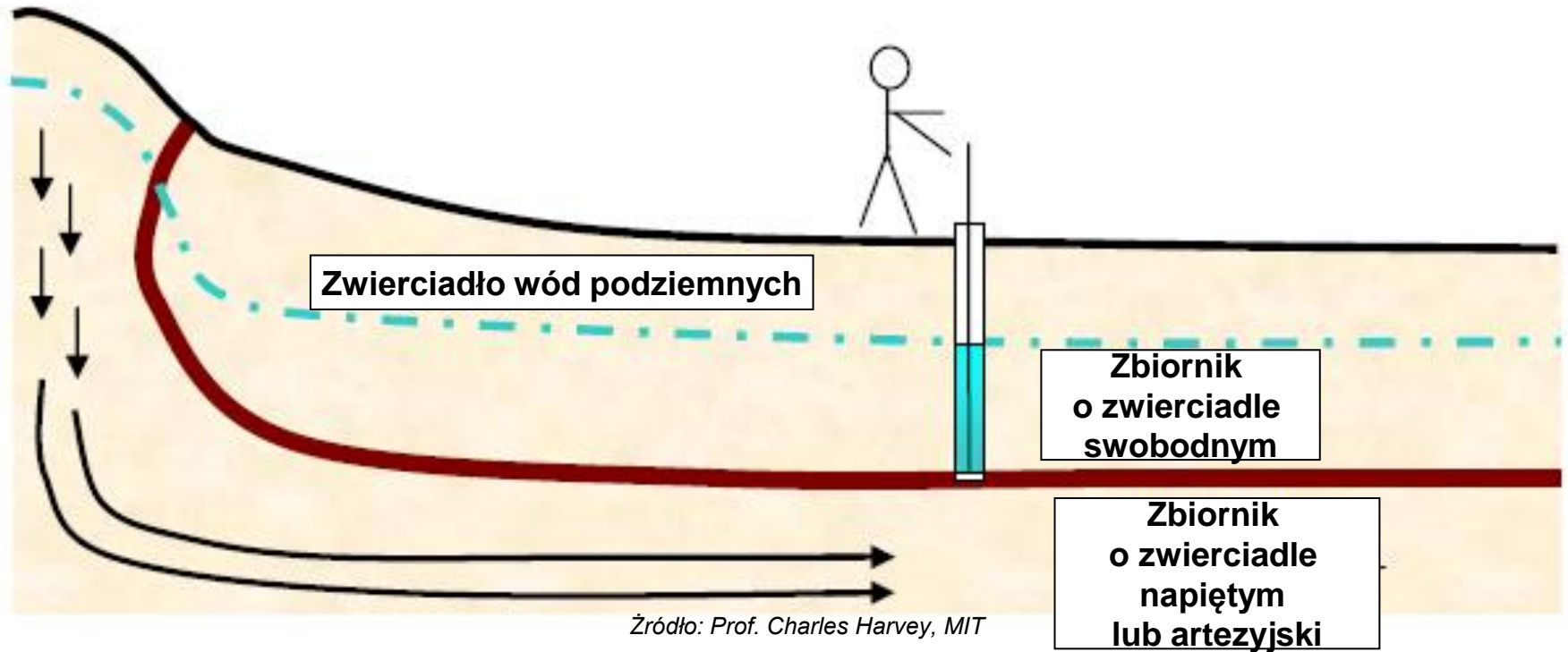




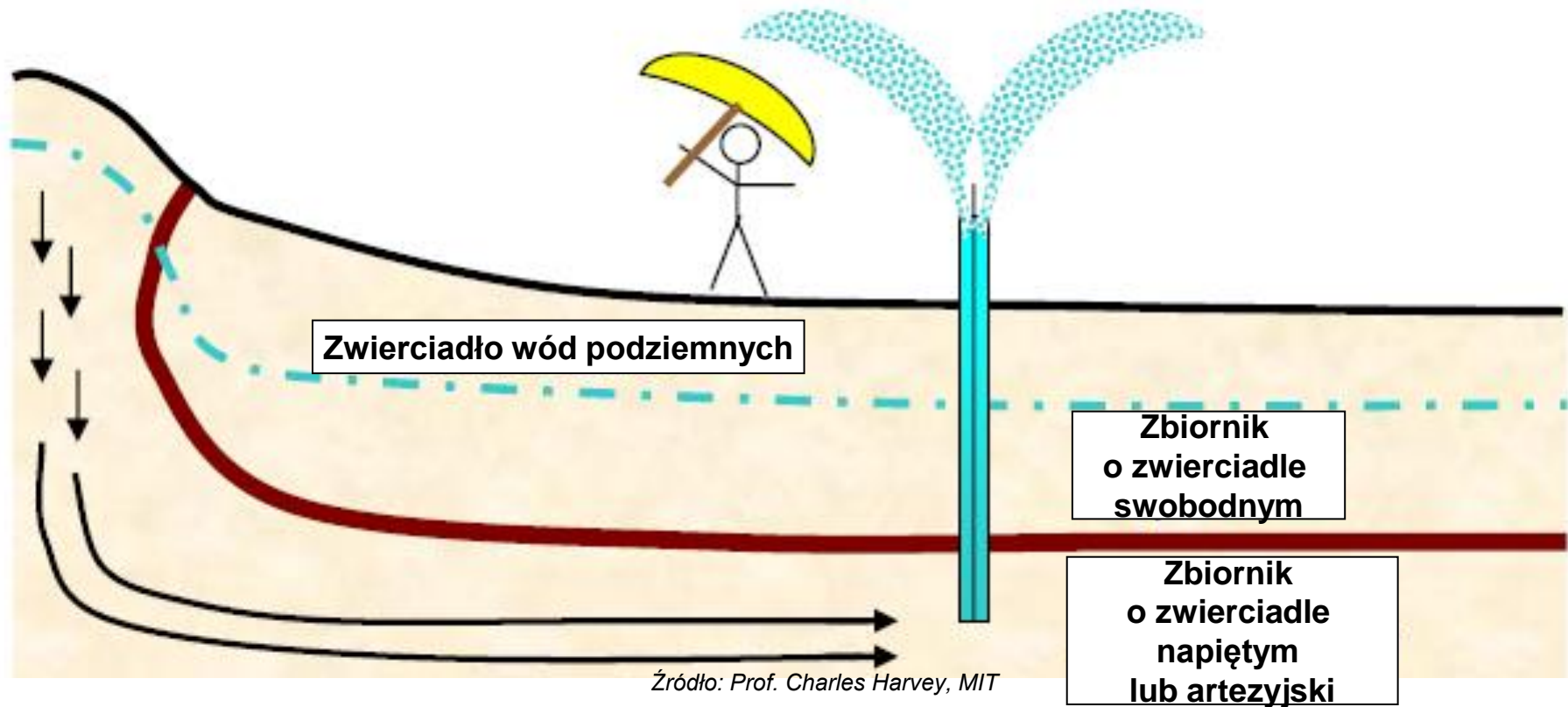
# Zbiorniki o zwierciadle swobodnym i napiętym



# Wody artezyjskie...



# Wody artezyjskie...





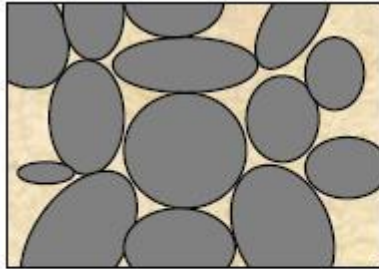
# Prędkość przepływu wód podziemnych

Oznaczenie i wartość średniego czasu migracji [lata]	Czas migracji na drodze 3 km (długość strzałki) [lata]	Prędkość rzeczywista przepływu wód podziemnych [m/rok]	Charakter migracji
<u>10</u> →	<10	>300	bardzo szybka
<u>20</u> →	10–30	100–300	szybka
<u>50</u> →	30–100	30–100	średnio szybka
<u>100</u> →	>100	<30	wolna

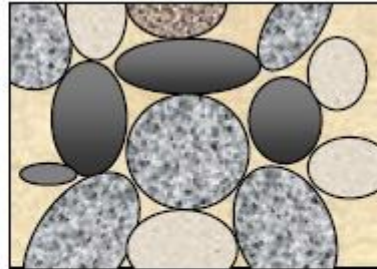
Źródło: Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie (Duda, Witczak i Żurek, 2011)



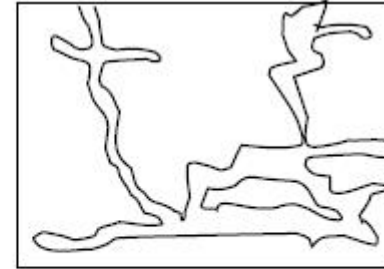
# Porowatość



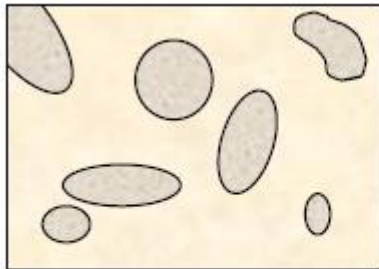
**Dobre wysortowanie**



**Porowatość  
międzyziarnowa**



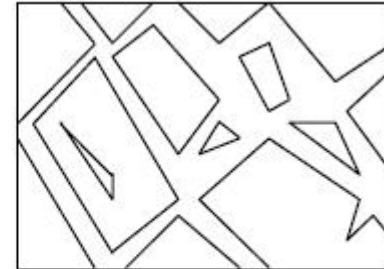
**Rozpuszczanie - kras**



**Słabe wysortowanie**



**Diagenеза zmniejszająca  
porowatość**

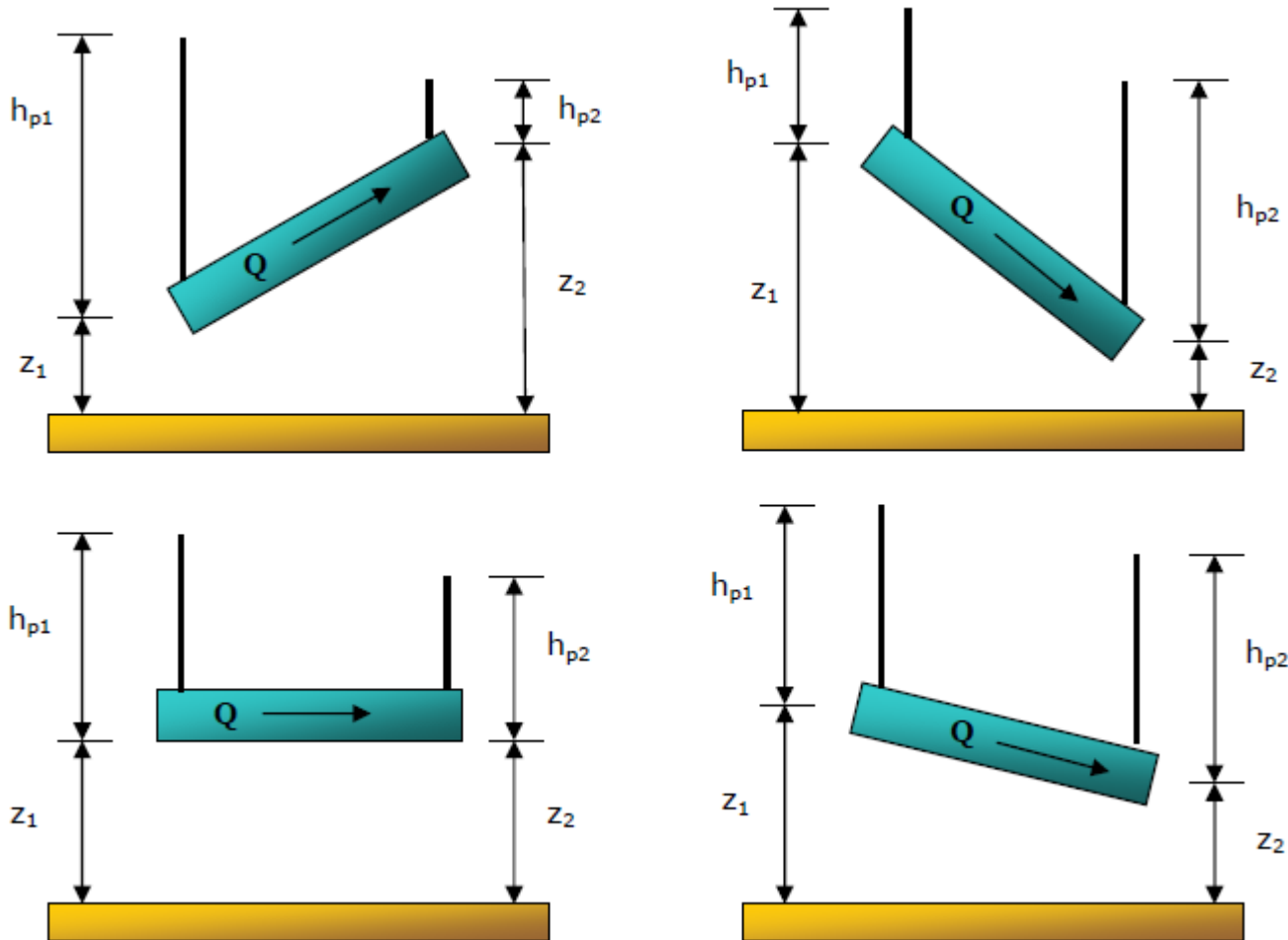


**Zeszczelinowacenie**

*Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT*



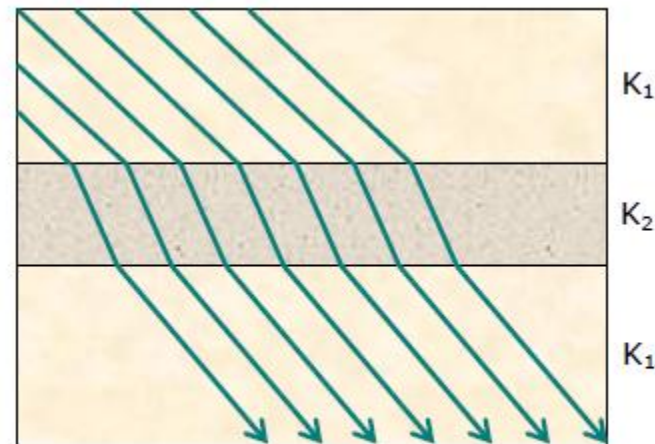
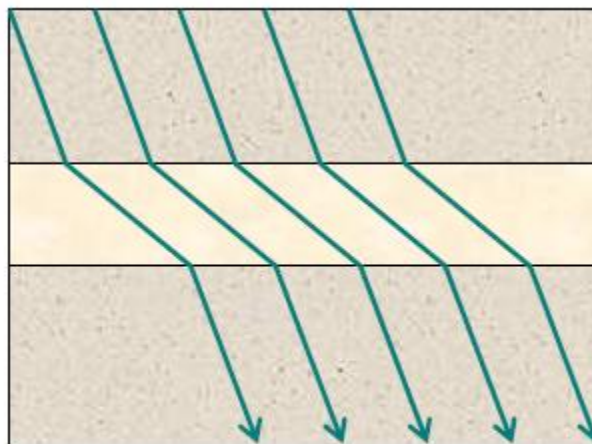
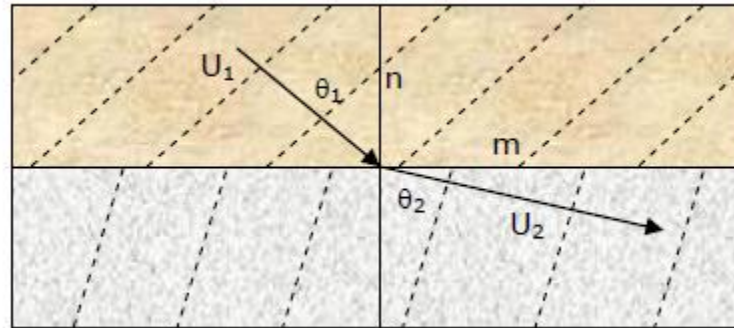
# W jakim kierunku płynie woda w zbiorniku wód podziemnych?



Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT



# Przepływ w ośrodku o zmiennym współczynniku filtracji



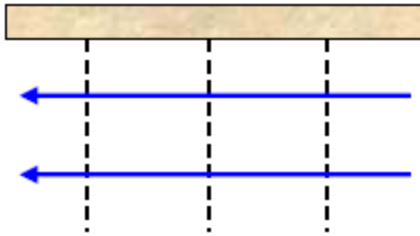
$$\frac{K_1}{K_2} = 10$$

Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT

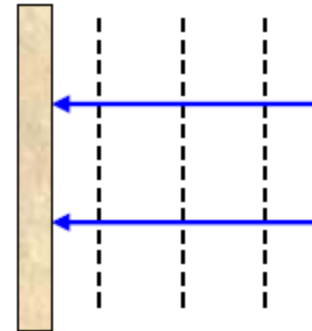


# Granice pola filtracji

## Granica bez przepływu



## Granica o $h = const$



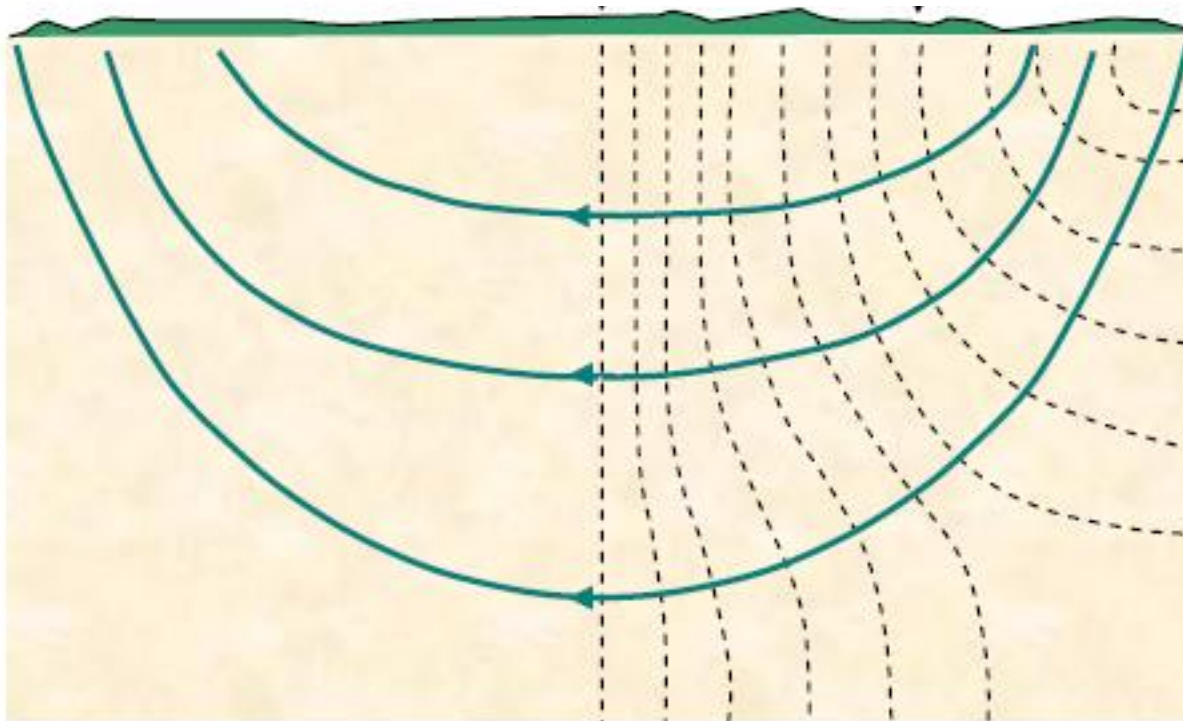
Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT





# Pole filtracji w warstwie wodonośnej

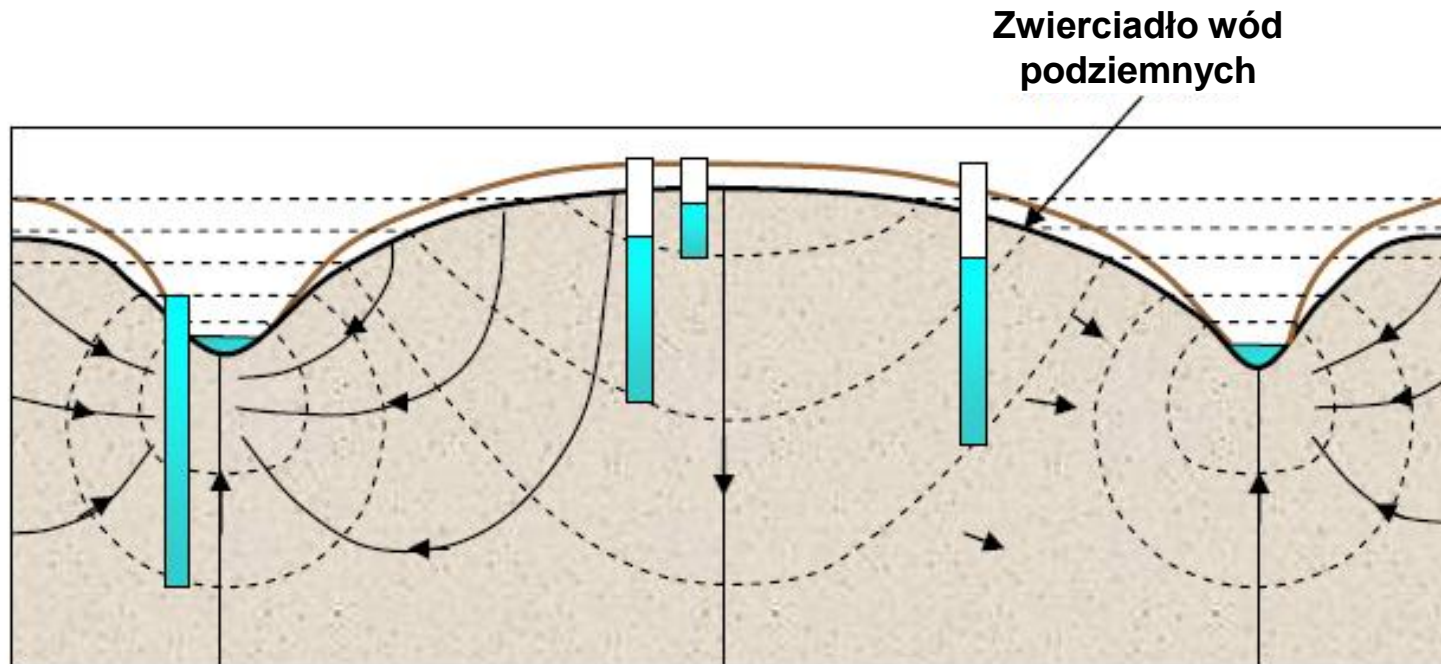
◀ — **Strefa drenażu** — ◆ — **Strefa zasilania** — ▶



*Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT*



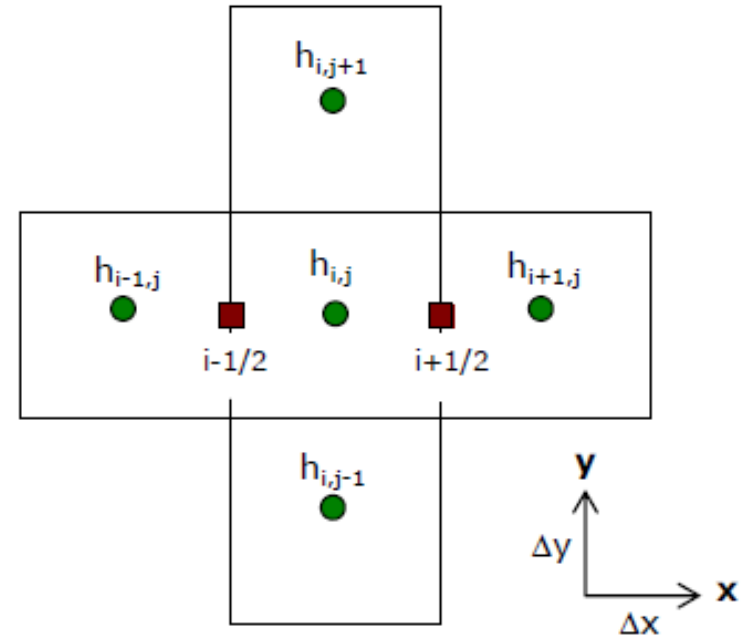
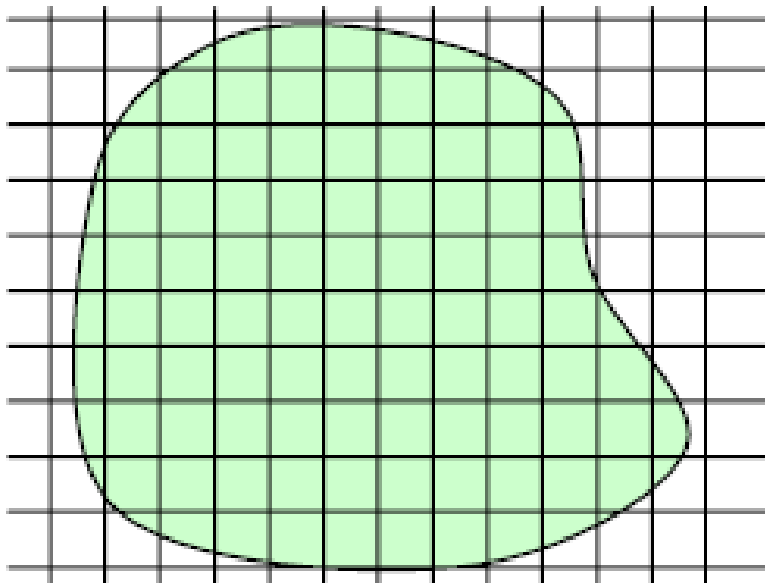
# Skąd wiemy jak wygląda pole filtracji?



Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT



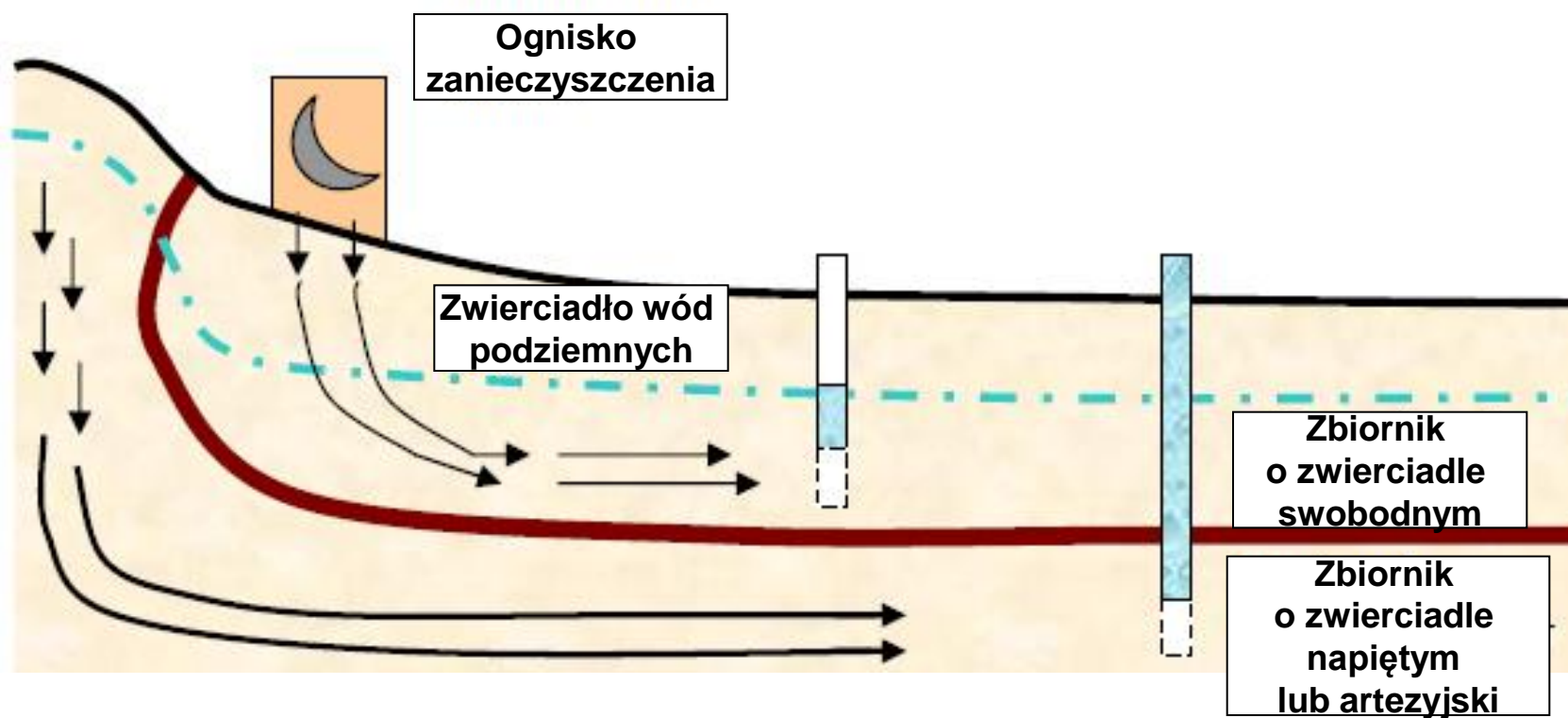
# Modelowanie pola filtracji



Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT



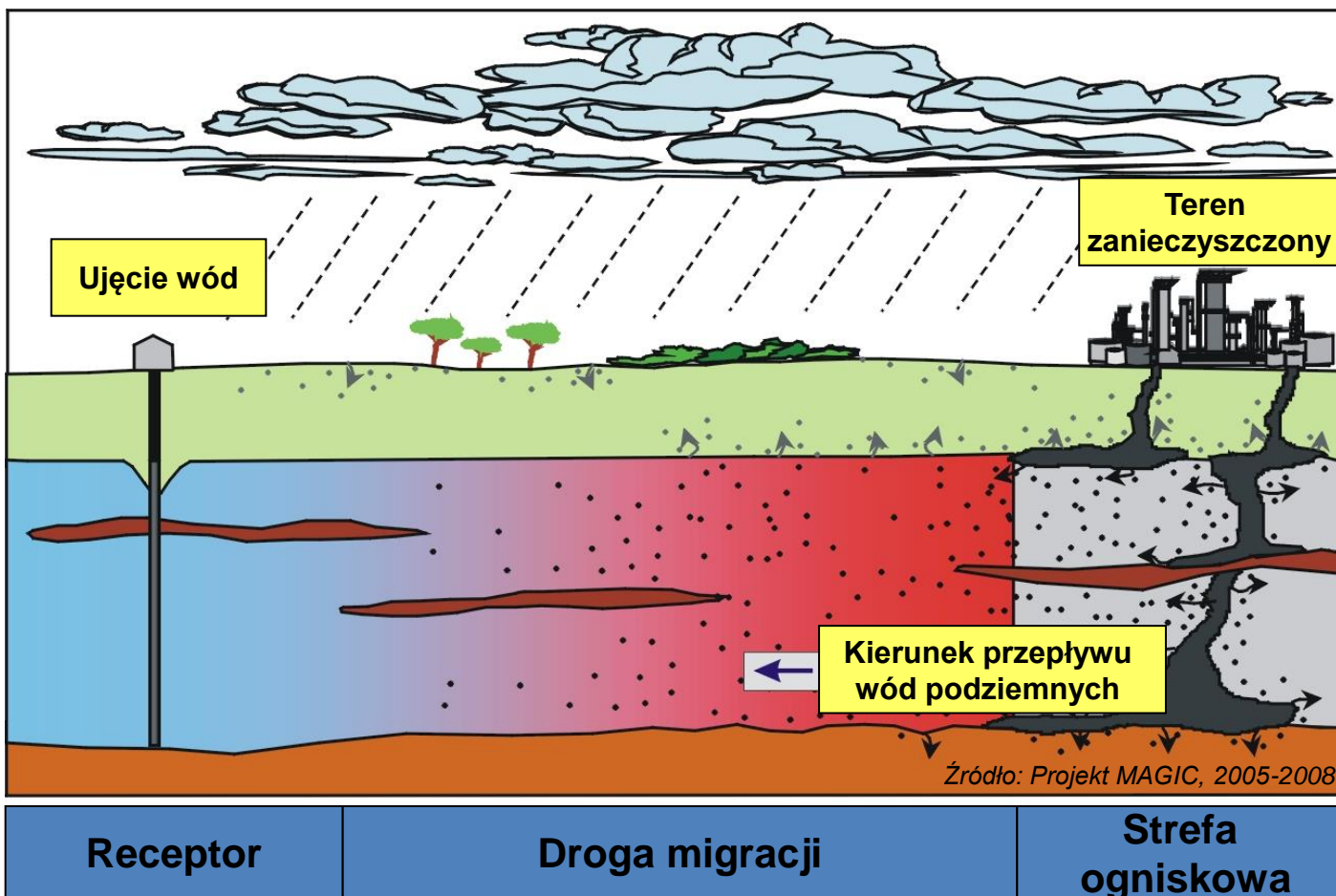
# Zanieczyszczenie wód podziemnych



Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT

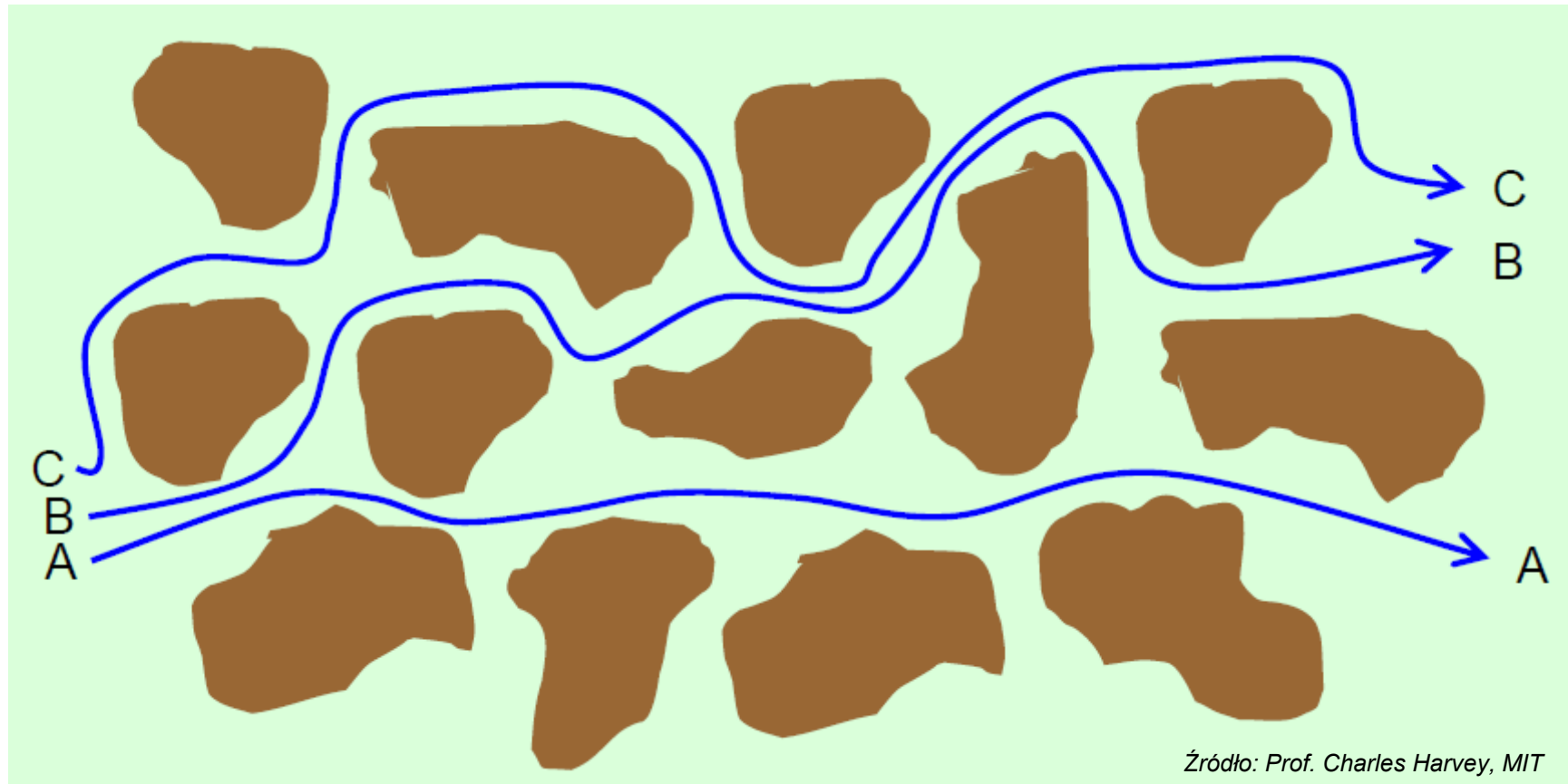


# Migracja zanieczyszczeń

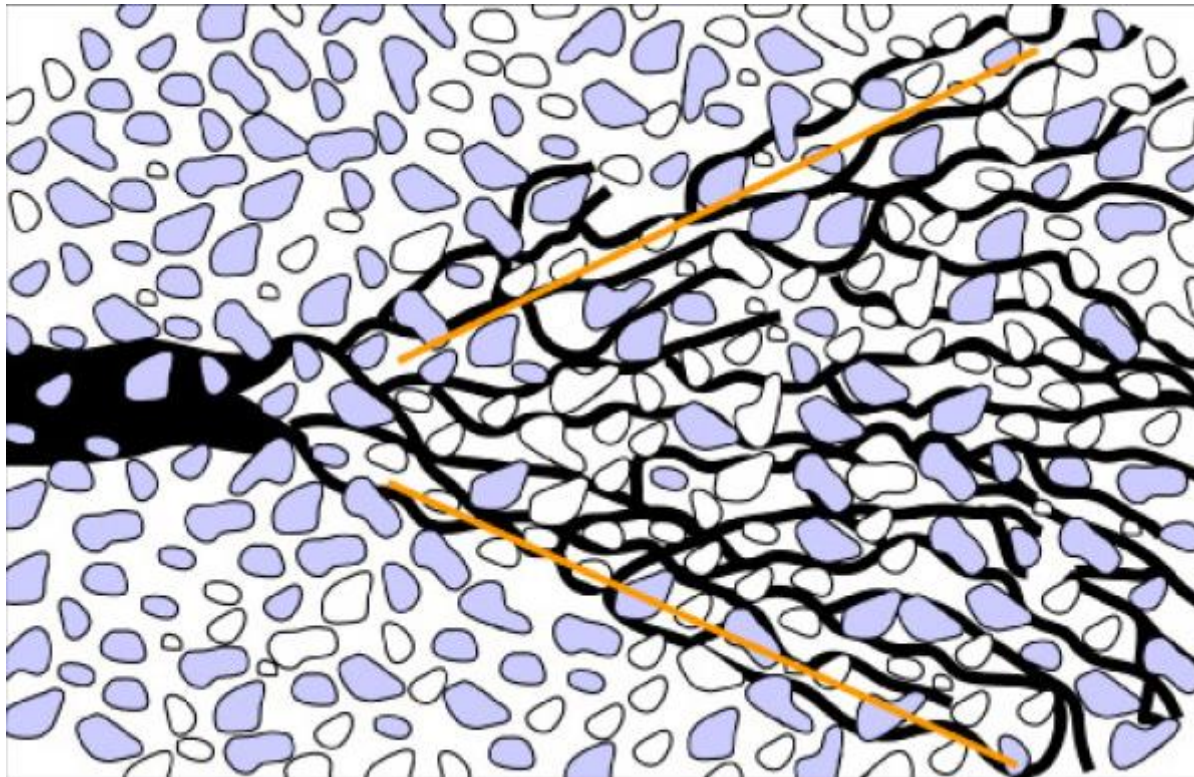




# Transport zanieczyszczenia – dyspersja (I)



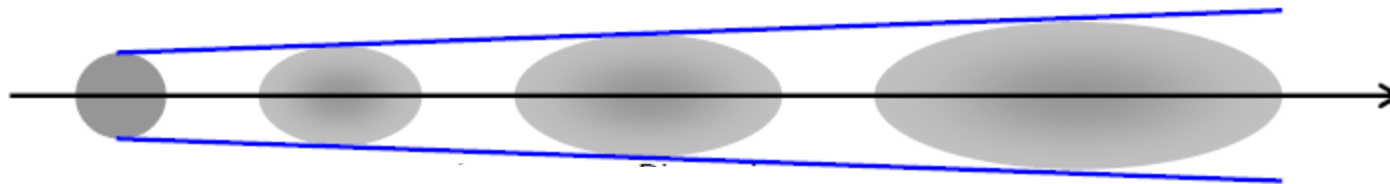
# Transport zanieczyszczenia – dyspersja (II)



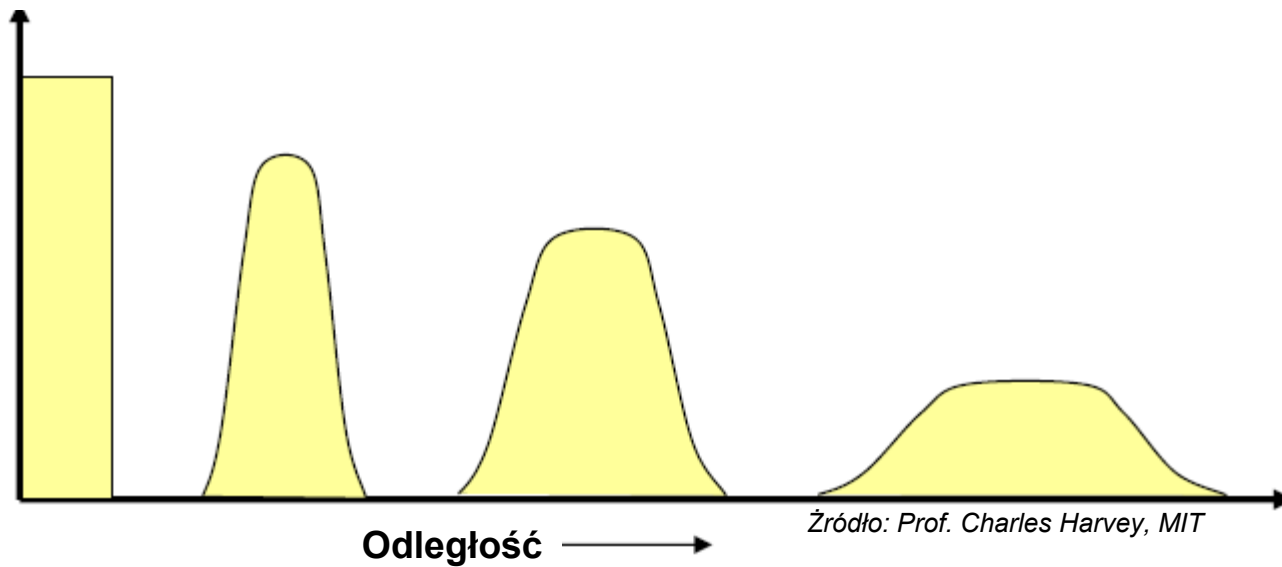
*Źródło: Prof. Charles Harvey, MIT,  
Freeze & Cherry 1979*



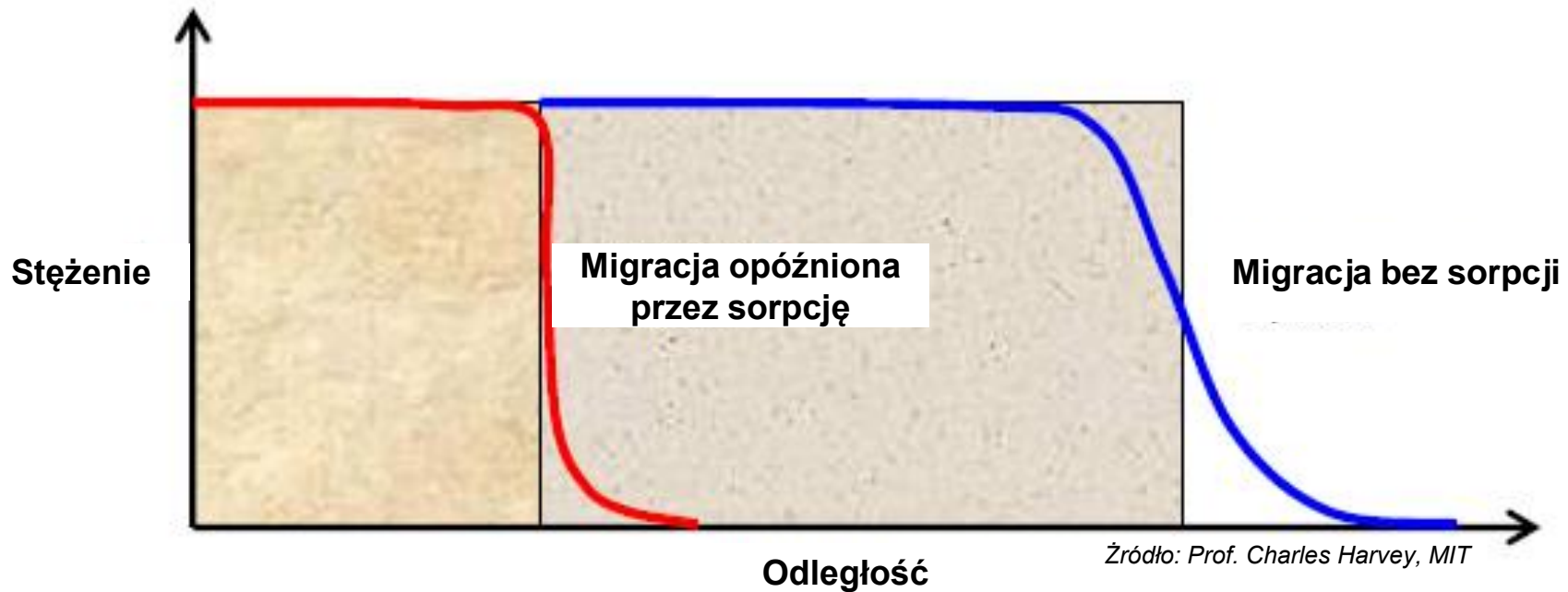
# Transport zanieczyszczenia – dyspersja (III)



**Stężenie zanieczyszczenia**



# Transport zanieczyszczenia – sorpcja

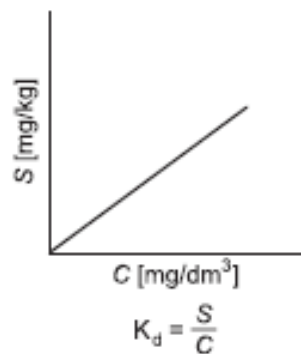


# Transport zanieczyszczenia – sorpcja

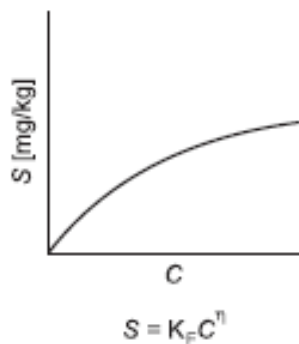
Intensywność sorpcji	Współczynnik opóźnienia R
Sorpcja nie zachodzi	1
Sorpcja mała	1-2
Sorpcja średnia	2-10
Sorpcja duża	10-100
Sorpcja bardzo duża	100-1000
Sorpcja nieograniczona	>1000

Źródło: Osmęda-Ernst & Witczak, 1991

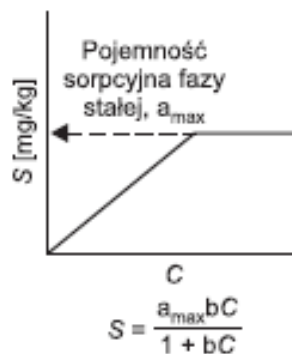
Liniowa izoterma sorpcji  
( $K_d$ )



Izoterma Freundlicha  
( $K_F$ )



Izoterma Langmuira  
(b)

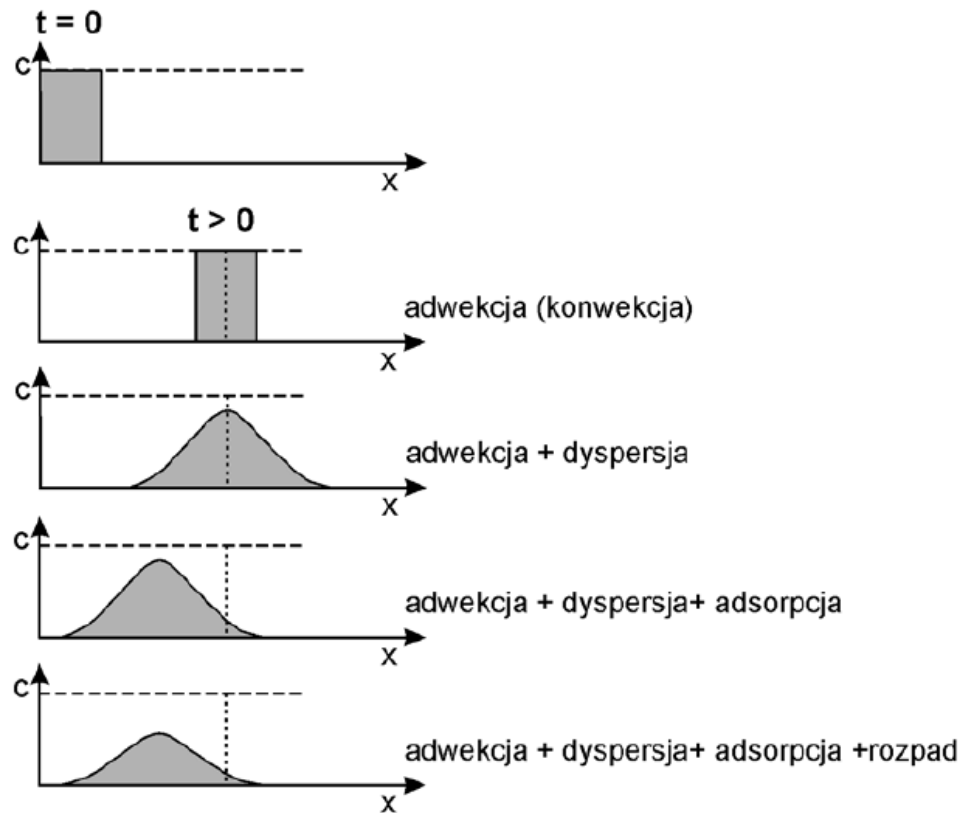


Źródło: Kulma & Zdechlik, 2009





# Transport zanieczyszczenia – podsumowanie



Źródło: Kulma & Zdechlik, 2009



# Trachy – składowiska Smolnica

## województwo śląskie



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



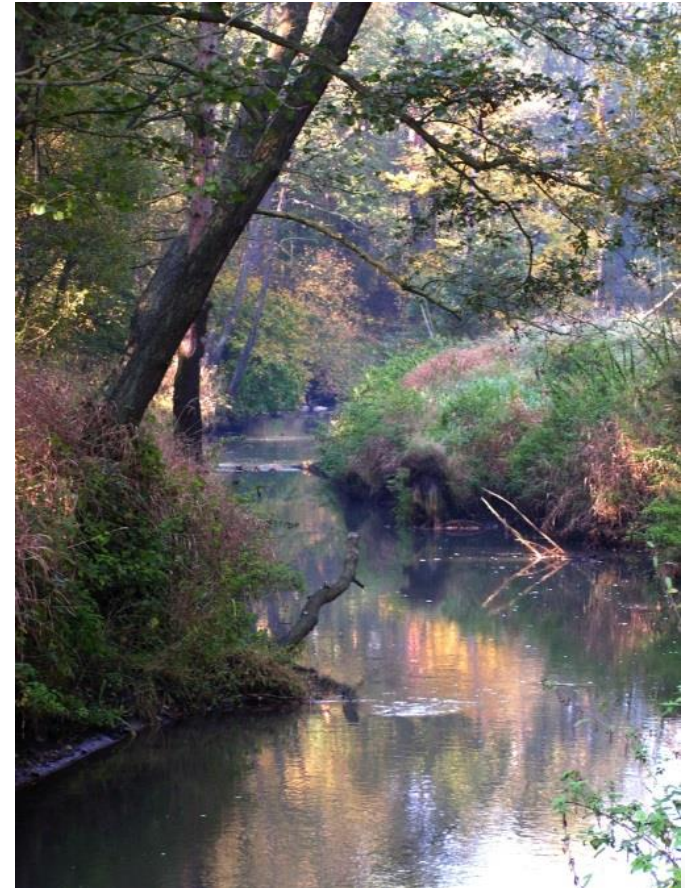
Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



# Stawy i rzeka Bierawka



*Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008*

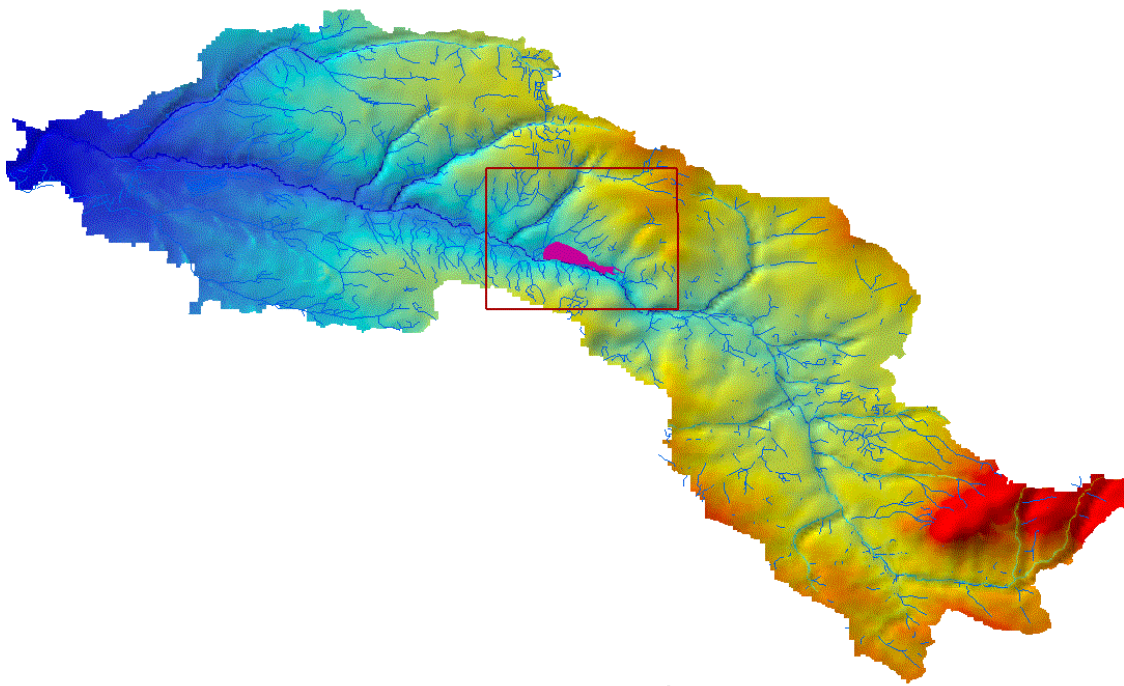


*Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008*





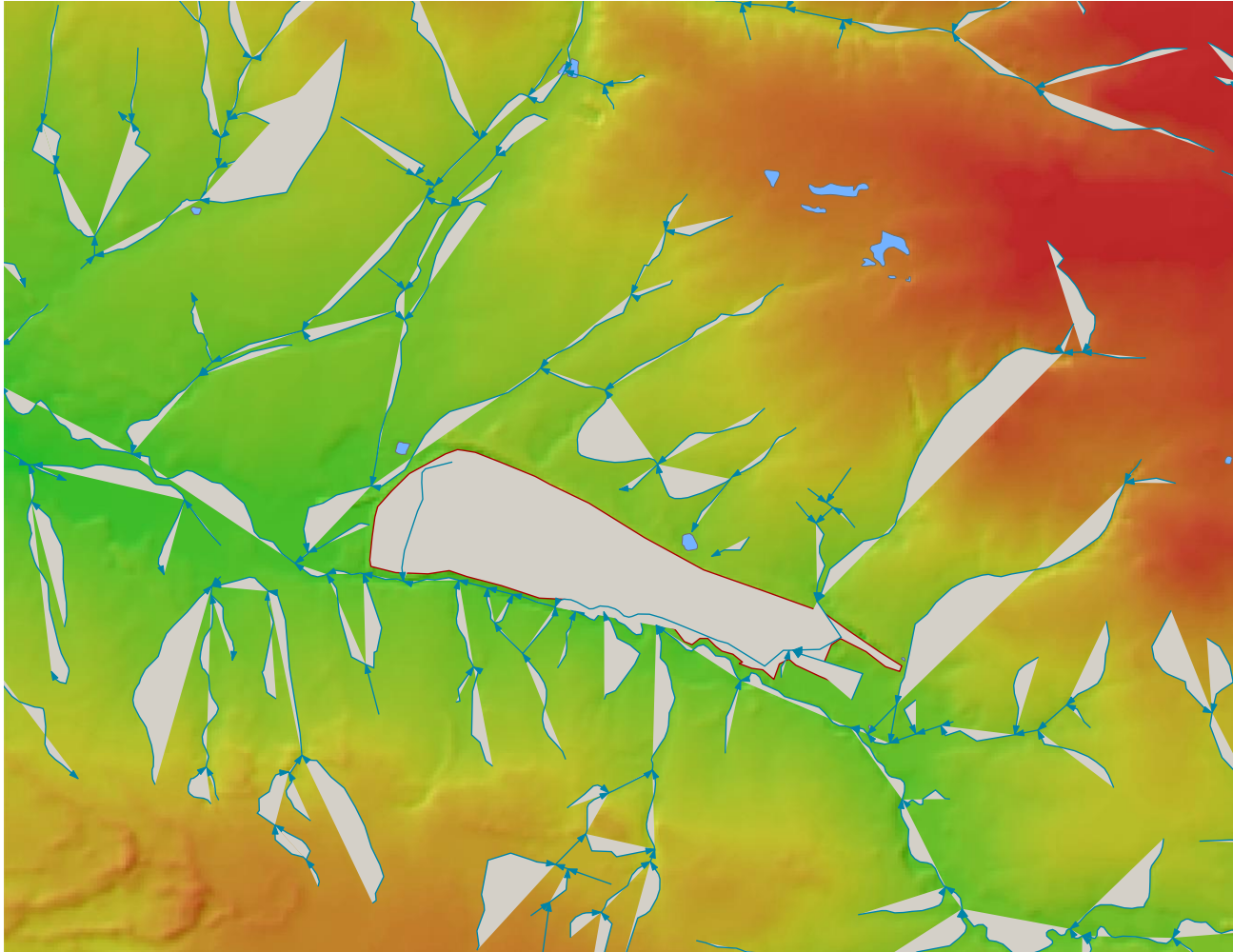
# Dolina rzeki Bierawki



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



# Model wysokościowy terenu

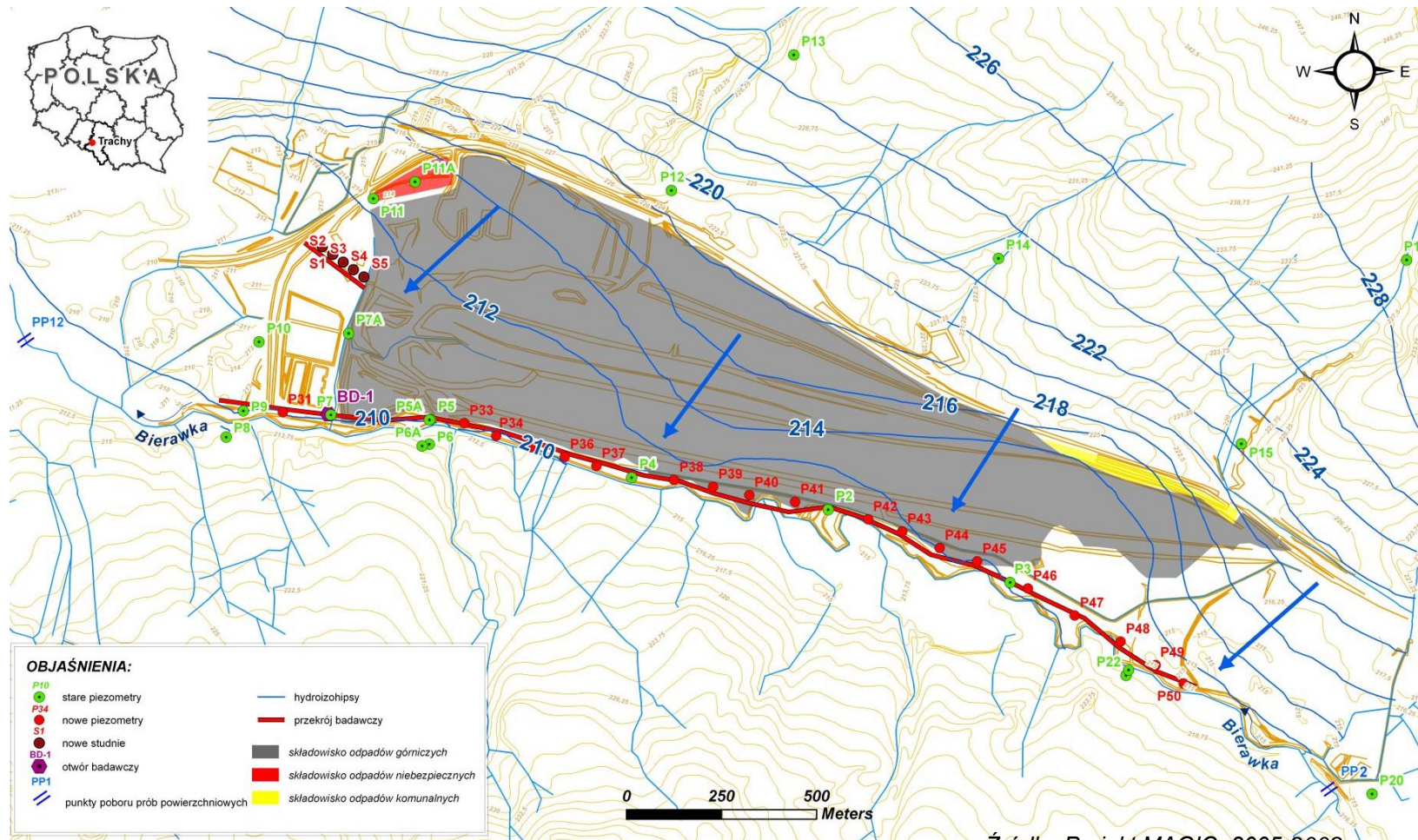


Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



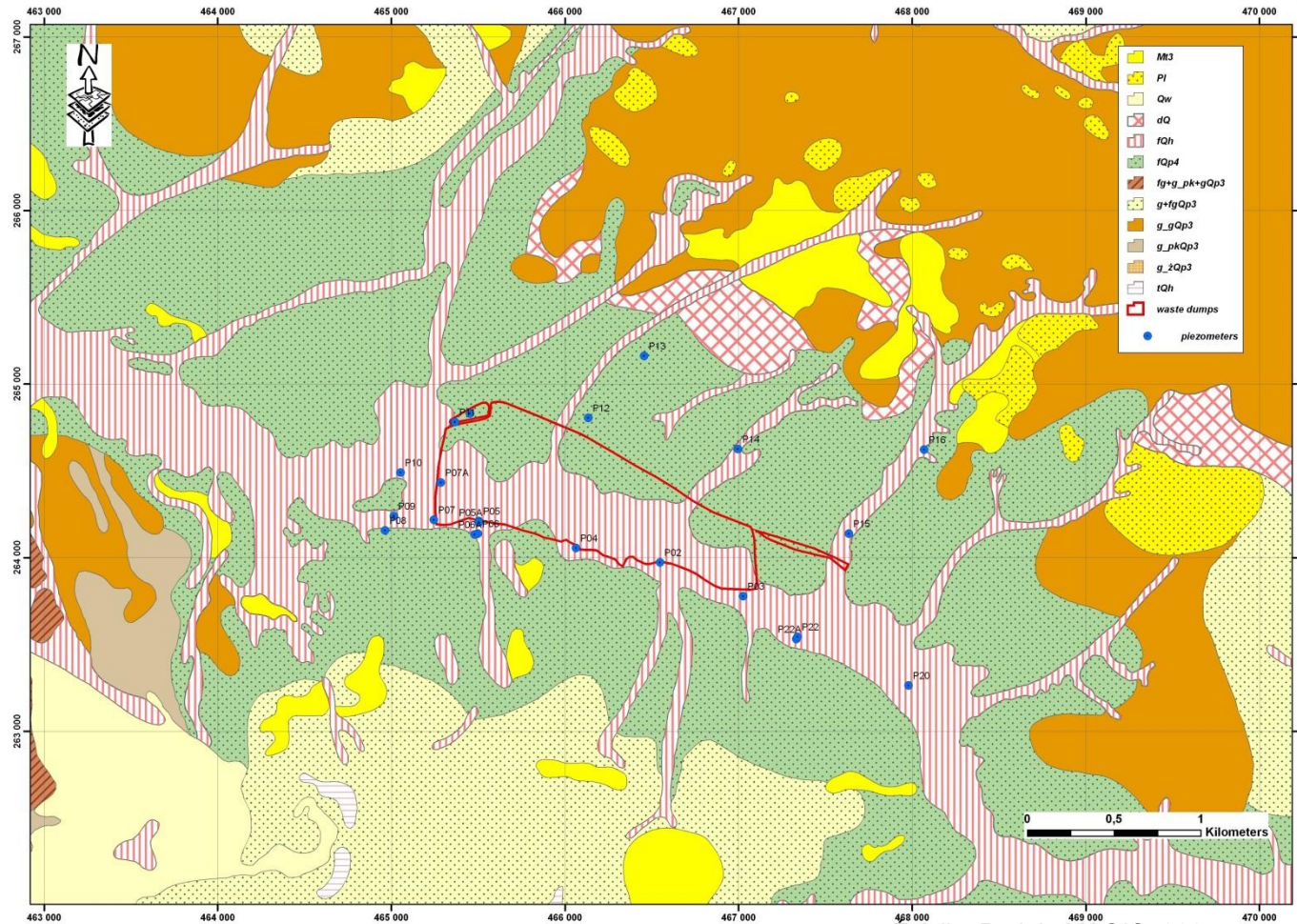


# Składowiska i przepływ wód podziemnych





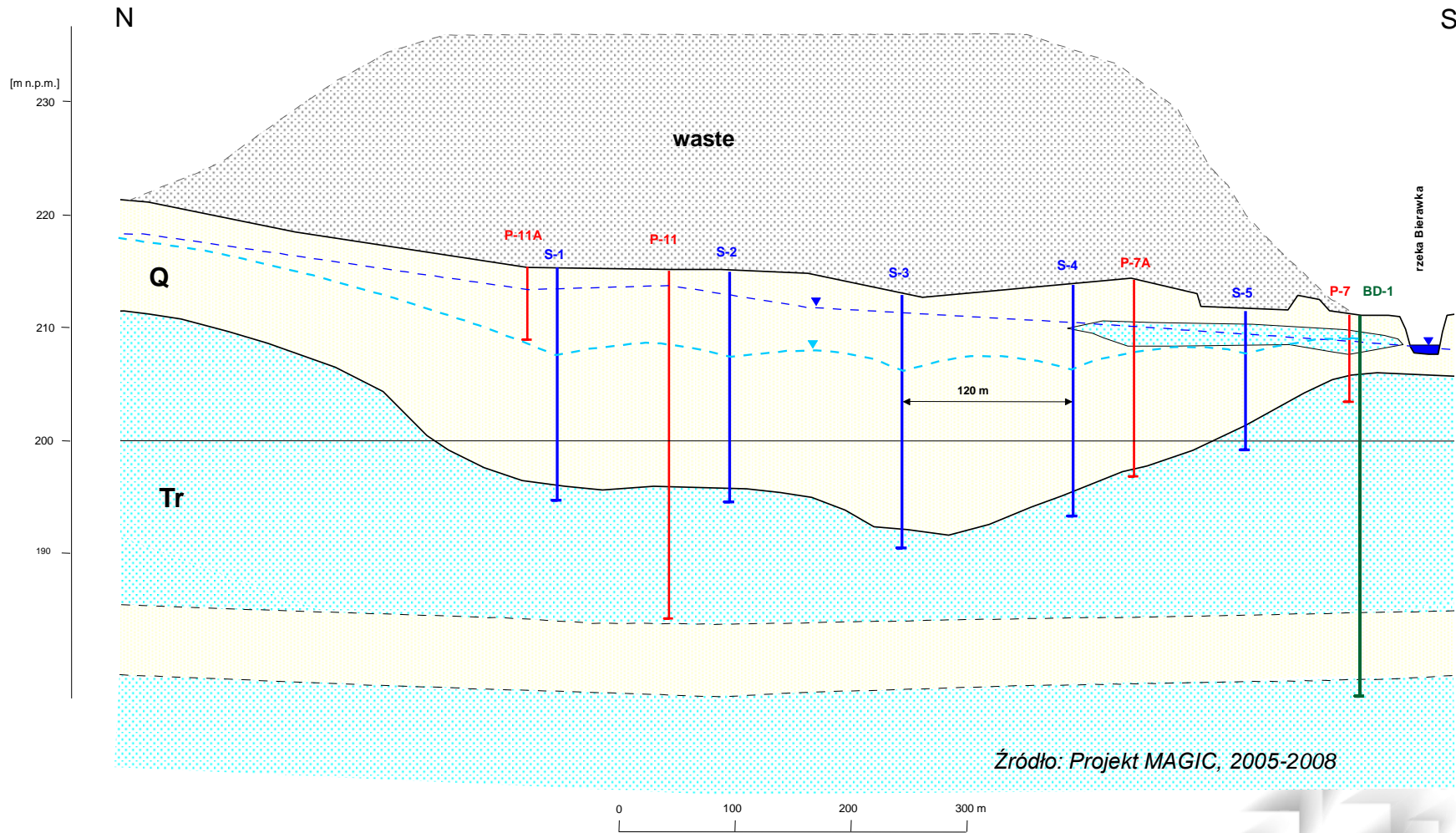
# Mapa geologiczna



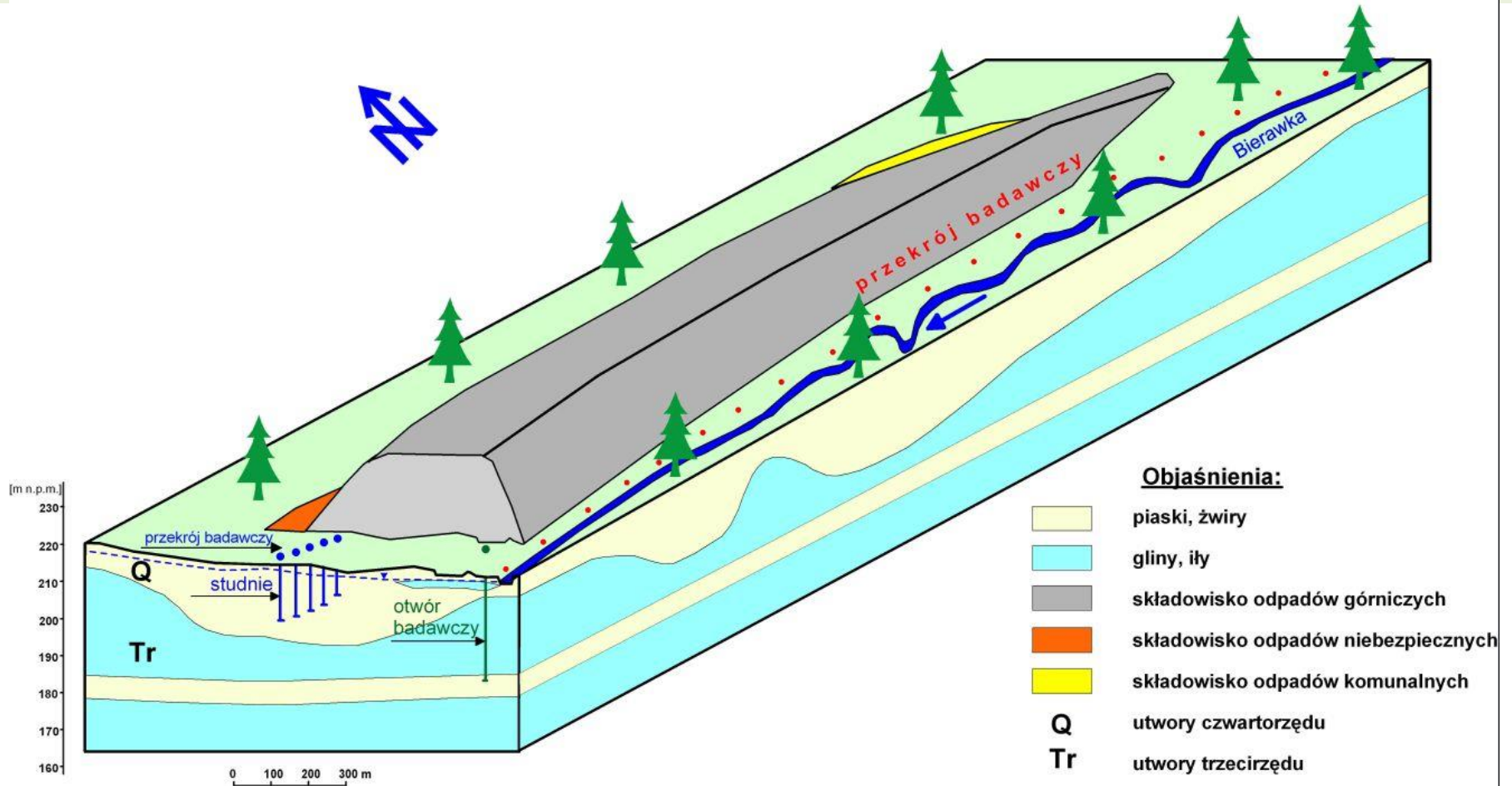
Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



# Przekrój hydrogeologiczny



# Model koncepcyjny

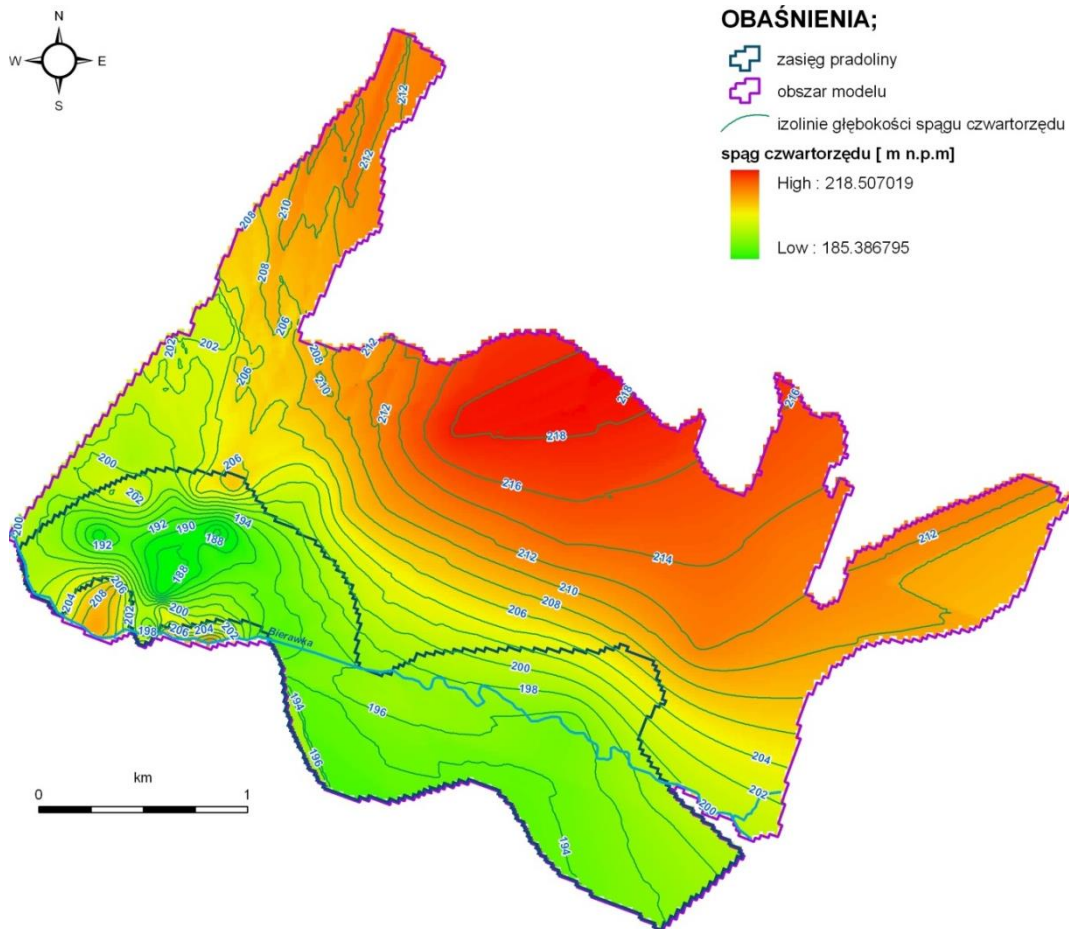


Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008





# Spąg modelu



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008





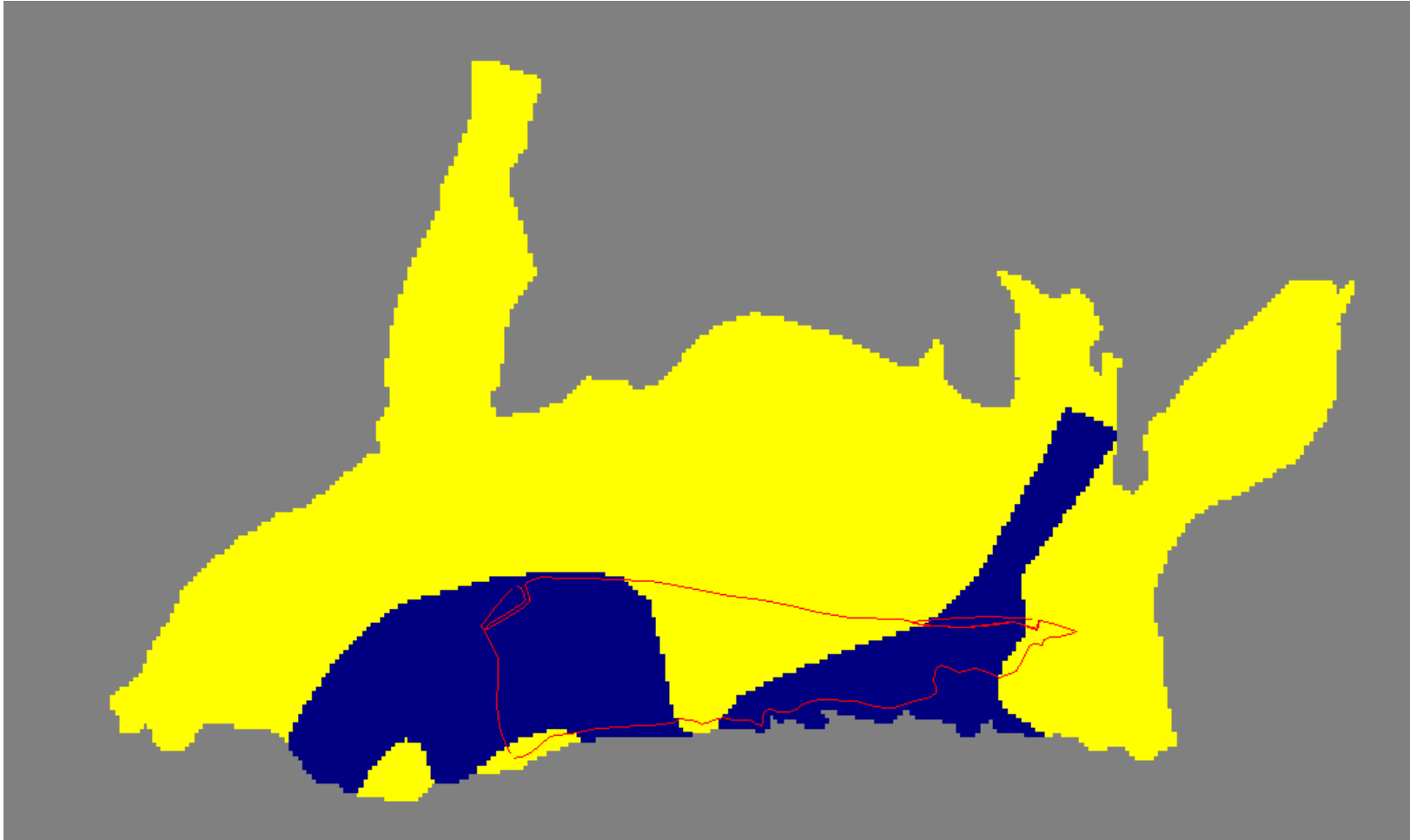
# Zasilanie infiltracyjne



*Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008*



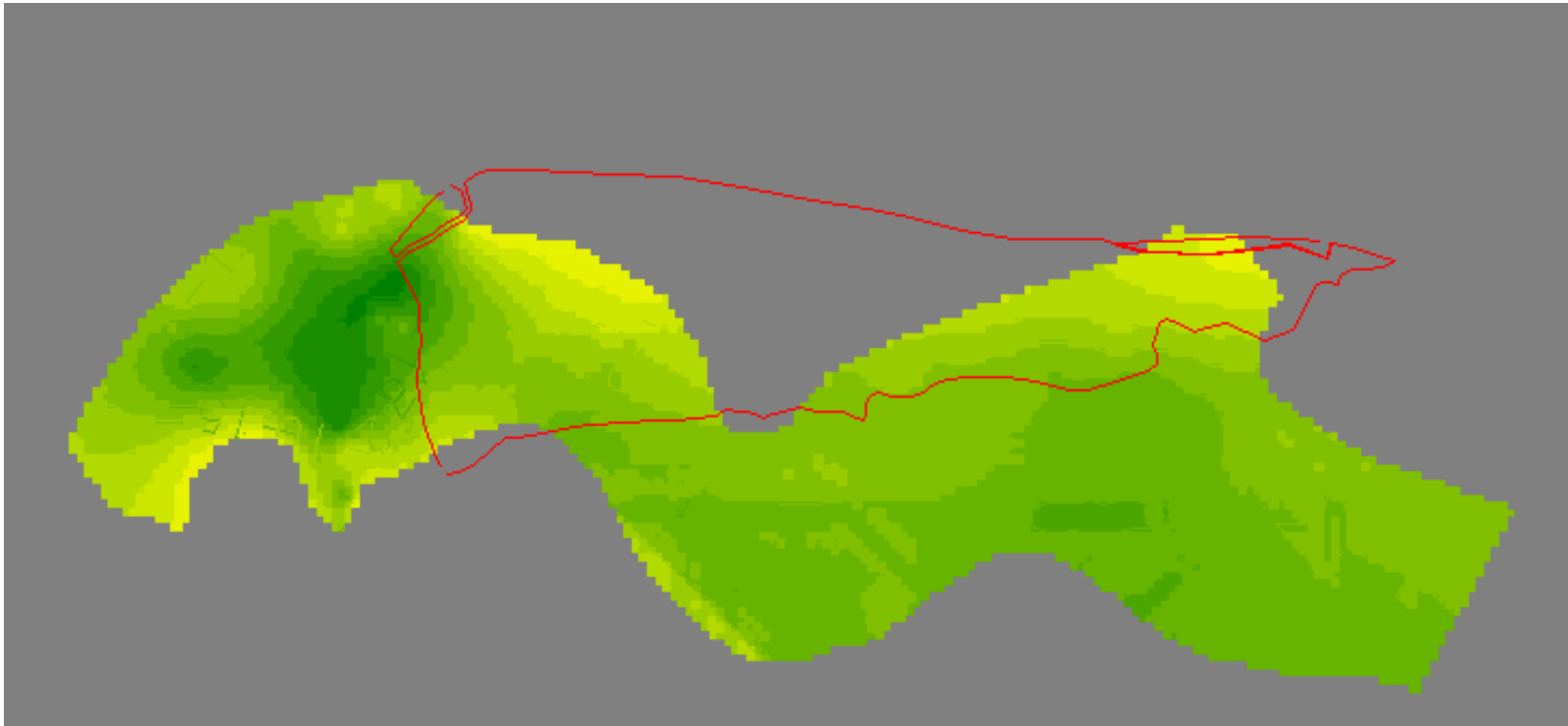
# Współczynnik filtracji



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



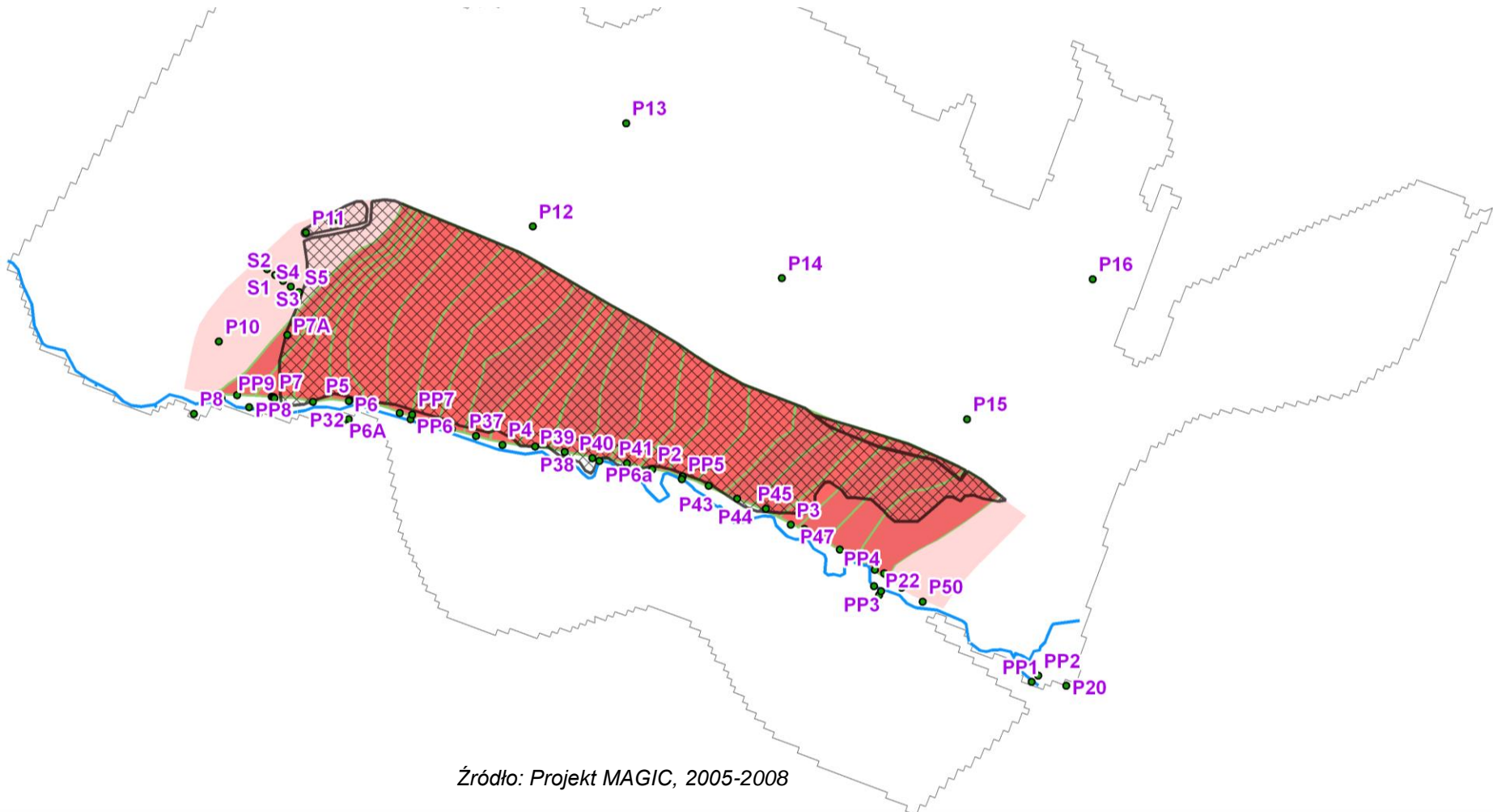
# Mięszość w-wy II



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



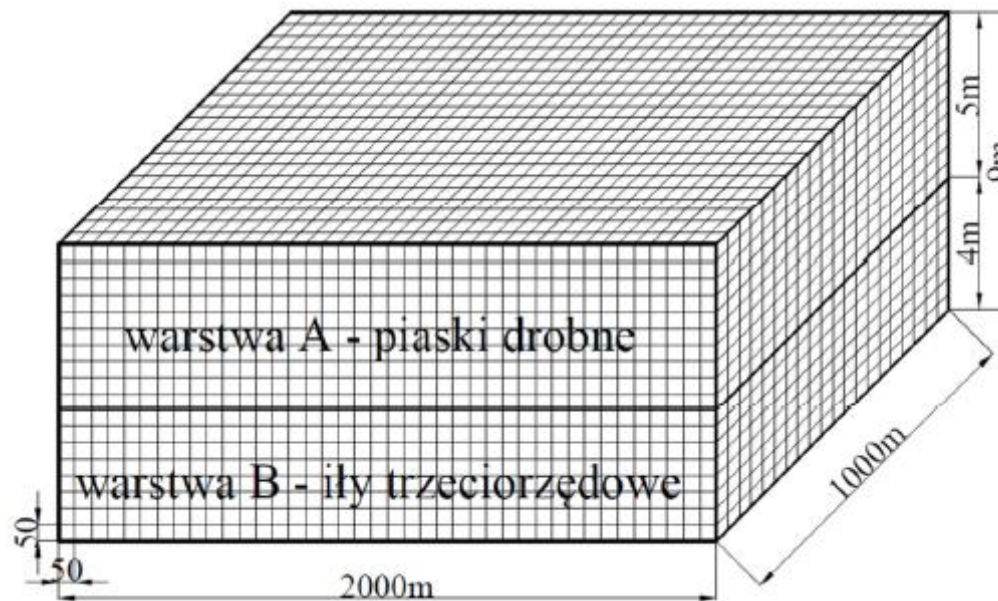
# Modelowanie transportu zanieczyszczeń (adwekcja)



Źródło: Projekt MAGIC, 2005-2008



# Model rozprzestrzeniania kadmu w warstwie wodonośnej

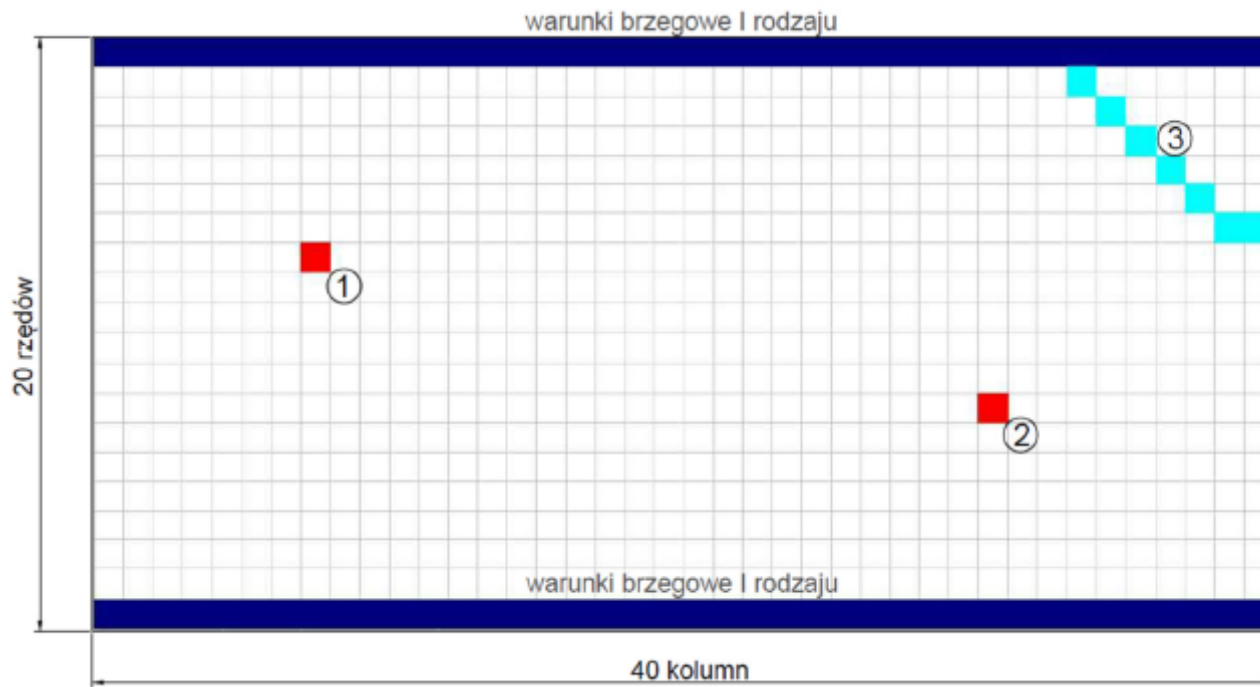


Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016





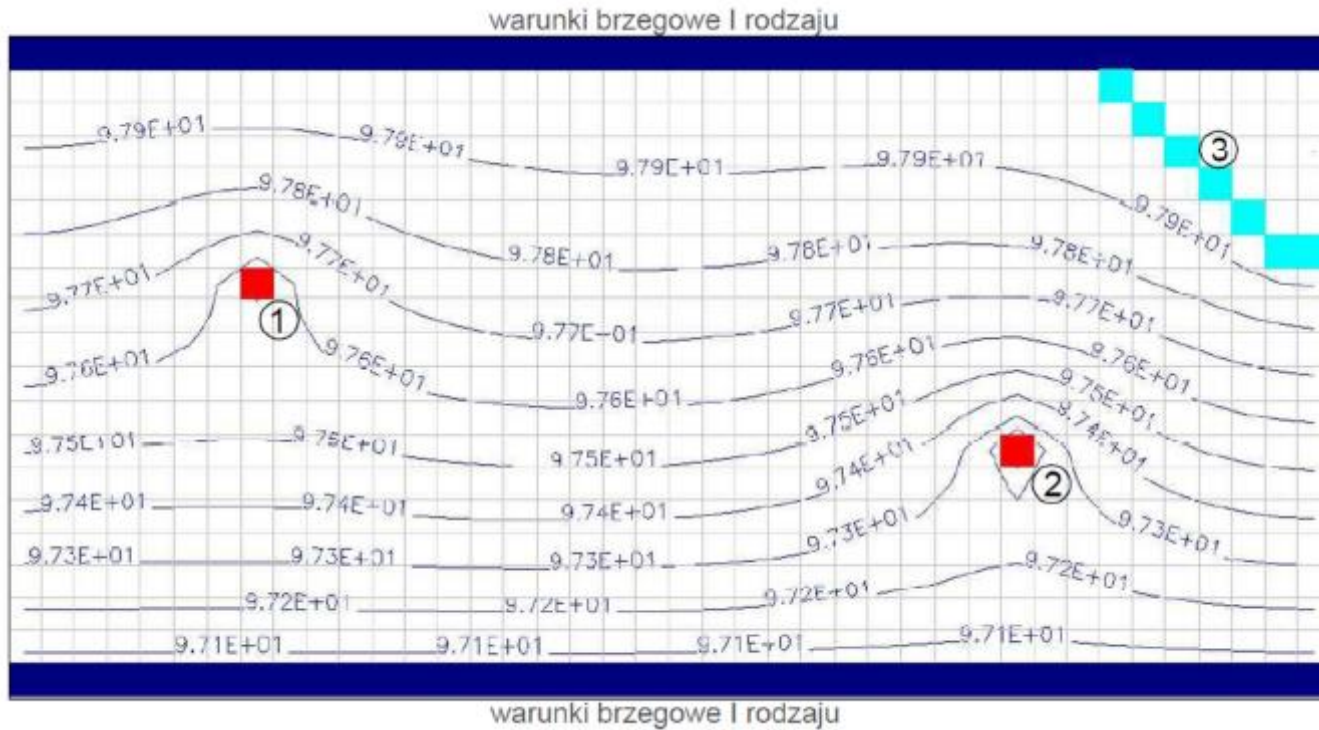
# Warunki brzegowe



Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016



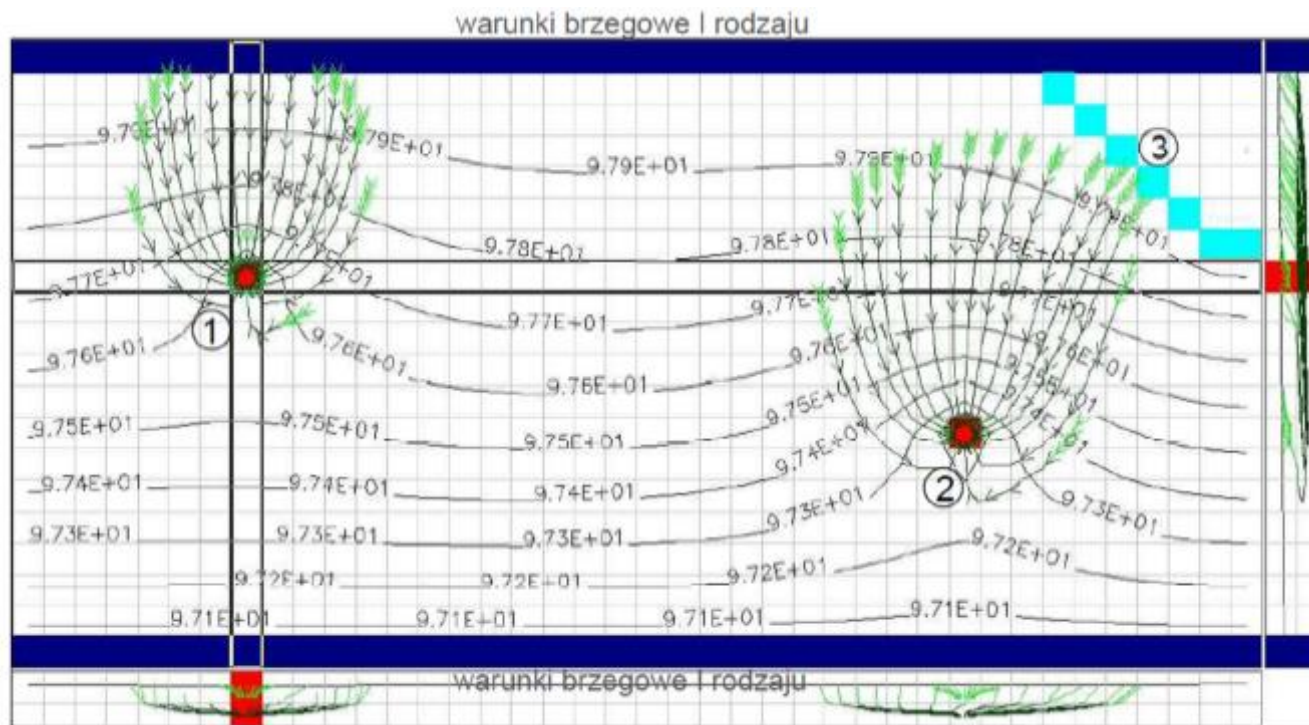
# Symulacja pracy ujęć wód



Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016



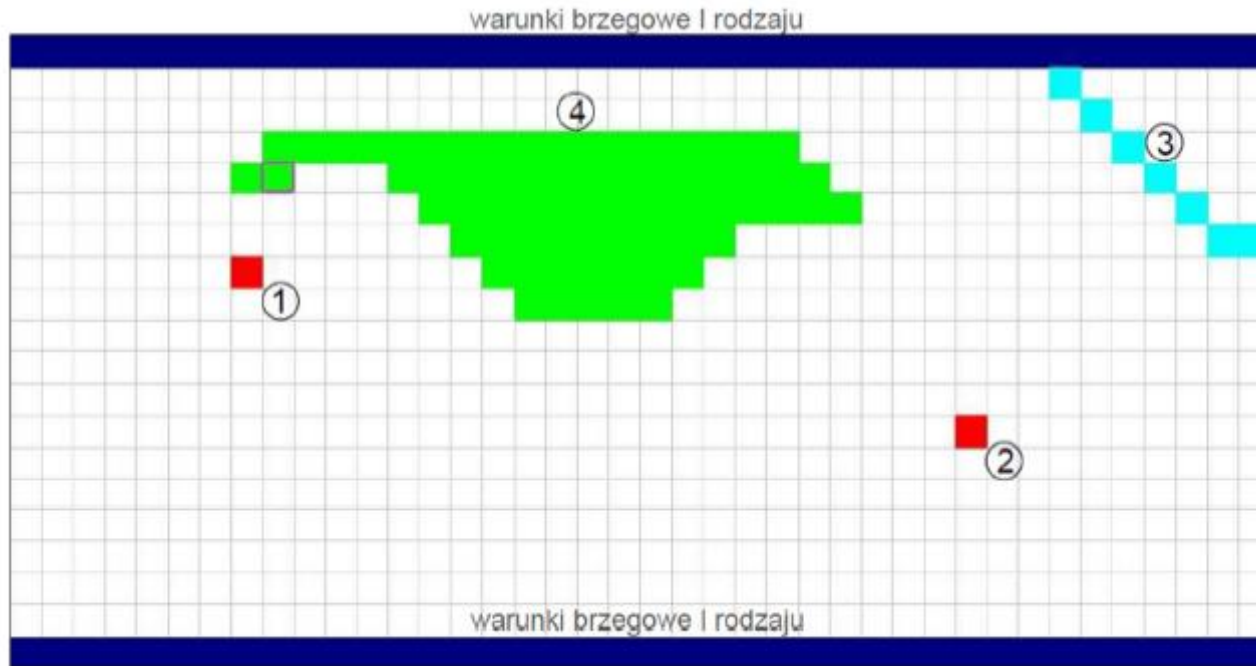
# Dopływ wód do ujęć



Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016



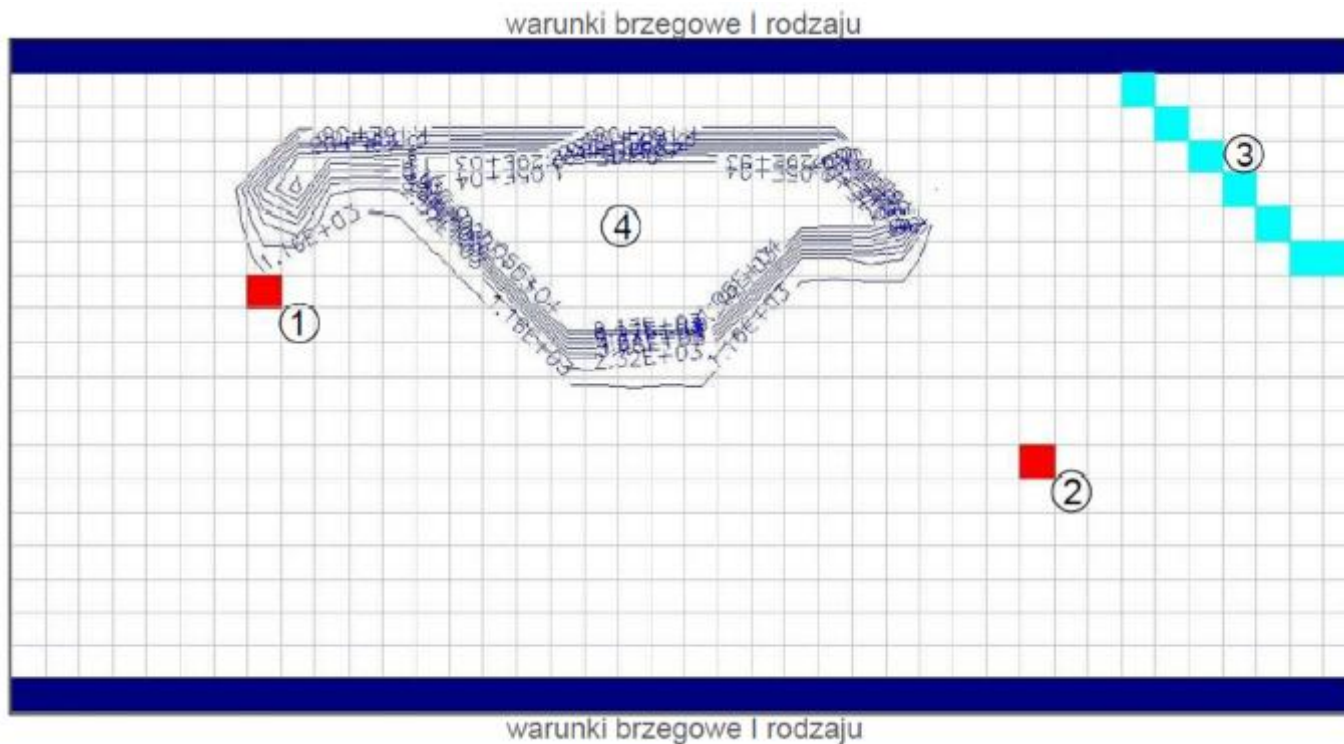
# Początkowe zanieczyszczenie



Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016



# Zanieczyszczenie po 5 latach w warstwie A

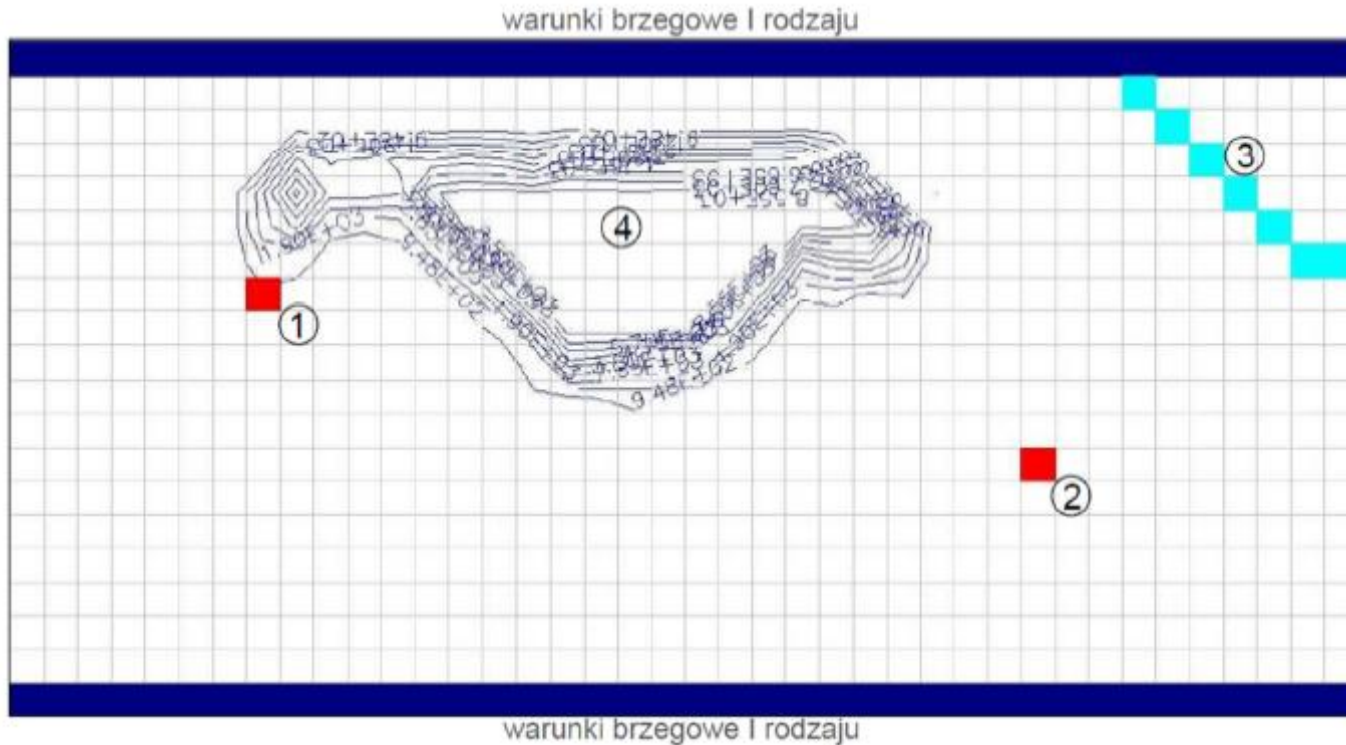


Źródło: Piwińska & Kaleta, 2016





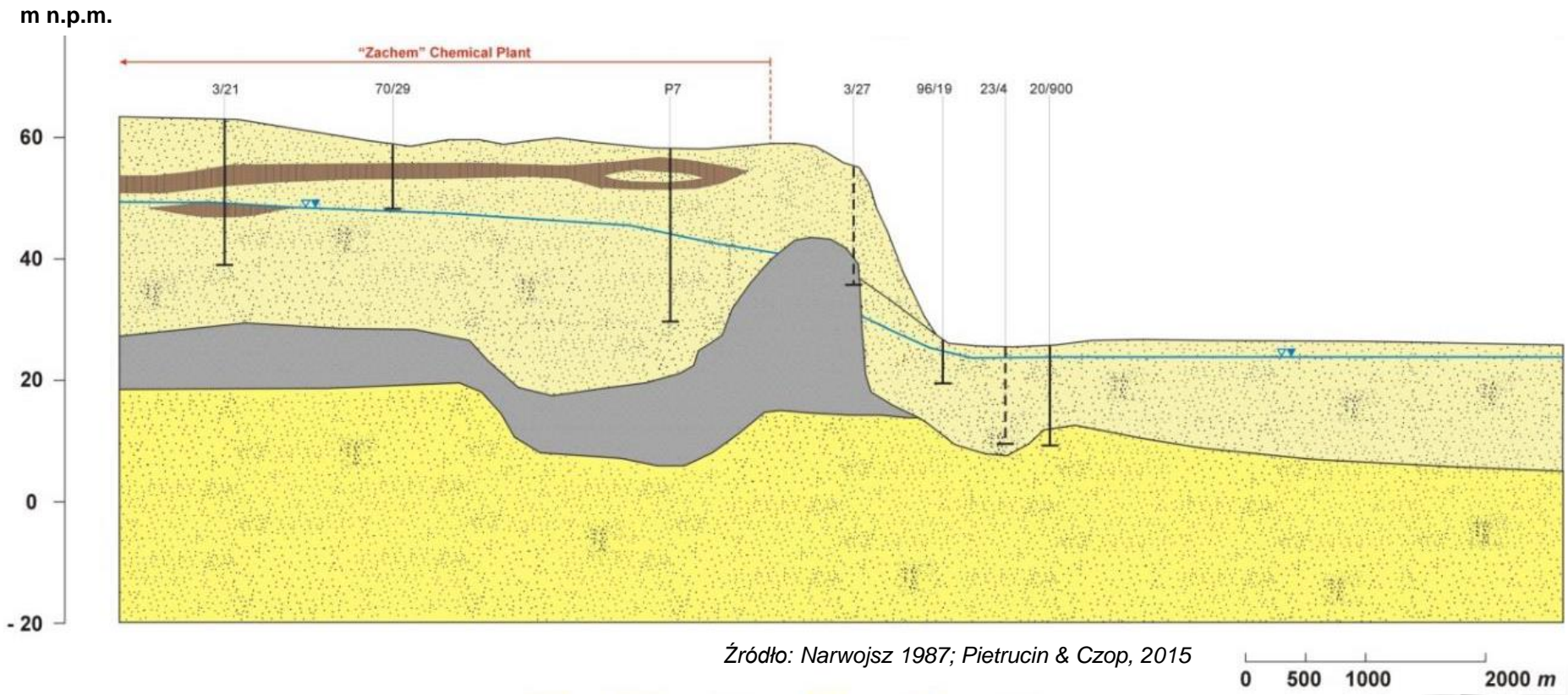
# Zanieczyszczenie po 5 latach w warstwie A



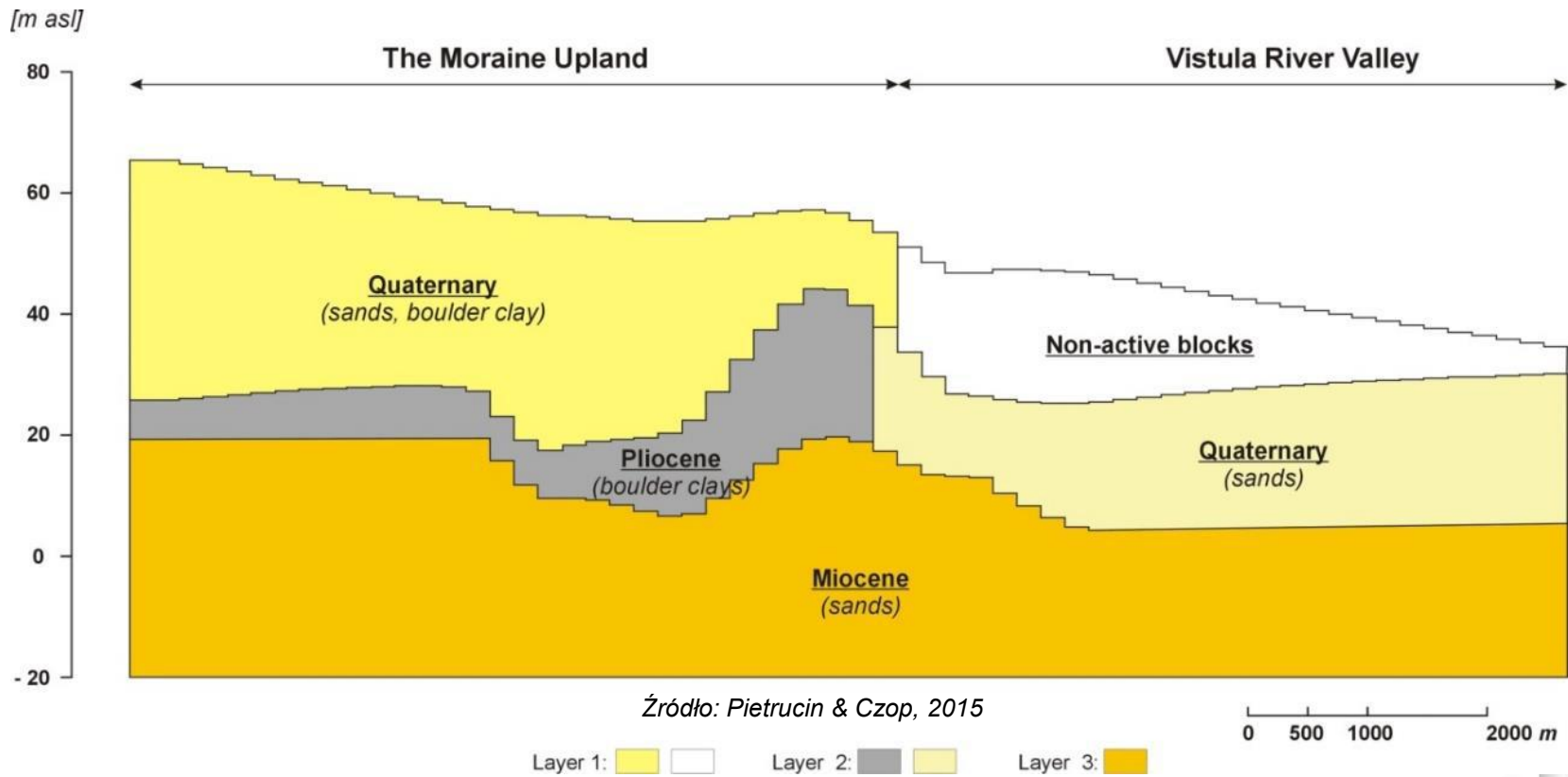
Źródło: Pivińska & Kaleta, 2016



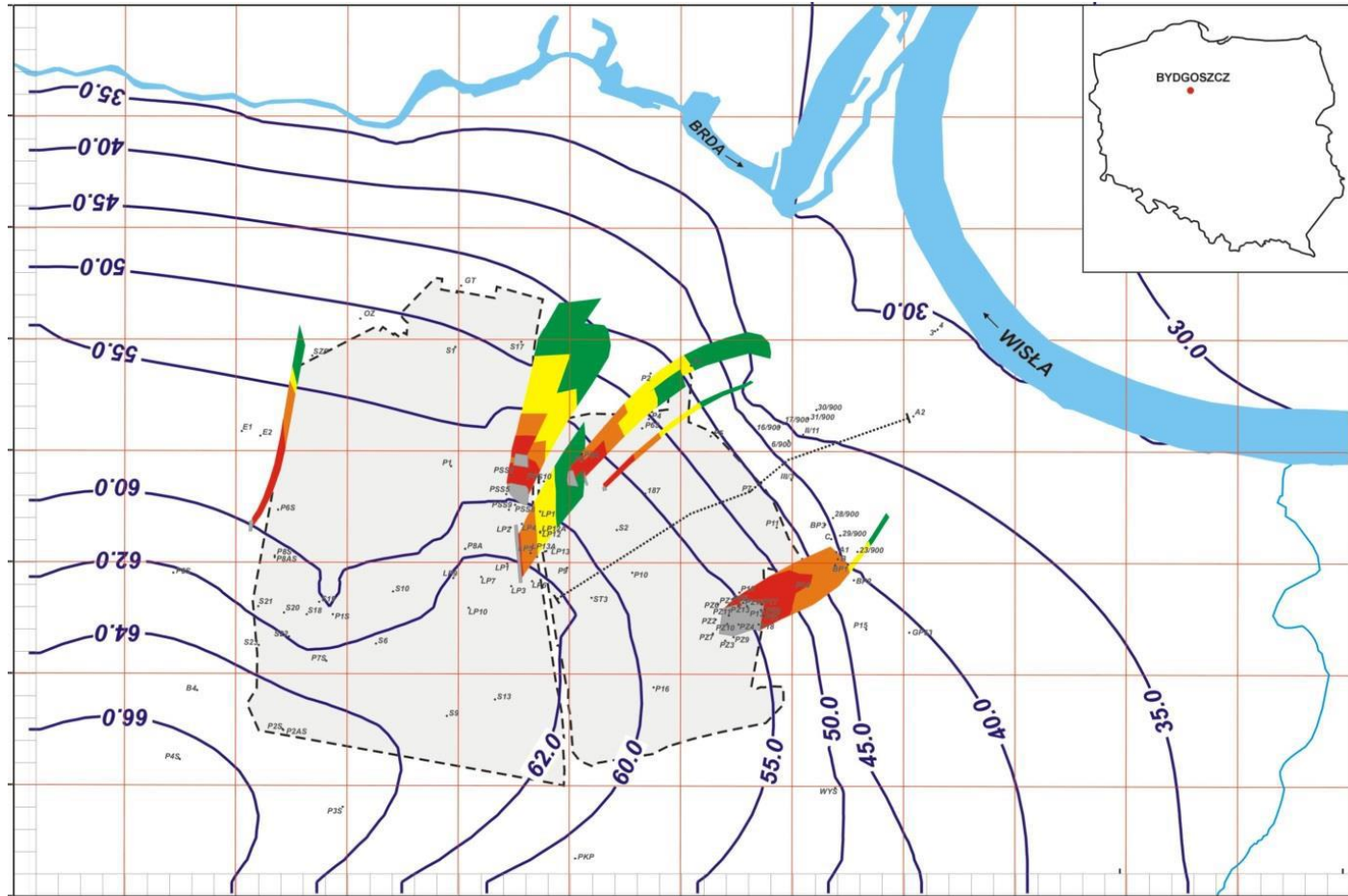
# Zachem - przekrój geologiczny



# Model koncepcyjny



# Model transportu zanieczyszczeń



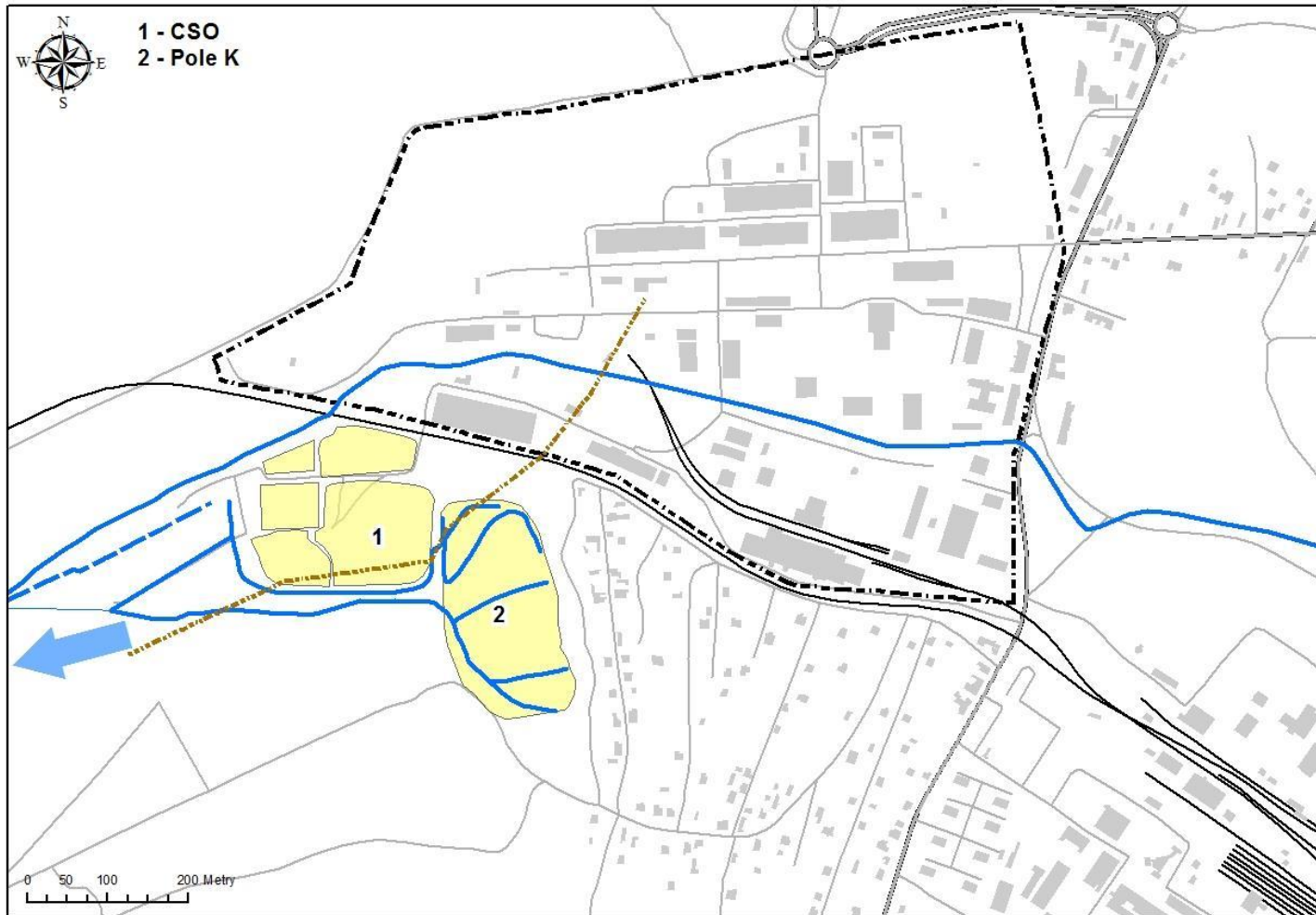
Źródło: Pietrucin & Czop, 2015

0 500 1000 2000 m





# Jaworzno – Organika AZOT







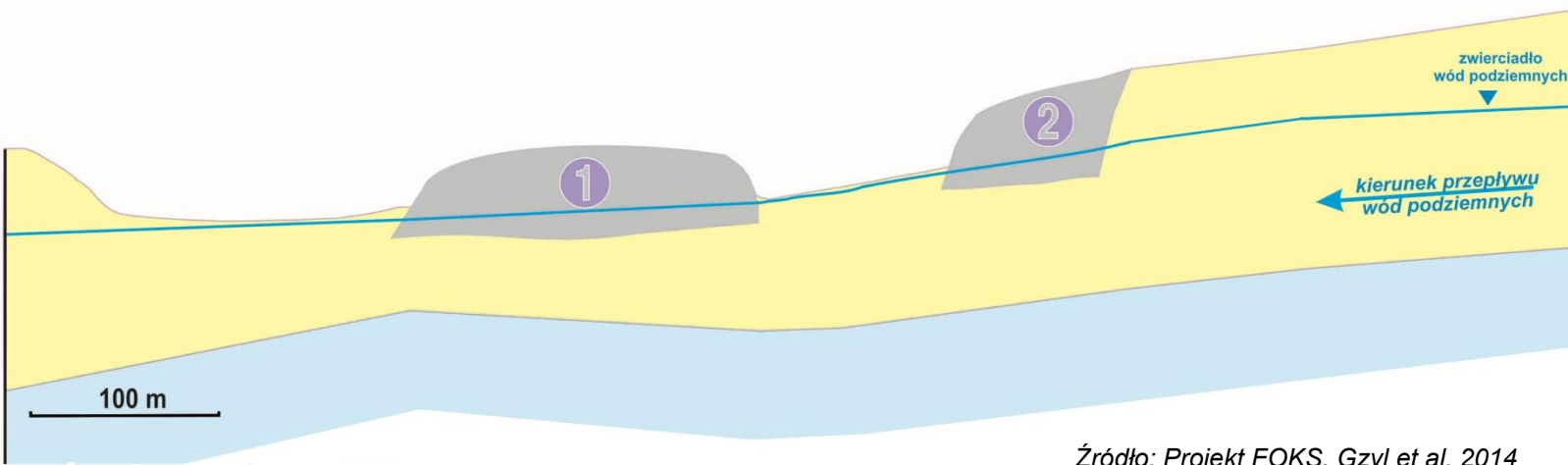
Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014





# Model koncepcyjny - przekrój

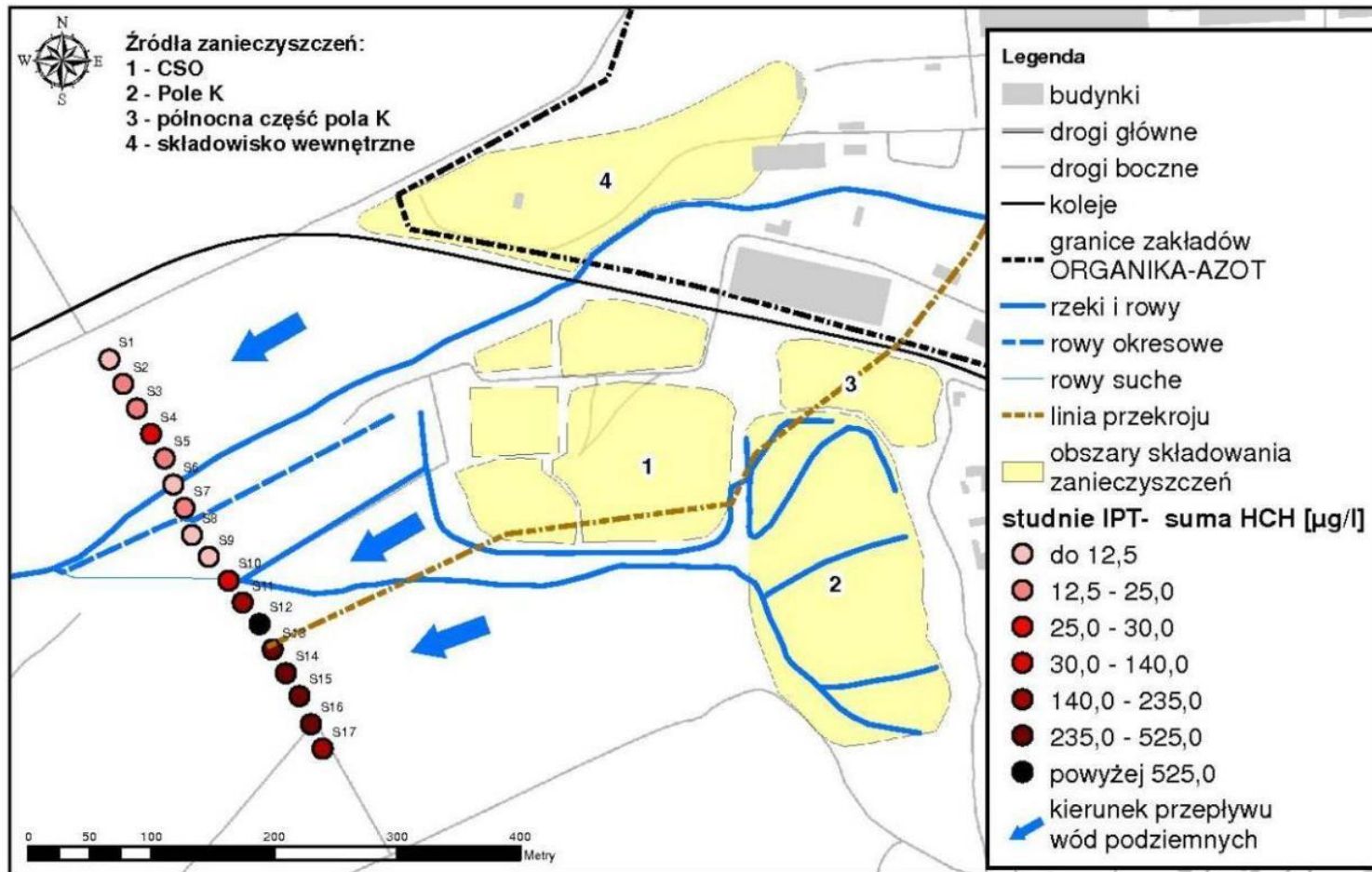
-  - piaszczysta warstwa wodonośna
-  - warstwa nieprzepuszczalna
-  - CSO
-  - północna część pola K



Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014



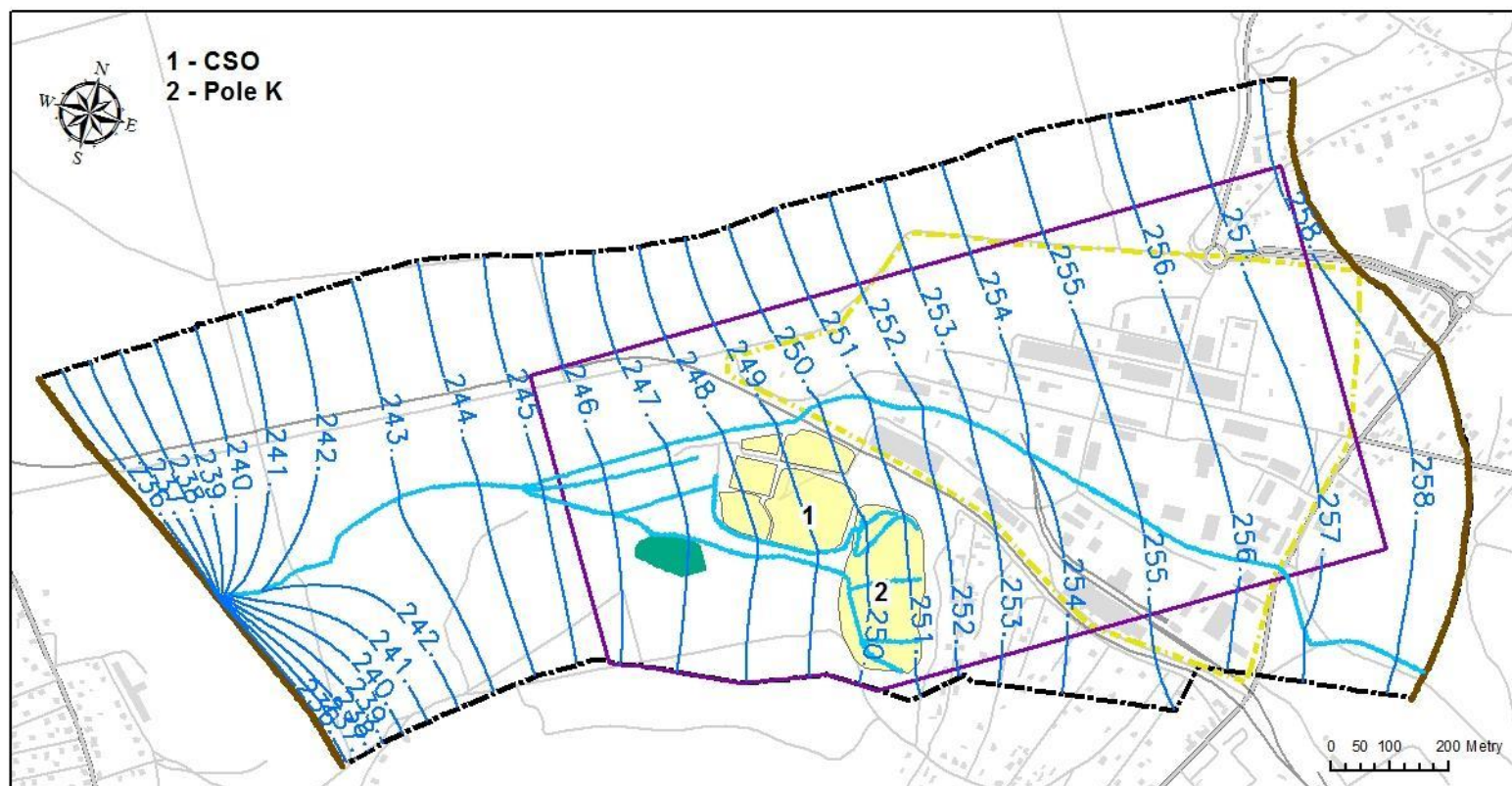
# Model koncepcyjny po pierwszej aktualizacji



Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014



# Model numeryczny przepływu wód podziemnych

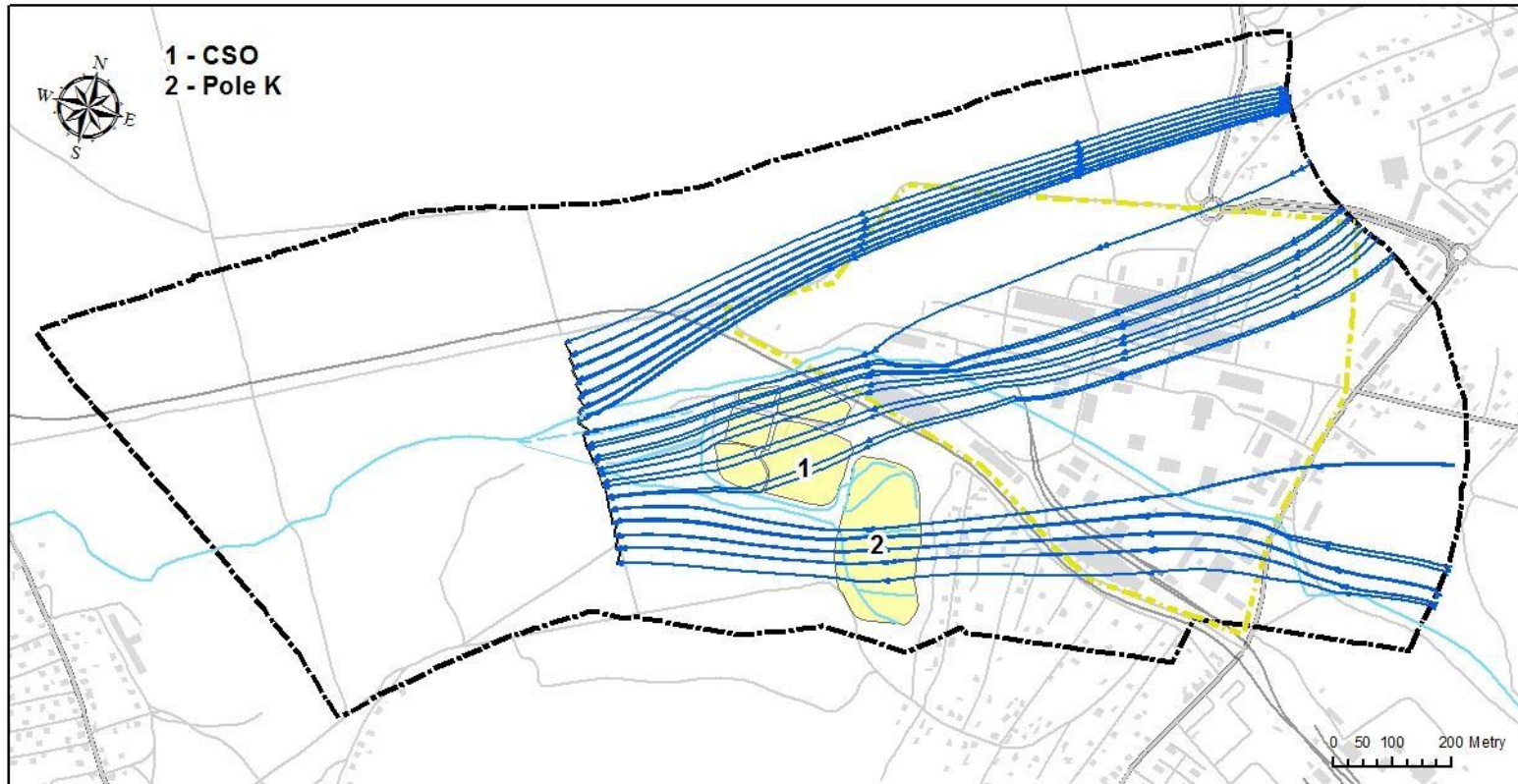


Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014





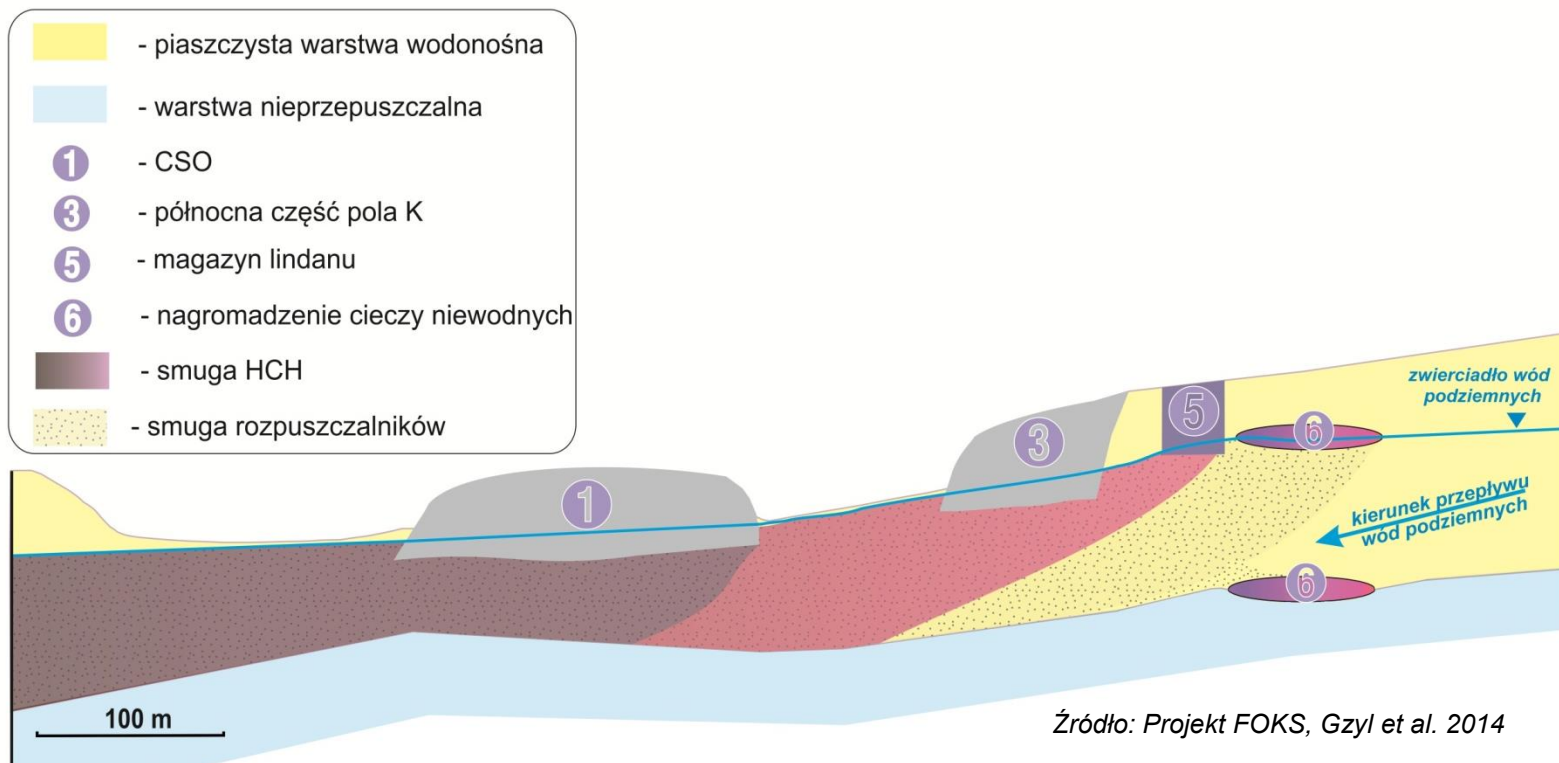
# Model transportu - adwekcja



Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014

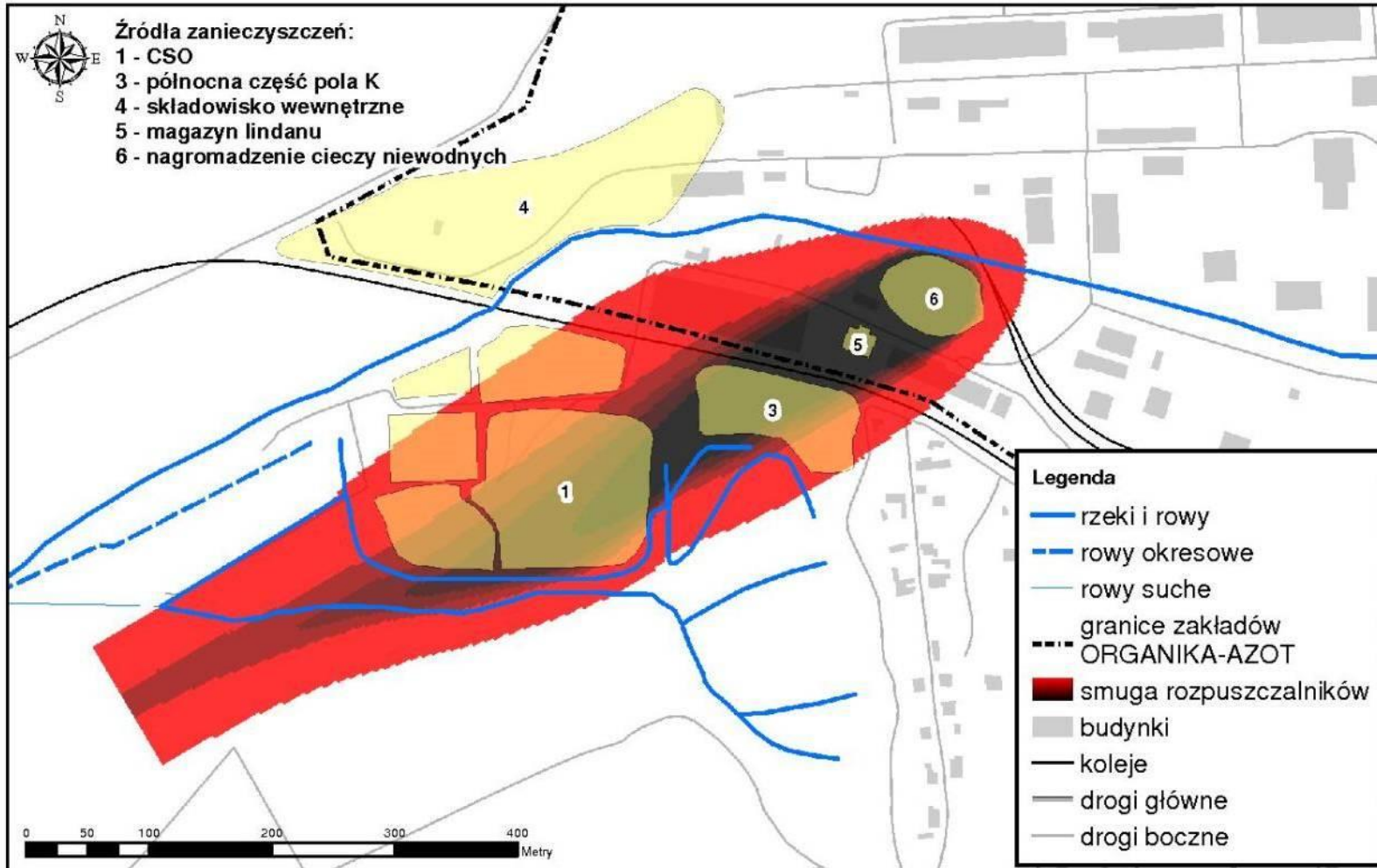


# Ostateczny model koncepcyjny





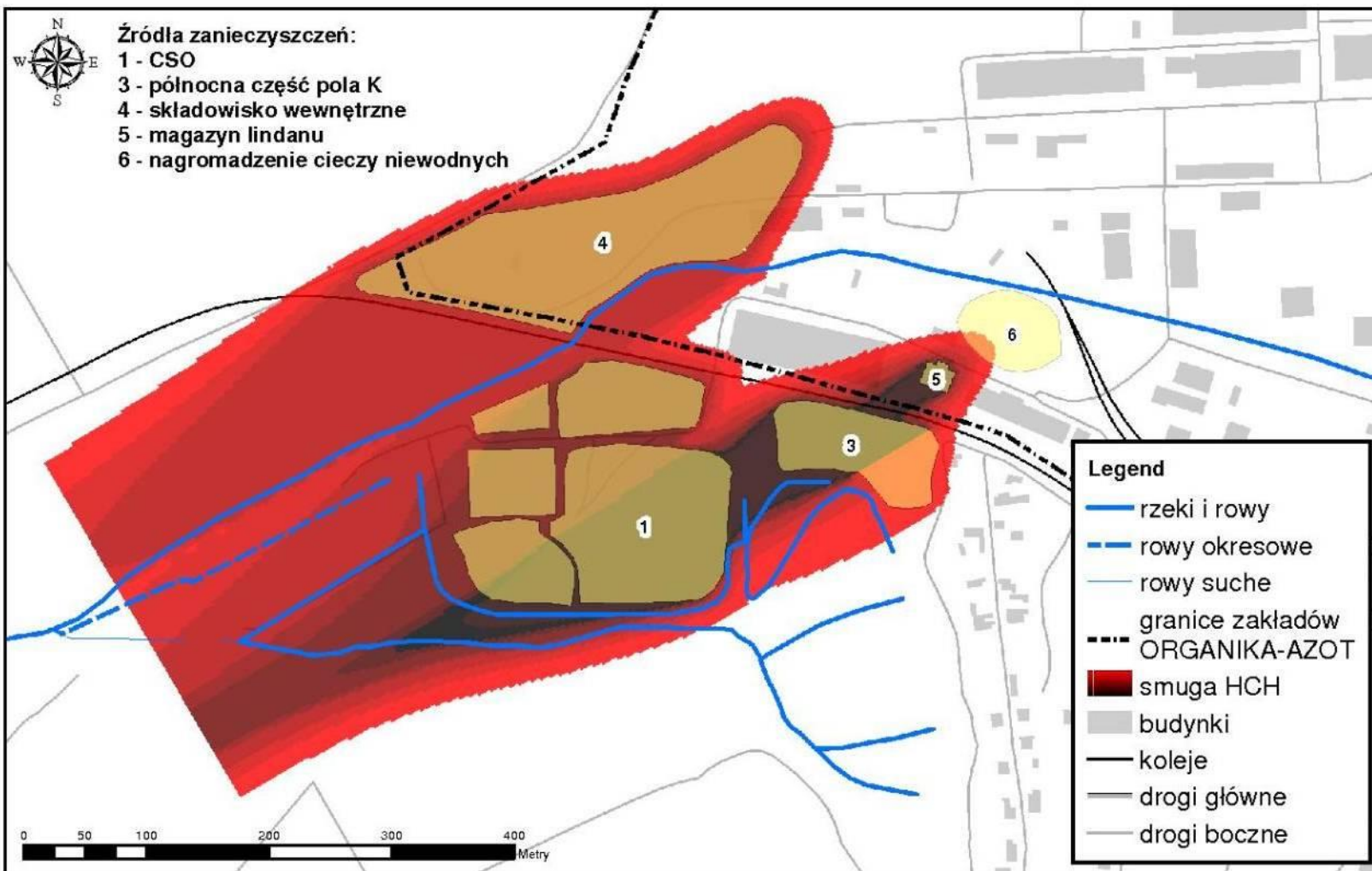
# Model transportu – smuga rozpuszczalników



Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014



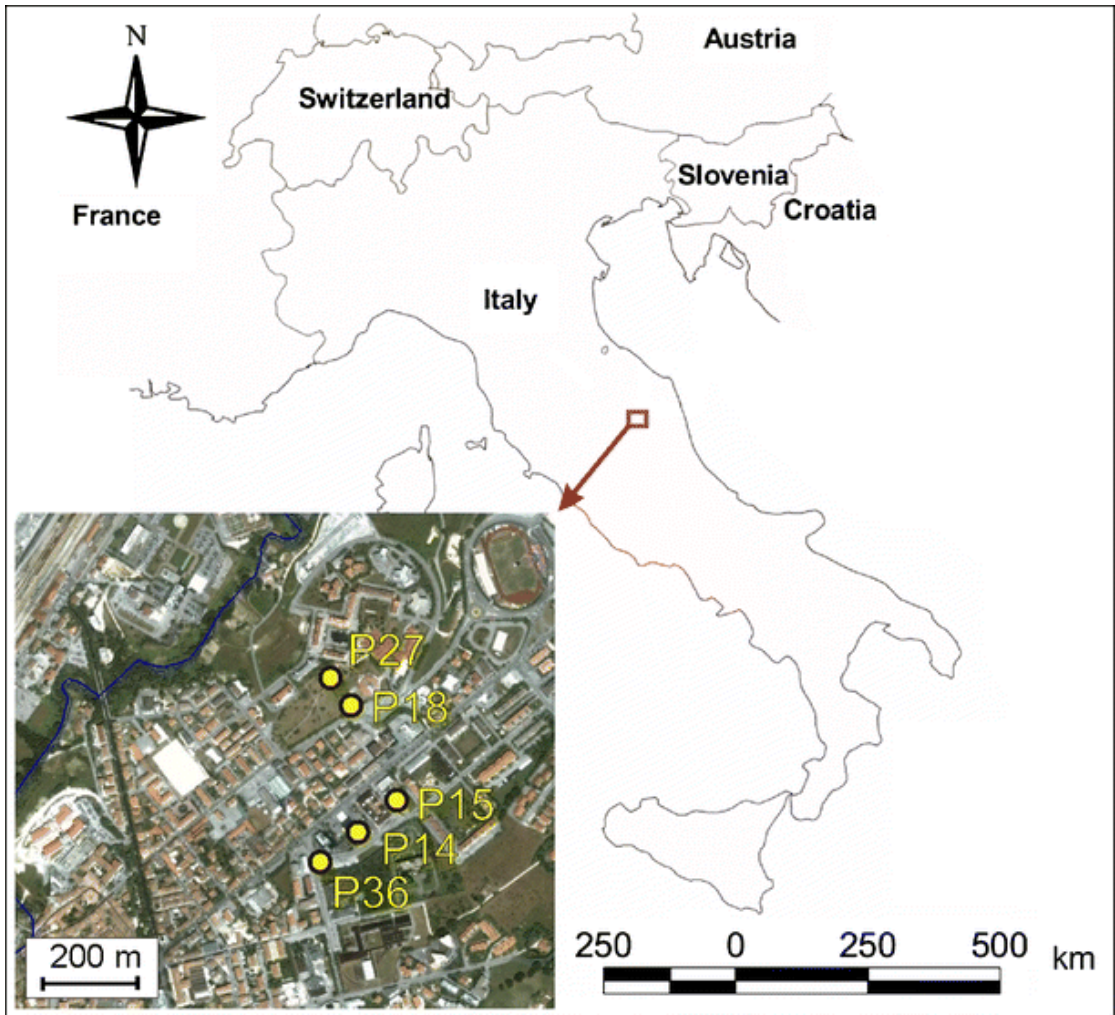
# Model transportu – smuga pestycydów (HCH)



Źródło: Projekt FOKS, Gzyl et al. 2014



# Fabriano, Włochy

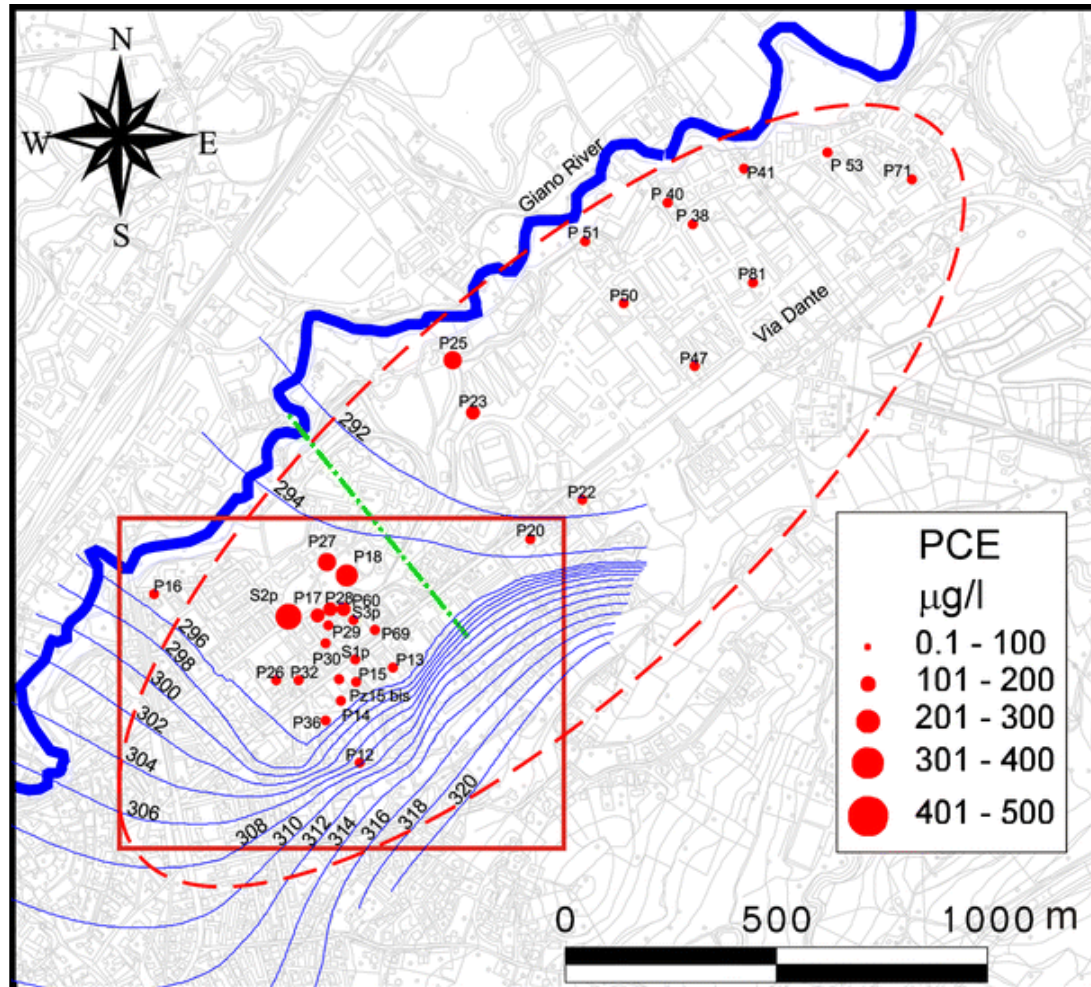


Źródło: Alberti et al. 2011





# Dolina rzeczna zanieczyszczona przez rozpuszczalniki chlorowane

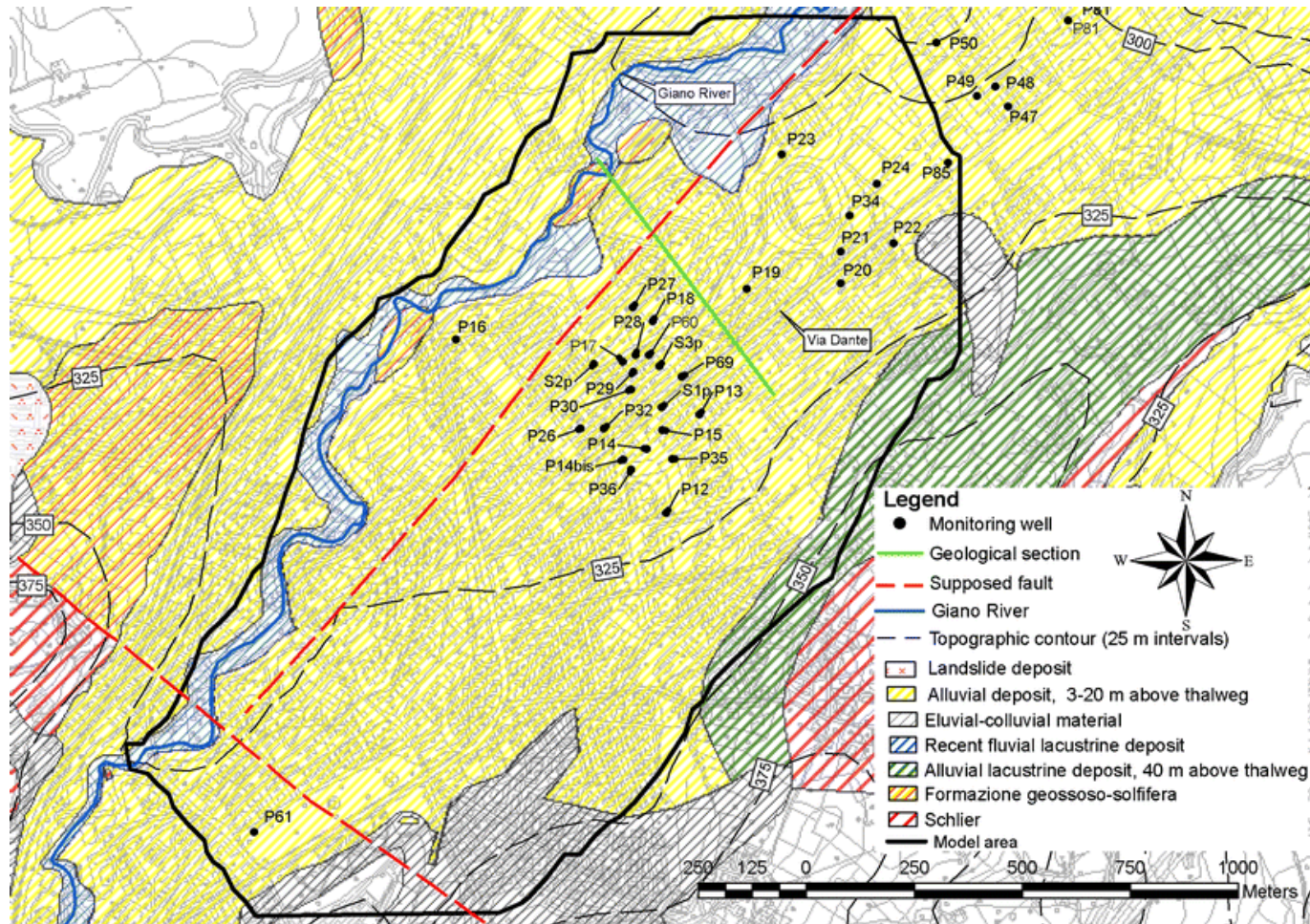


Źródło: Alberti et al. 2011





# Mapa geologiczna

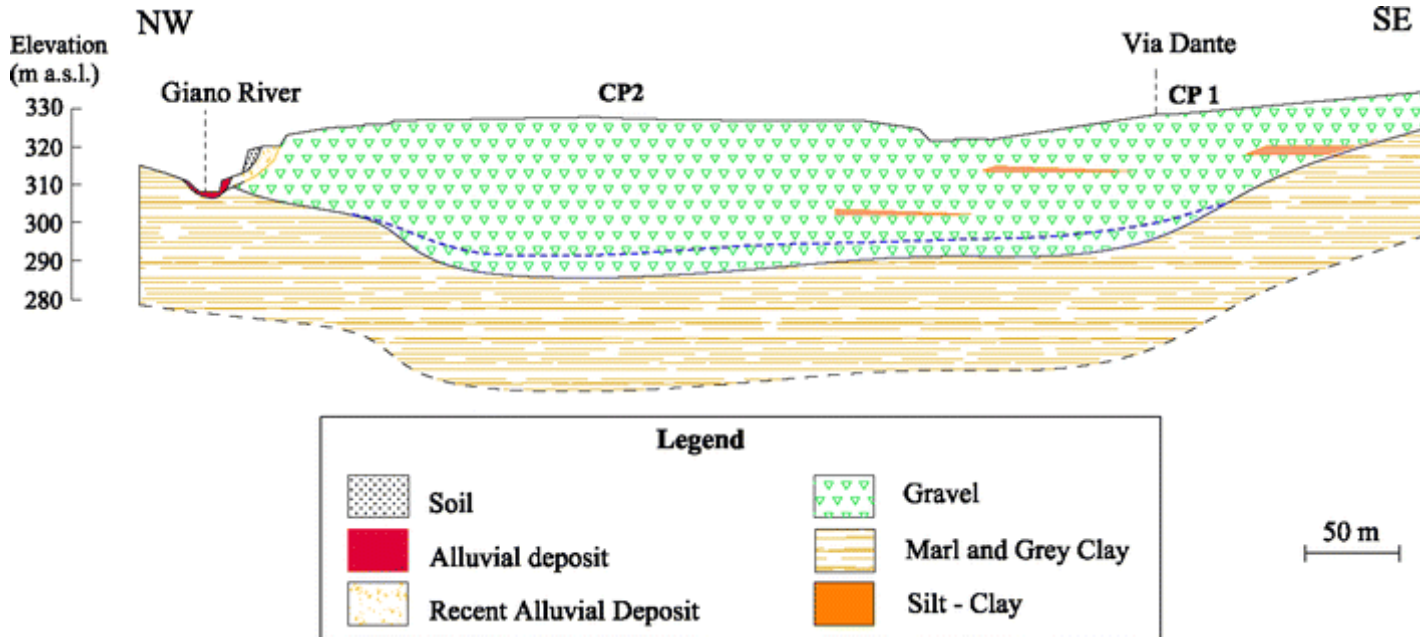


Źródło: Alberti et al. 2011





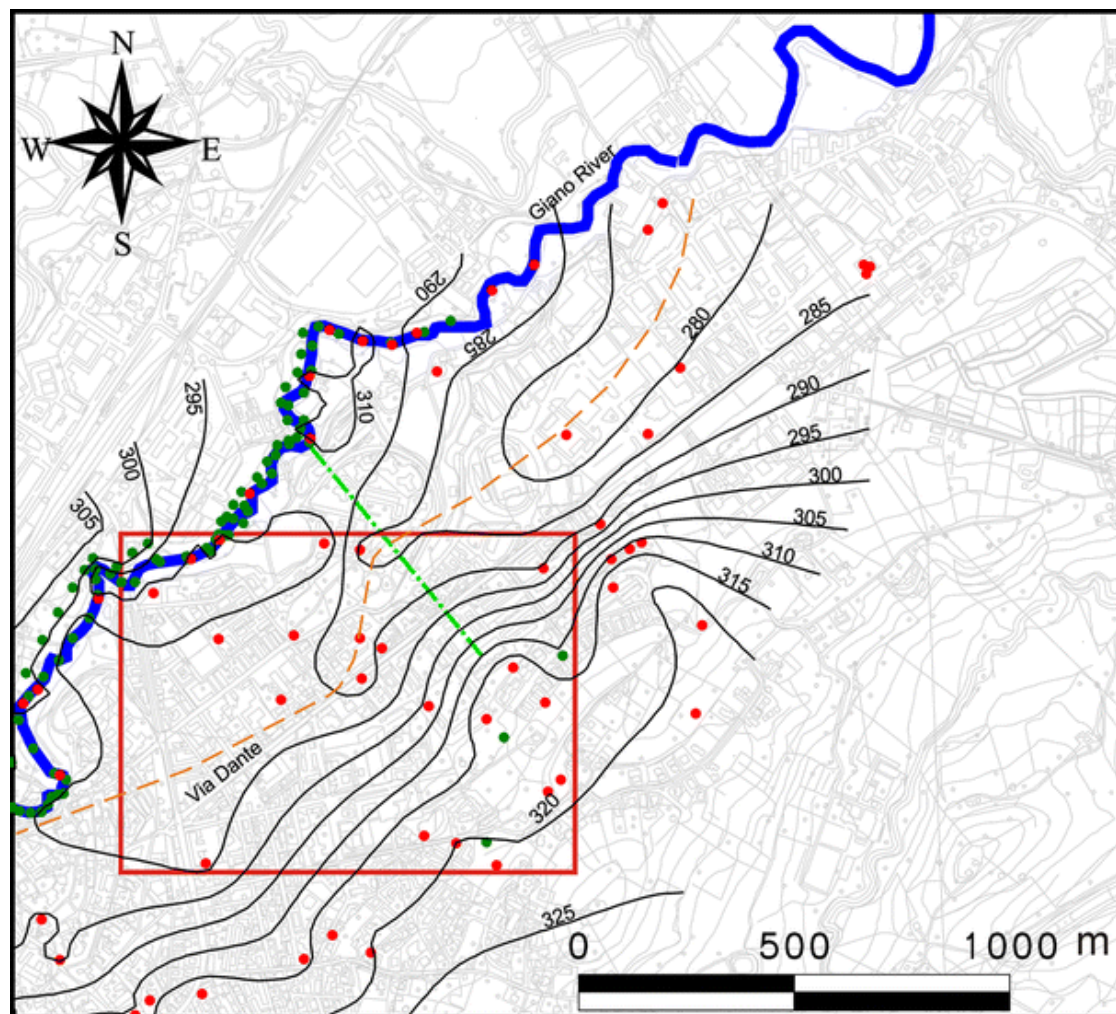
# Przekrój geologiczny



Źródło: Alberti et al. 2011



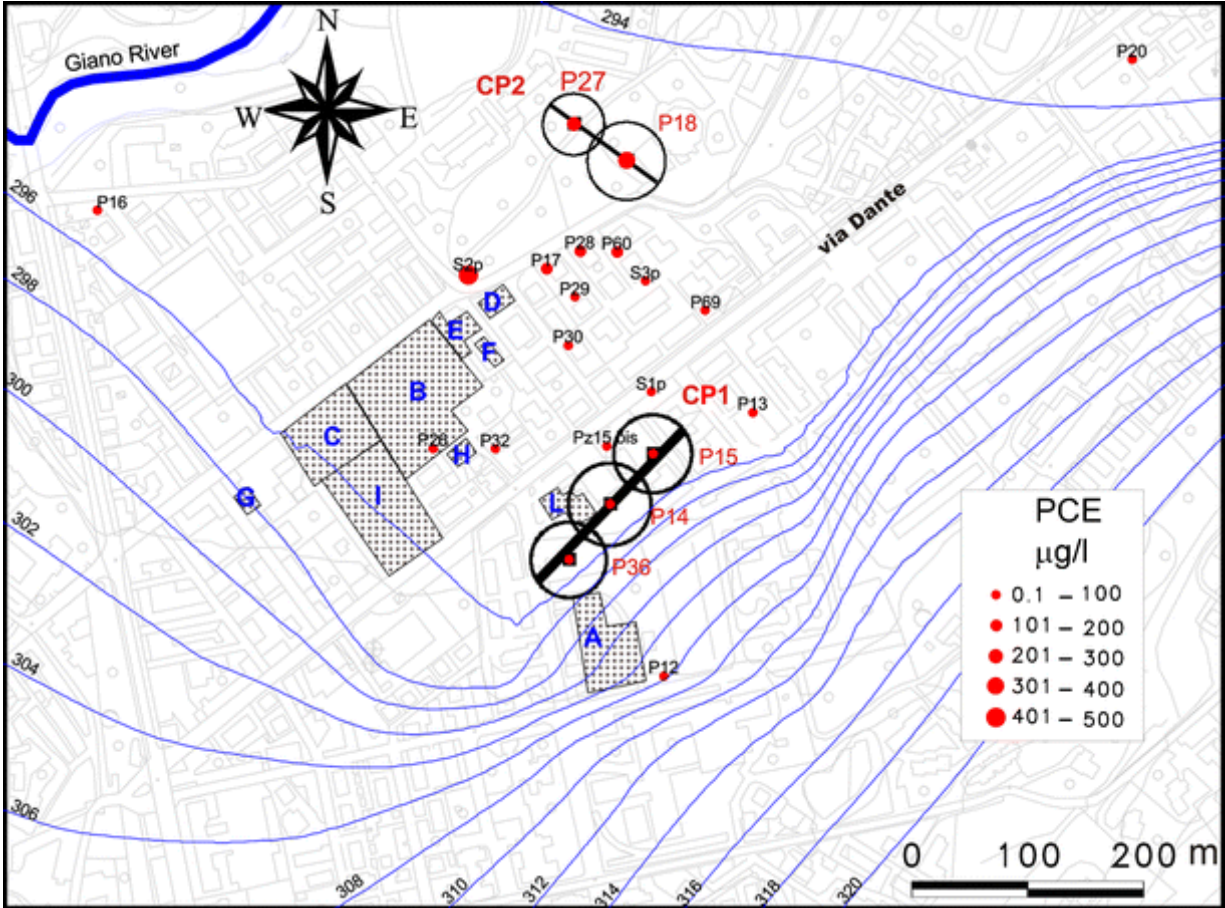
# Spąg pradoliny rzecznej



Źródło: Alberti et al. 2011



# Pompowania badawcze

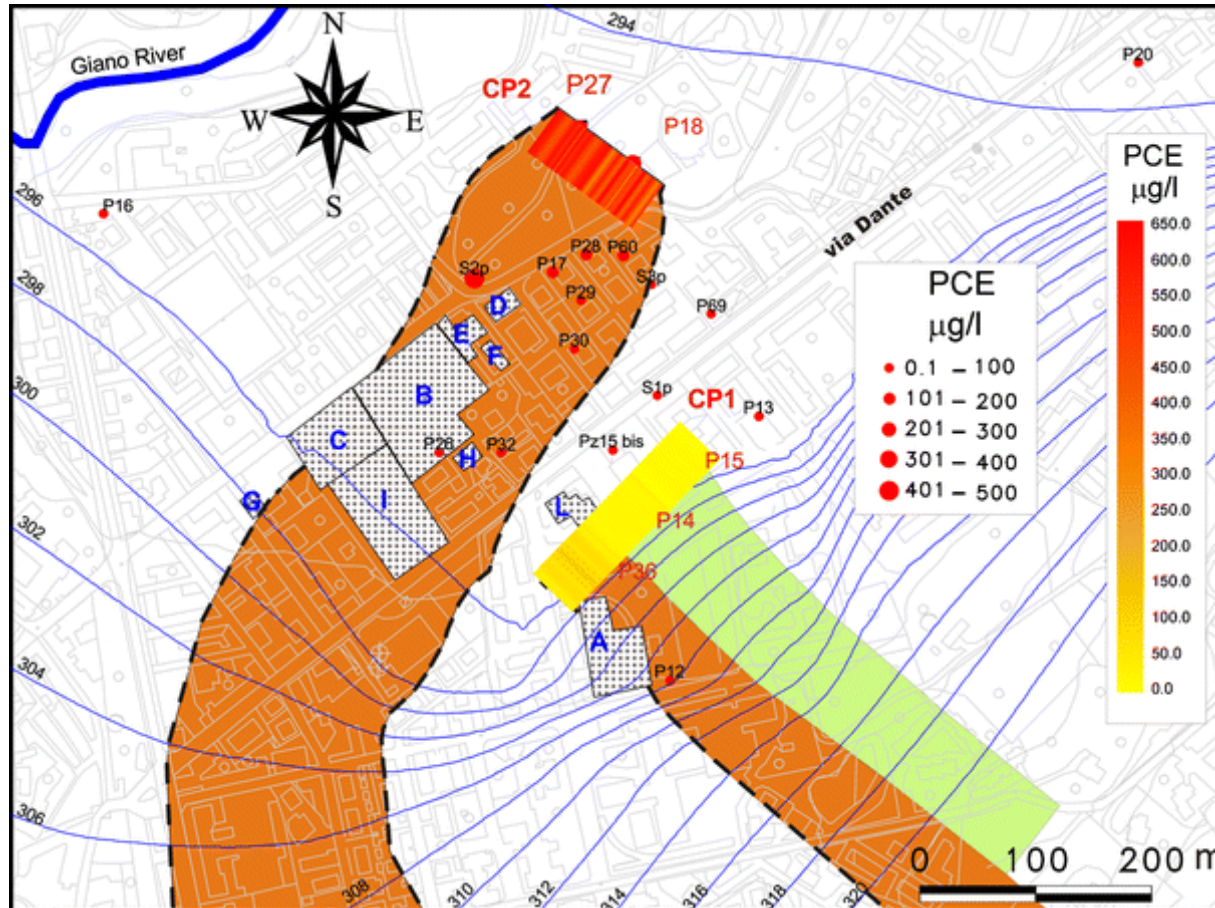


Źródło: Alberti et al. 2011





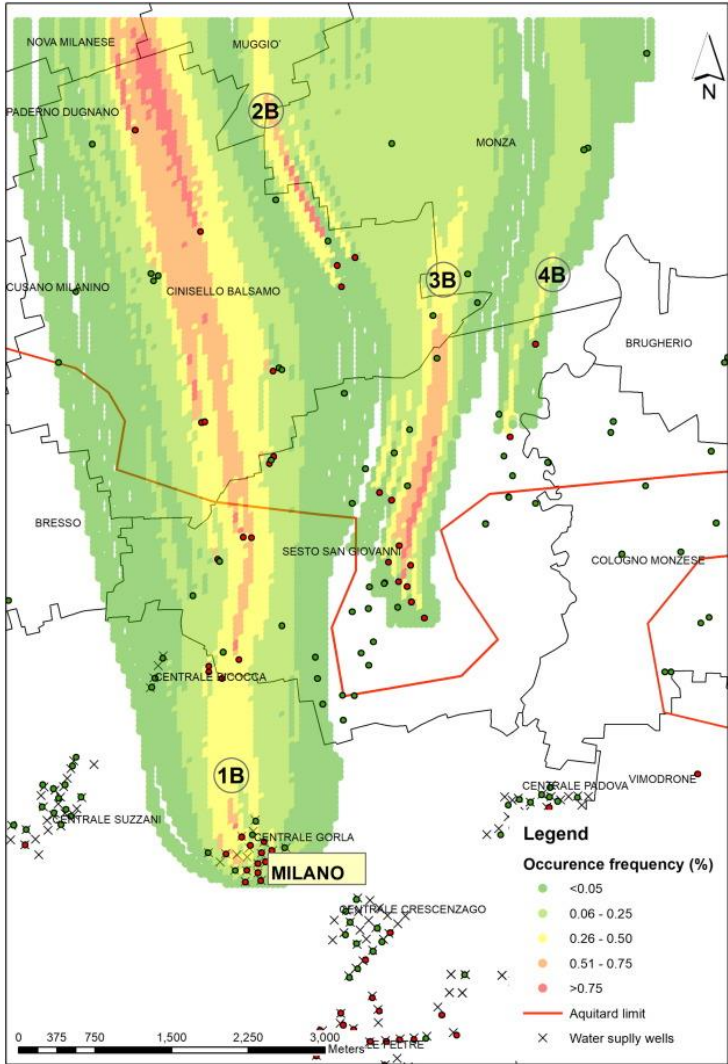
# Modelowanie transportu zanieczyszczeń



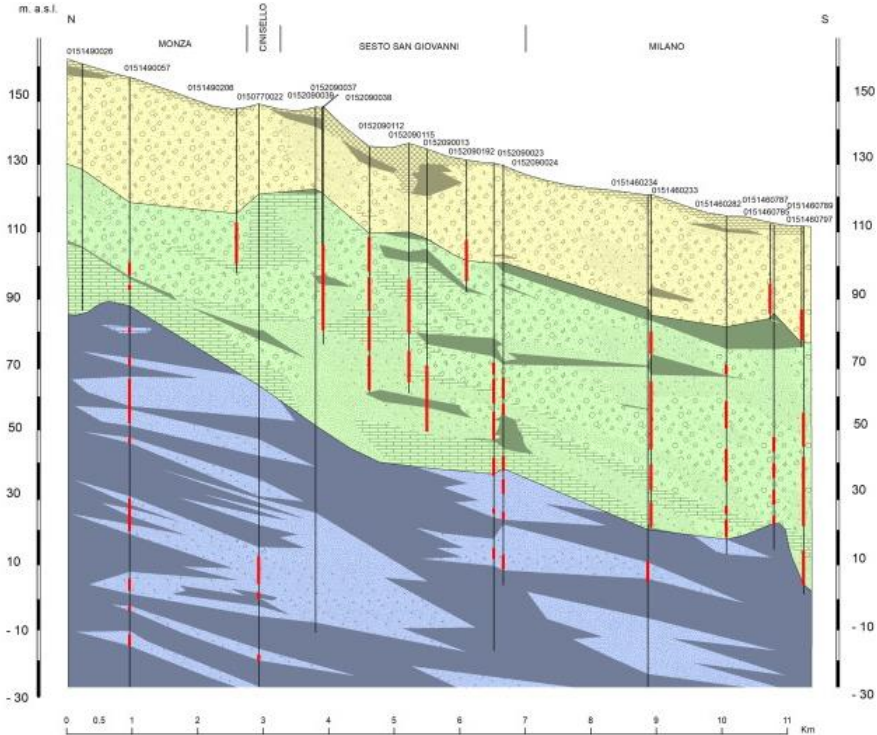
Źródło: Alberti et al. 2011



# Modelowanie probabilistyczne



Źródło: Alberti et al. 2011



Źródło: Alberti et al. 2011





***Dziękujemy za uwagę***  
***zapraszamy do dyskusji***

Grzegorz Gzyl  
Główny Instytut Górnictwa  
[www.gig.eu](http://www.gig.eu)

