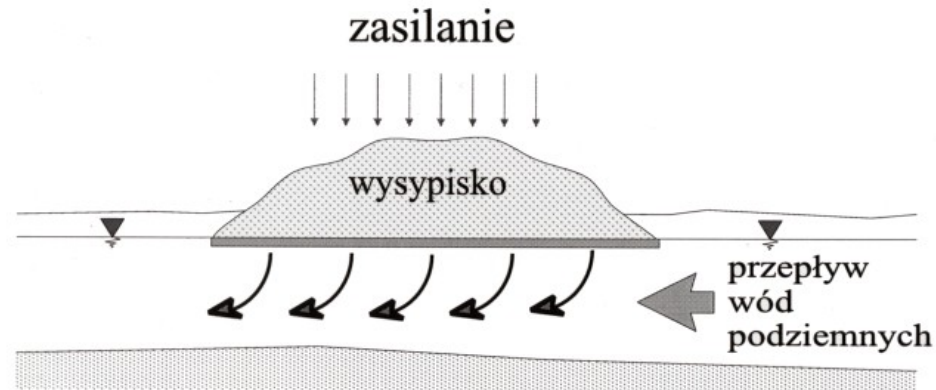


Przykład:

Model numeryczny
izolacji hydraulicznej
wysypisk odpadów

OPIS PROBLEMU



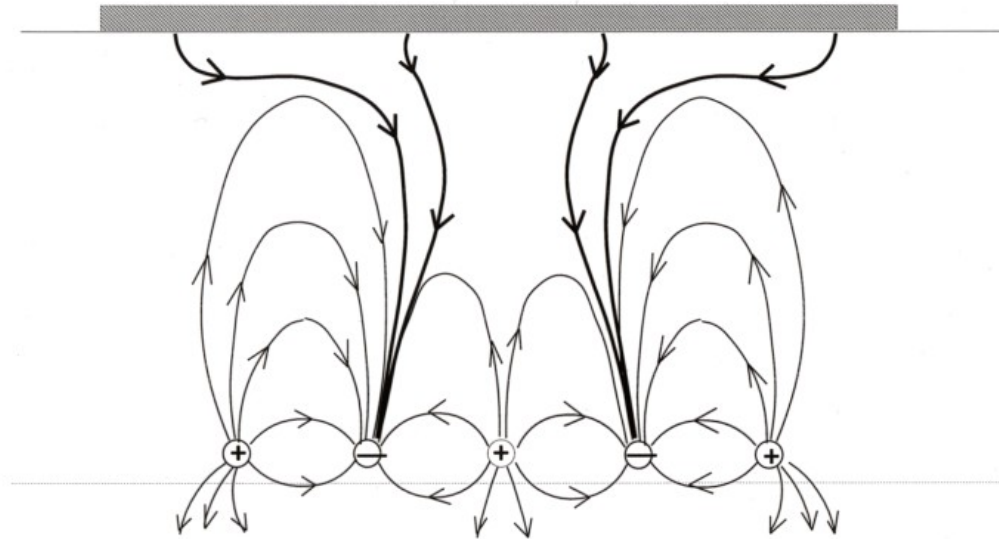
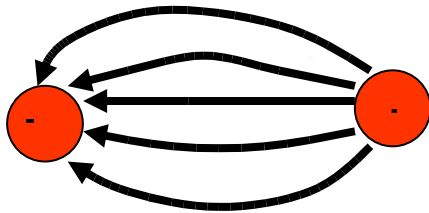
- ▶ Metody izolacji hydraulicznej
 - studnie
 - rowy
 - dreny



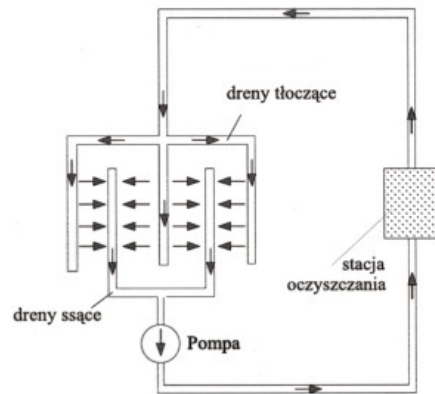
Izolacja hydrauliczna

- Istotą działania izolacji hydraulicznych jest taka (lokalna) zmiana systemu wód podziemnych, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń.
- Zalety izolacji za pomocą drenów: niezaburzenie bilansu wodnego warstwy wodonośnej, możliwość wykorzystania technologii bezodkrywkowych do instalowania drenów pod wysypiskiem.

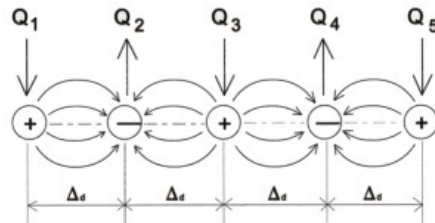
IZOLACJA HYDRAULICZNA AKTYWNE DRENY



IZOLACJA HYDRAULICZNA AKTYWNE DRENY

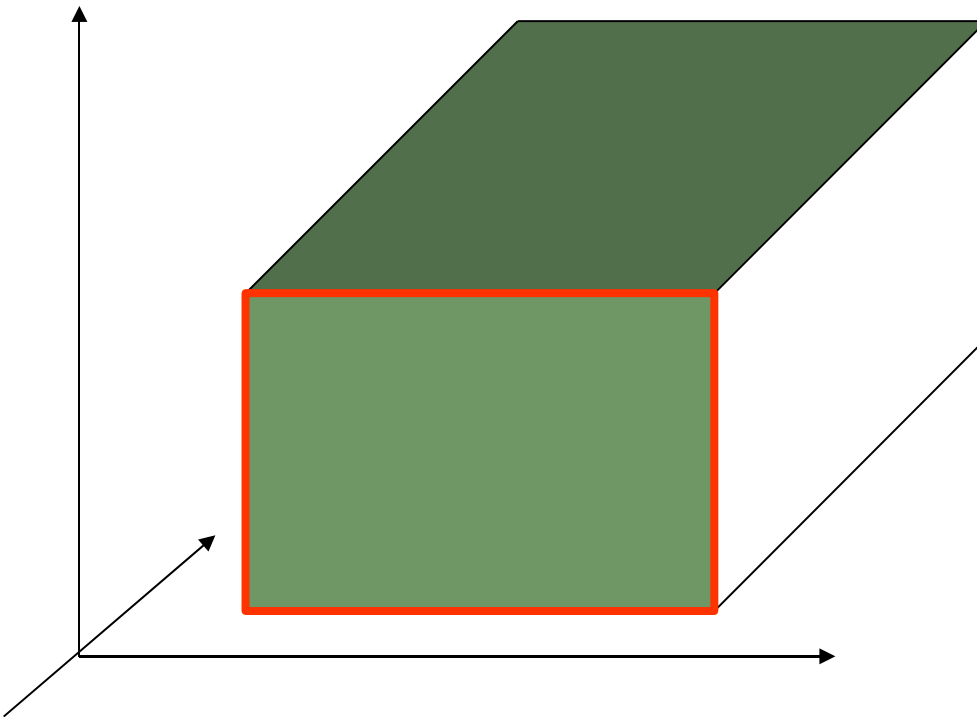


Zakłada się, że wysokość podnoszenia pompy oraz różnica ciśnień pomiędzy każdą parą drenów ssących i tłoczących są **równe**.



Model konceptualny (założenia)

- Rozwierać się będzie przypadek dwuwymiarowy w płaszczyźnie xz , a zatem zakłada się niezmienność zjawiska 'w głąb rysunku'



Model konceptualny (założenia)

- Stan ustalony (a zatem nie będzie wyznaczania ewolucji w czasie)
- Działanie drenu zadawane poprzez warunek brzegowy (co będzie oznaczało konieczność ‘wycinania’ otworów w obszarze obliczeniowym)
- Rozważa się warstwę nasyconą (a zatem przypadek łatwiejszy od sytuacji występowania warstwy nasyconej i nienasyconej)

Model matematyczny

- Model matematyczny jest konsekwencją założeń przyjętych w modelu konceptualnym i jest wyrażony za pomocą **równania Laplace'a**.
- Alternatywą do modelowania działania drenów za pomocą warunku brzegowego byłoby umieszczenie w równaniu **członu źródłowego**.

MODEL MATEMATYCZNY

- ▶ dwuwymiarowe **równanie przepływu** w stanie ustalonym w warstwie nasyconej:

$$\nabla \cdot (\mathbf{K}(\mathbf{x})\nabla h(\mathbf{x})) = 0$$

gdzie:

h – wysokość naporu hydraulicznego [m];

\mathbf{K} – współczynnik filtracji [m/d].

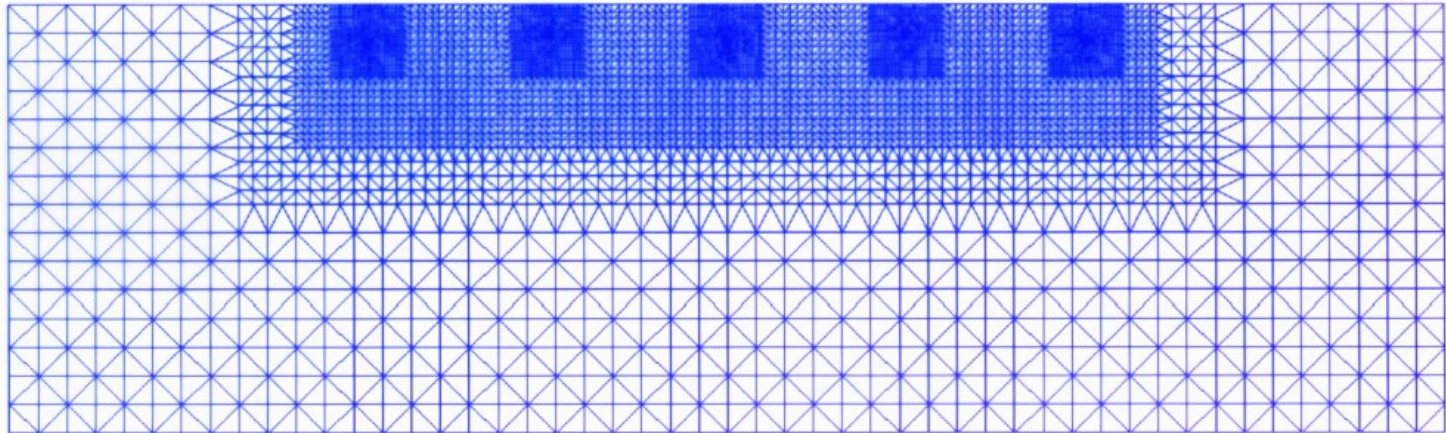
- ▶ warunki brzegowe



Model numeryczny

- Dyskretyzacja obszaru o złożonym kształcie.
- Niejednorodność?
- Metoda numeryczna. Wybór zależy od wielu czynników. W tym przypadku nieregularność dyskretyzacji wyklucza zastosowanie metody różnic skończonych. Metoda elementu skończonego lub metoda objętości skończonych nie będzie miała z tym problemem.

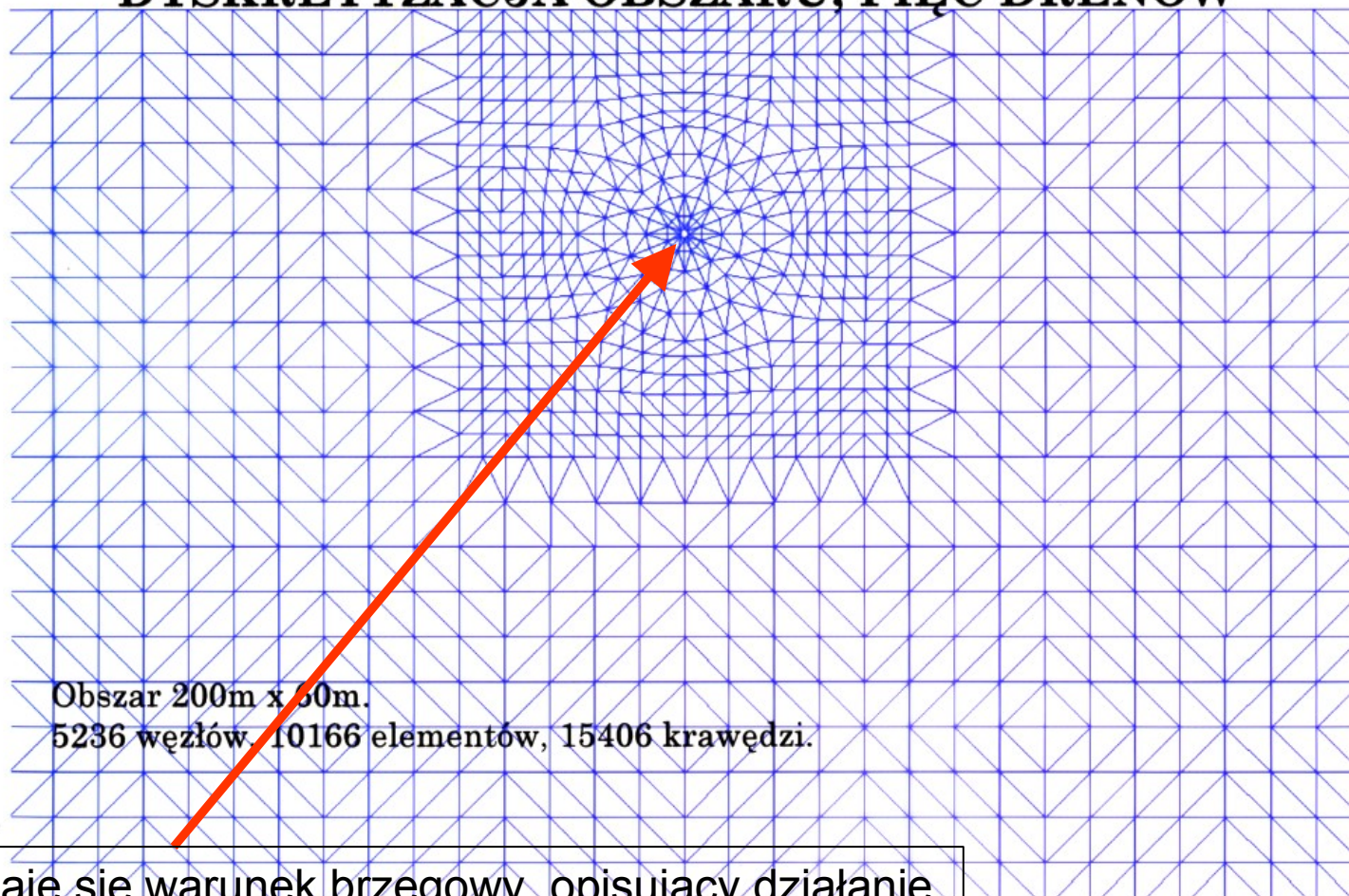
DYSKRETYZACJA OBSZARU, PIĘĆ DRENÓW



Obszar 200m x 60m.

5236 węzłów, 10166 elementów, 15406 krawędzi.

DYSKRETYZACJA OBSZARU, PIĘĆ DRENÓW



Tu zadaje się warunek brzegowy, opisujący działanie drenów

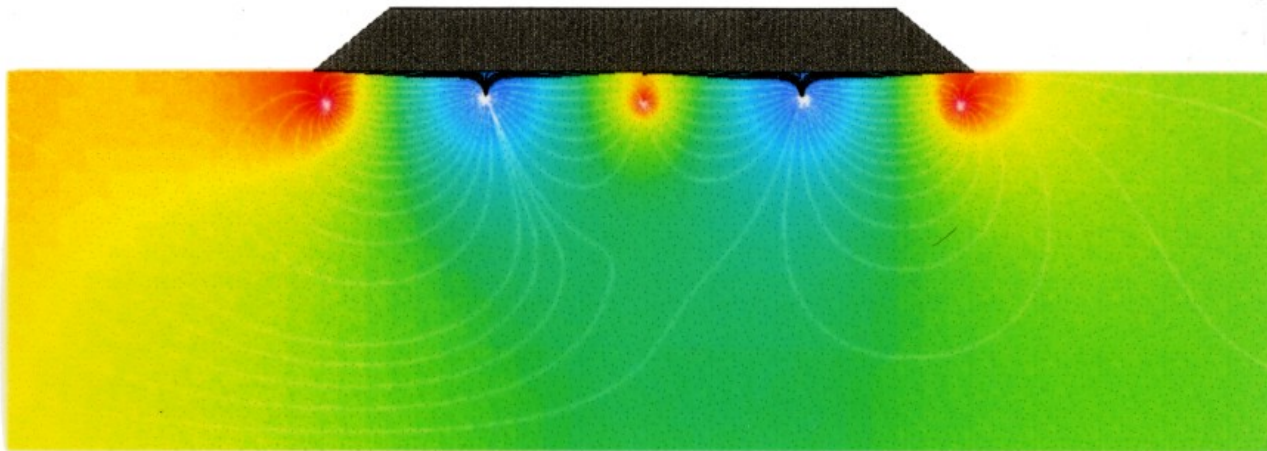
Gdy się pisze własny kod...

- Oprócz wyboru metody dyskretyzacji należałoby zdecydować się:
- Jaki **solver** zastosować. Pod pojęciem **solvera** rozumie się metodę wykorzystaną do rozwiązania **układu równań algebraicznych** otrzymanych w wyniku zastosowania którejś z metod dyskretyzacji.

Układy równań liniowych

- Omawiany tu przykład należy do grupy zagadnień generujących **układy równań liniowych**. Rozwiązuje się je za pomocą metod skończonych (**eliminacja Gaussa**) lub iteracyjnych (np. **gradientów sprzężonych**). W kontekście metod iteracyjnych pojawia się pojęcie wstępnego poprawiania **uwarunkowania macierzy**, czyli **preconditioningu** oraz konieczność zdefiniowania **warunku zakończenia iteracji**.

OŚRODEK JEDNORODNY IZOTROPOWY

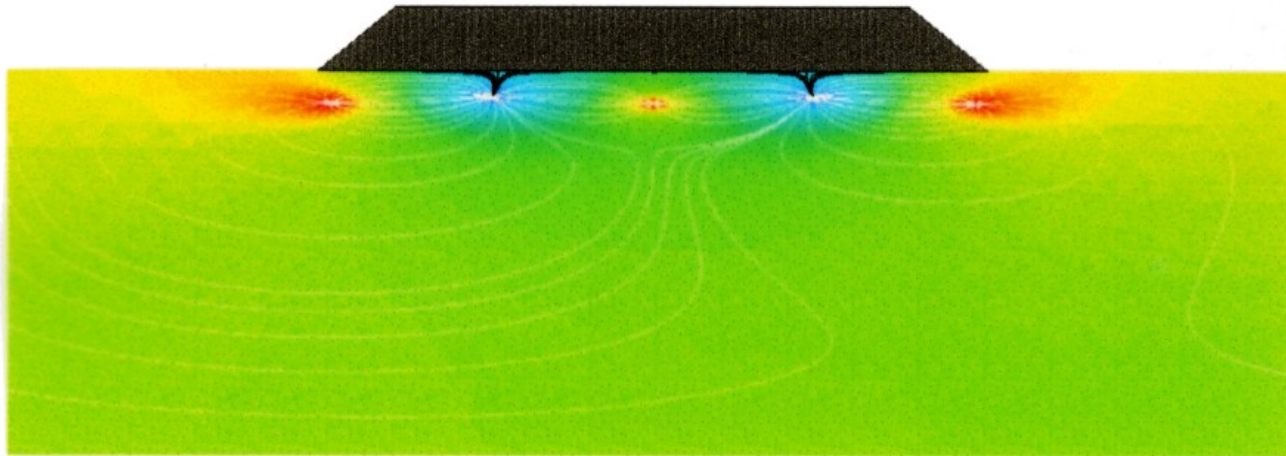


Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 200m.

Postprocessing – przetwarzanie PO wyznaczeniu rozwiązania

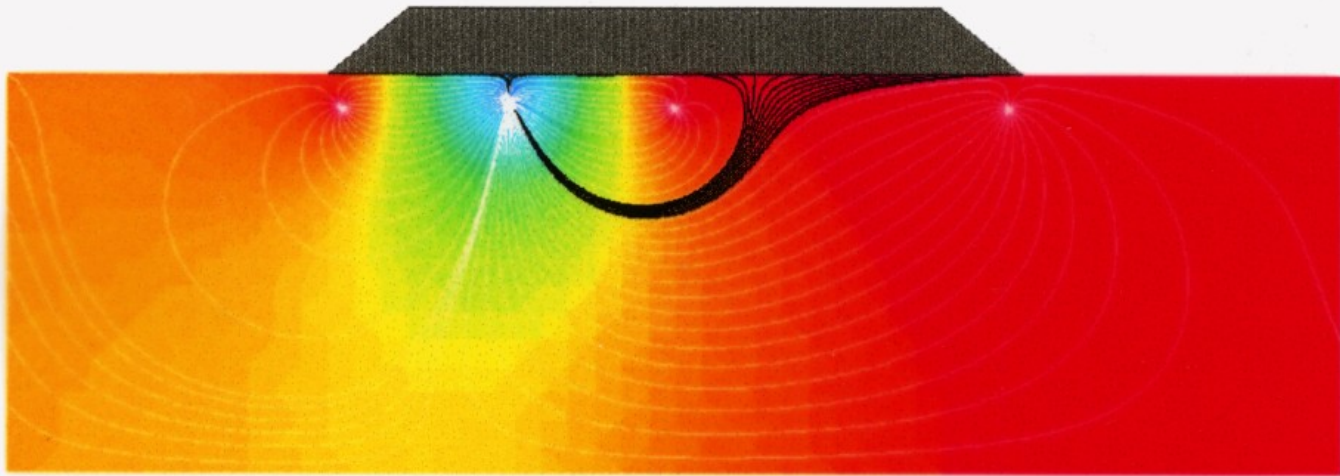
- **Wizualizacja** – graficzne przedstawienie wybranych zmiennych stanu.
- Wyznaczenie pewnych wartości na podstawie wartości wyliczonych jako rozwiązanie przybliżone równania, np. **wektorów prędkości**.
- Wyznaczenie **linii prądu** (na podstawie prędkości).
- Wyznaczenie **czasu przejścia** z jednego punktu obszaru do drugiego (wyznaczanie stref ochronnych dla ujęć wody pitnej).

OŚRODEK JEDNORODNY ANIZOTROPOWY



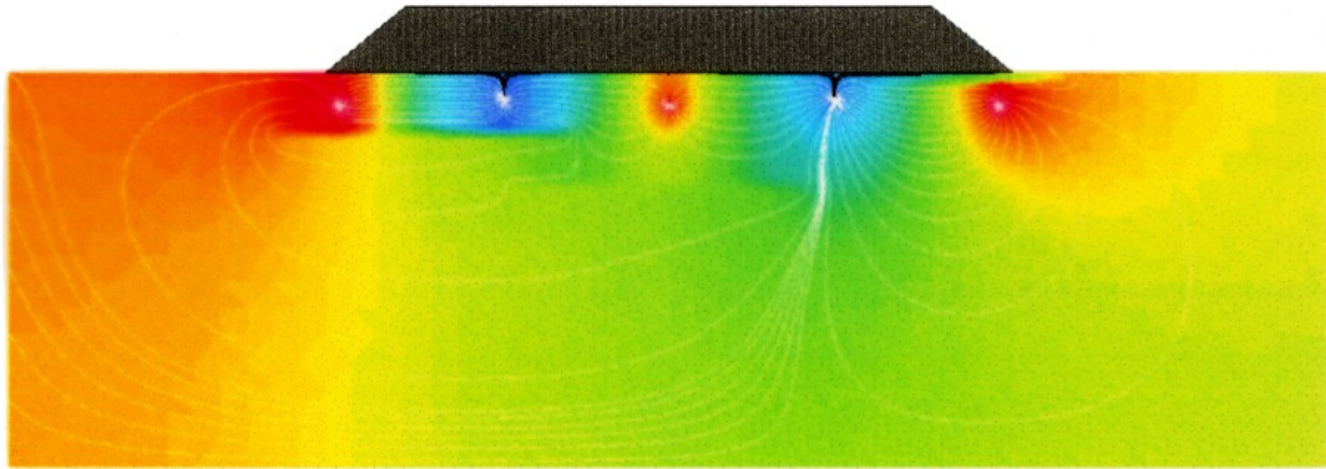
Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m. Tensor współczynnika filtracji o składowej poziomej 10m/d oraz składowej pionowej 1 m/d o kierunkach głównych pokrywających się z układem współrzędnych.

AWARIA DRENU SSĄCEGO - OŚRODEK IZOTROPOWY



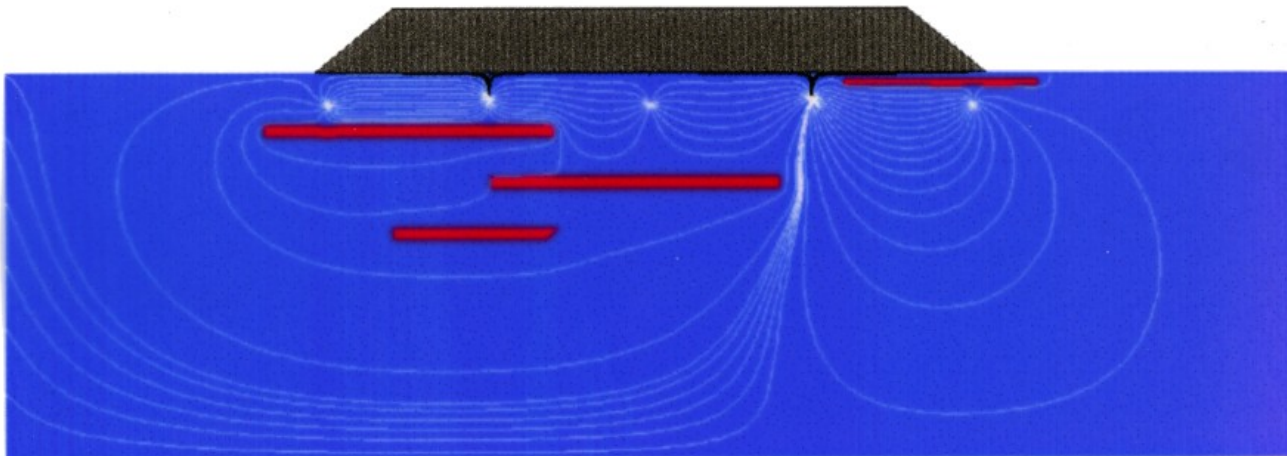
Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m, ośrodek jednorodny.

OŚRODEK NIEJEDNORODNY IZOTROPOWY



Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m.

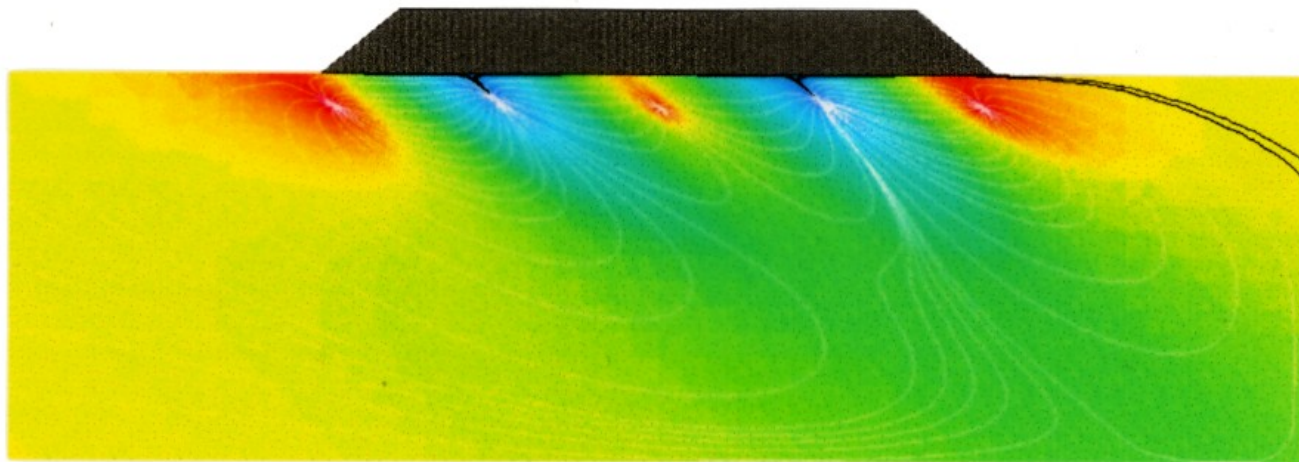
OŚRODEK NIEJEDNORODNY IZOTROPOWY



Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m.

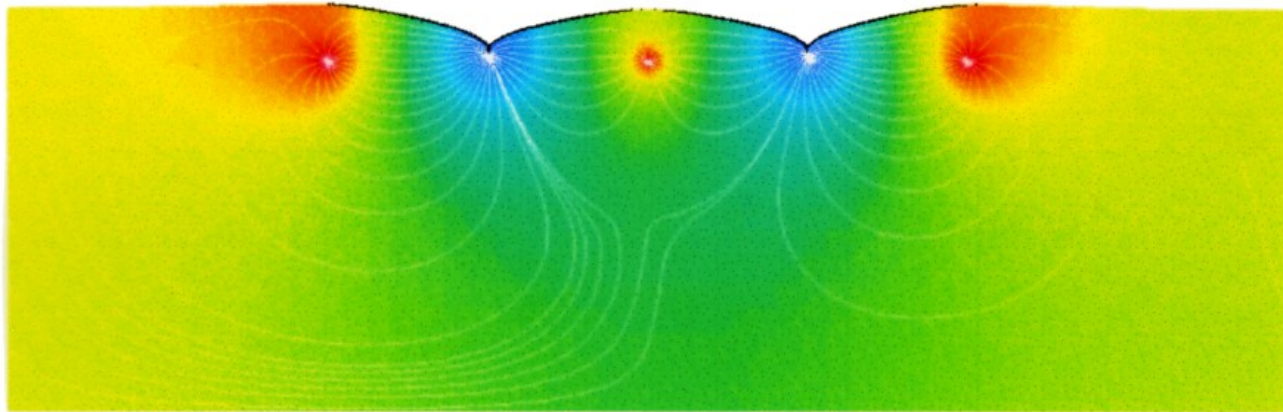
Obszary o niskiej wartości współczynnika filtracji (0.01 m/d) są zaznaczone kolorem czerwonym; niebieski kolor odpowiada współczynniki filtracji 1 m/d.

OŚRODEK JEDNORODNY ANIZOTROPOWY



Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m. Tensor współczynnika filtracji o składowej poziomej 10m/d oraz składowej pionowej 1 m/d, o kierunkach głównych nachylonych pod kątem 30° względem osi układu współrzędnych.

POŁOŻENIE SWOBODNEJ GRANICY



Zasilanie z wysypiska $R_w=0.004\text{m/d}$, przepływ regionalny $q_r=0.002\text{m/d}$, długość wysypiska 50m. Jednorodny ośrodek izotropowy.

Kontynuacja (nie jedna)....

- Równanie przyływu pozwoliło wyznaczyć drogi, po których będą przemieszczać się zanieczyszczenia.
- Uzupełnienie równania przepływu o równanie transportu umożliwiłoby wyznaczenie również rozkład stężenia zanieczyszczeń.