

Kto?  
Czym?  
Gdzie?  
Skąd?  
Czy? Kim?  
Dokąd? Komu?  
Co? Jak?  
Po co? Kiedy?  
Dlaczego?

# Wizualna analiza danych i modelowanie wizualne: wyzwania i paradygmaty przyszłości

**Bartosz Borucki**

*Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego  
Uniwersytet Warszawski*

*Seminarium Wyzwania Modelowania Inżynierskiego i Biznesowego  
Politechnika Warszawska*

**22 marca 2016**



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)



Niniejsza praca objęta jest licencją [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Poland License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/pl/).

# Wizualizacja i analiza wizualna



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

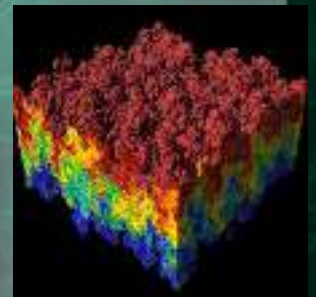
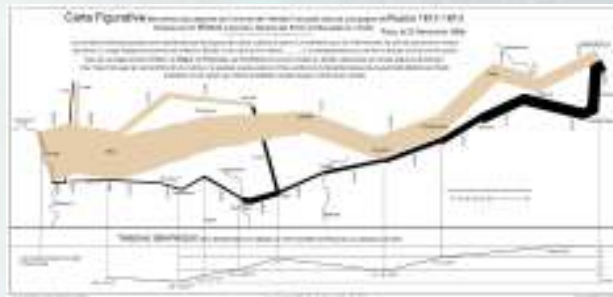
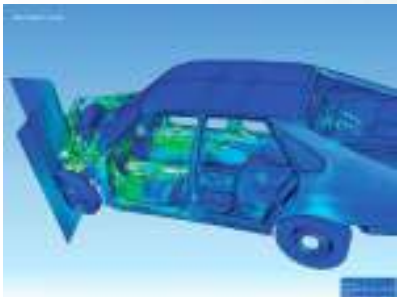
# Czym jest wizualizacja?

- Definicja

*Techniki tworzenia obrazów, diagramów i animacji w celu przekazania wiadomości.*

- Przykłady

- Od konkretów po zjawiska abstrakcyjne
- Od starożytnych malowideł ściennych po grafikę komputerową



Źródło obrazów: Wikipedia



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)



# Trzy typy wizualizacji

- **Opisowa**
  - Reprezentowane w danych zjawisko jest znane
  - Potrzeba zaprezentowania lub weryfikacji
  - Zwyczajnie na potrzeby przekazania treści
- **Analityczna**
  - Poszukiwanie ukierunkowane
  - Cel procesu analitycznego jest znany
  - Zwyczajnie dla weryfikacji hipotezy
- **Eksploracyjna**
  - Poszukiwanie nieukierunkowane
  - Cel procesu analitycznego nie jest znany
  - Pomaga zrozumieć zjawisko i postawić hipotezy
  - Odkrywa wzorce

Według R.D.Bergeron, 1993

D.M. Butler, J.C. Almond, R.D. Bergeron, K.W. Brodlie, R.B. Haber  
„Visualization Reference Models”, Proc. Of the 4th Conf on Vis ,93, 1993

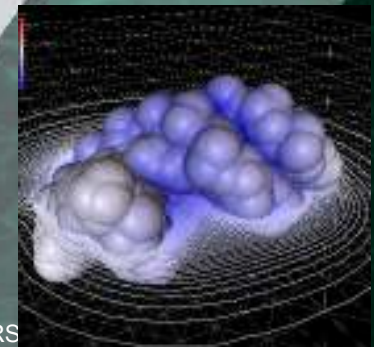
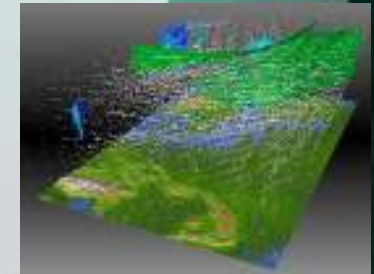


UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)



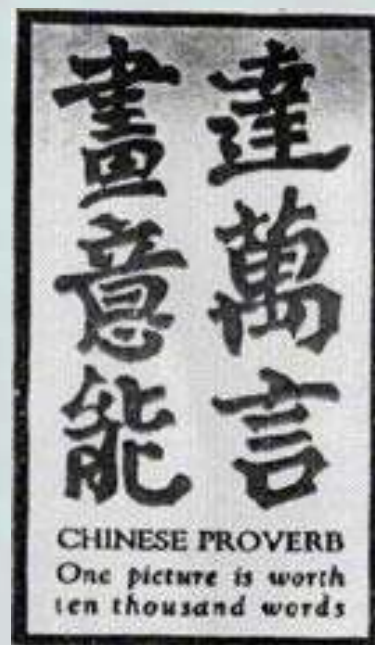
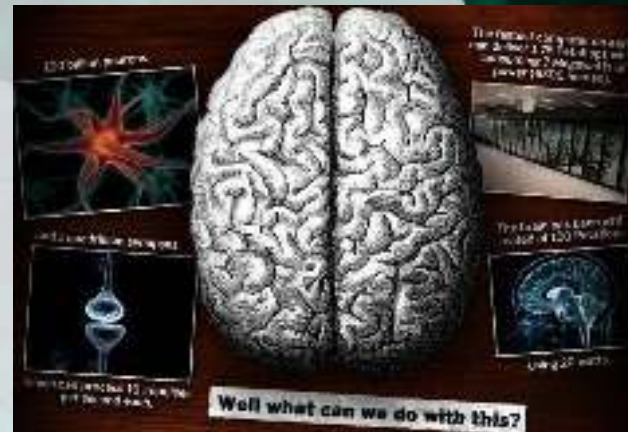
# Główne działy wizualizacji

- **Wizualizacja Informacji** (Information Visualization)
  - Projektowanie i tworzenie reprezentacji wizualnych i interakcji gdzie przestrzenna reprezentacja jest dziełem twórcy
  - Dane abstrakcyjne lub w przestrzeni abstrakcyjnej
- **Wizualizacja Naukowa** (Scientific Visualization)
  - Dane z symulacji lub pomiarów
  - Osadzone zwykle w przestrzeni rzeczywistej
  - Np. wizualizacja przepływów, wizualizacja medyczna
- **Analiza Wizualna** (Visual Analysis)
  - Wnioskowanie za pomocą interaktywnych technik wizualnych
  - Skupia się na interakcji odbiorcy z wizualizacją
  - **Pokazanie oczekiwanego i odkrycie nieoczekiwanego**
- **Modelowanie Wizualne** (Visual Modelling)
  - Wykorzystanie metod wizualizacji do tworzenia modeli



# Analiza wizualna w praktyce

- Techniki przetworzenia danych na informację wizualną
  - Algorytmy i narzędzia wizualizacyjne
- Techniki prezentacji informacji wizualnej
  - Monitory, okulary VR, plakaty, etc.
- Postrzeganie człowieka
  - Duża równoległość przekazu
- Interpretacja informacji obrazowej
  - Szybkie i „automatyczne” rozumienie całego obrazu jednocześnie

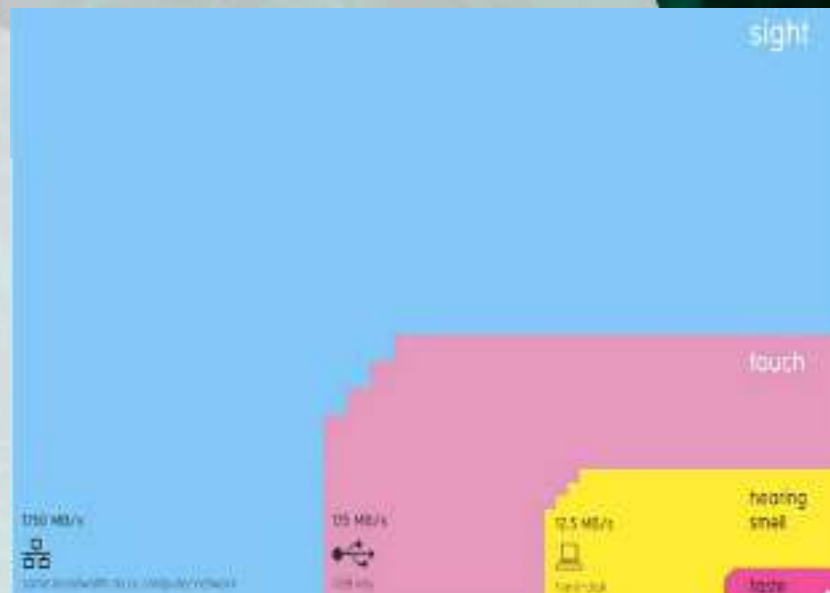


**„Jeden obraz jest wart tysiąca słów”**

*We współczesnym świecie powiedzenie objawiło się na początku XX wieku w USA. Przypisuje się je Frederick R. Barnard’owi, który opublikował w Printer’s Ink, w grudniu 1921 roku, artykuł o efektywności grafiki w reklamie pod takim właśnie tytułem.*

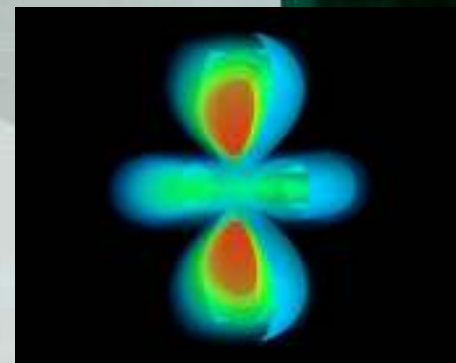
# Analiza wizualna w praktyce

- „Przepustowość zmysłów”
  - Tor Norretrandes, fizyk
- „Piękno wizualizacji danych”
  - David McCandless @ TED
  - Więcej używajmy oczu w natłoku informacji
  - Wizualizacja = obserwacja wzorców i powiązań, które mają znaczenie, aby zrozumieć, opowiedzieć historię lub skupić się na ważnej informacji
  - Jesteśmy przyzwyczajeni do informacji wizualnej więc się jej domagamy
  - Interpretacja nie wymaga wysiłku



# Analiza wizualna i wizualizacja - rola

- Pokazać ukryte
- Wydobyć schowaną w natłoku danych informację
- Odkryć nieoczekiwane
- Umożliwić niemożliwe
  - Wspomóc naukowców w rozwoju nauki
  - Poszerzyć możliwości analityczne
  - Służyć jako medium wymiany wiedzy
  - Uprościć przekaz
- Wizualizacja nie jest tylko narzędziem
  - Dziedzina szerokich badań
  - Istotne wyzwania





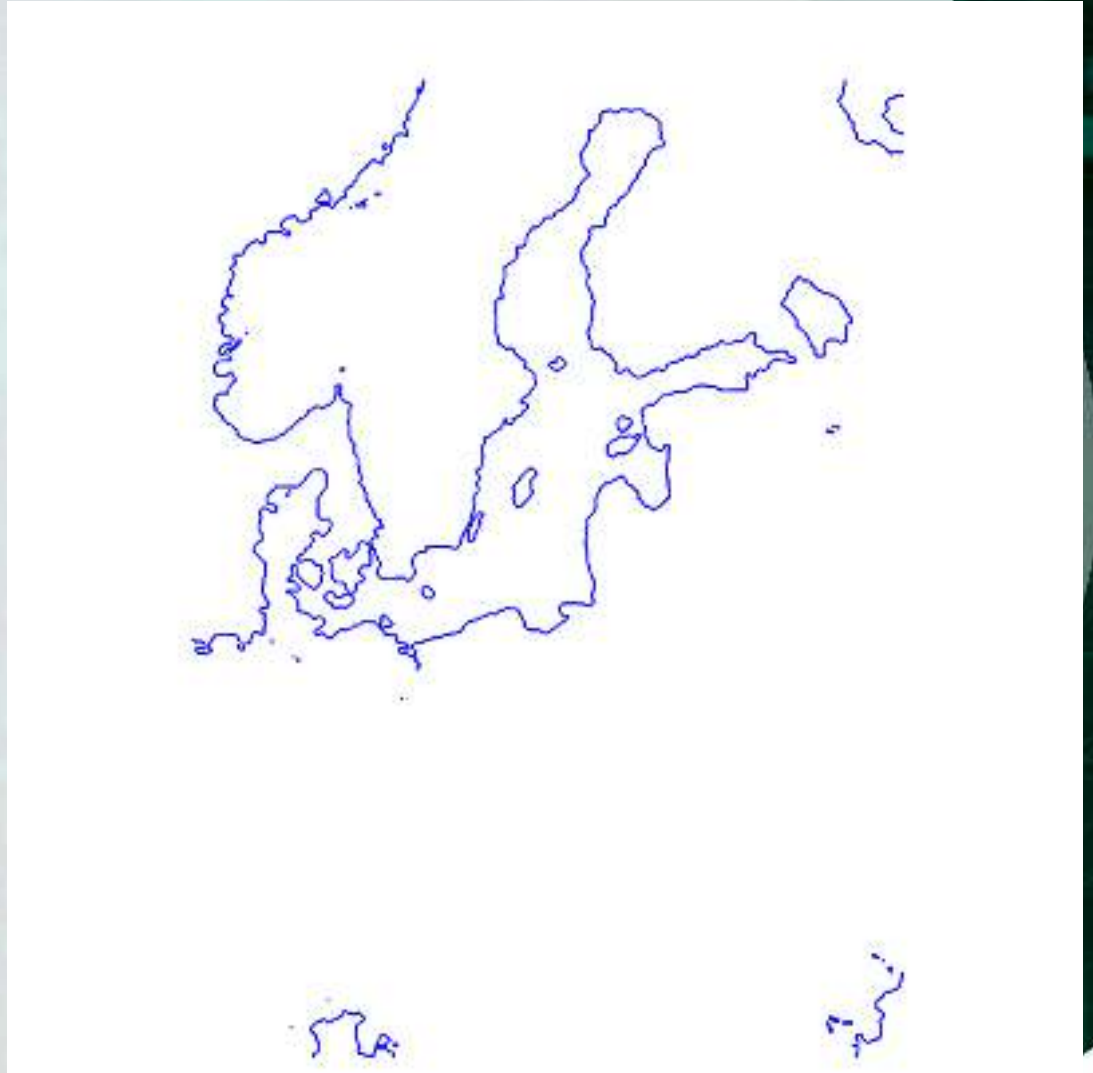
# Przykłady



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# ***Analiza wizualna w praktyce - przykłady***

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne
  - *Linia brzegowa*



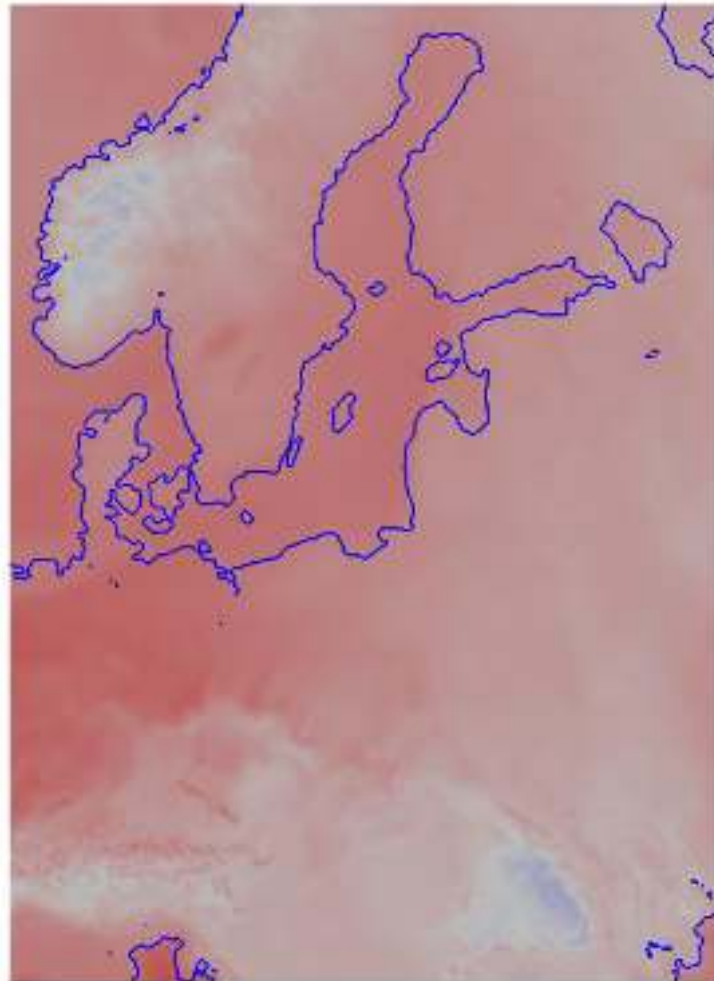
# ***Analiza wizualna w praktyce - przykłady***

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne
  - *Linia brzegowa*
  - *Orografia*



# ***Analiza wizualna w praktyce - przykłady***

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne
  - *Linia brzegowa*
  - ~~*Orografia*~~
  - *Temperatura*

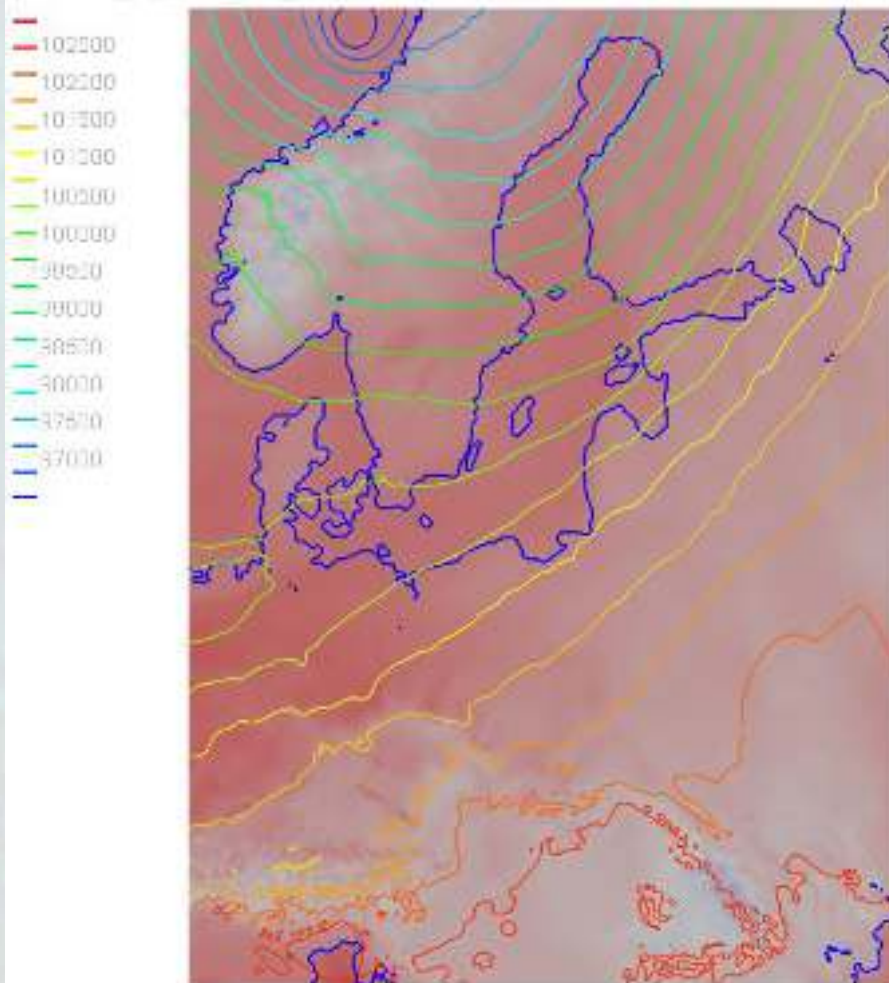


# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne

- Linia brzegowa
- Orografia
- Temperatura
- Ciśnienie

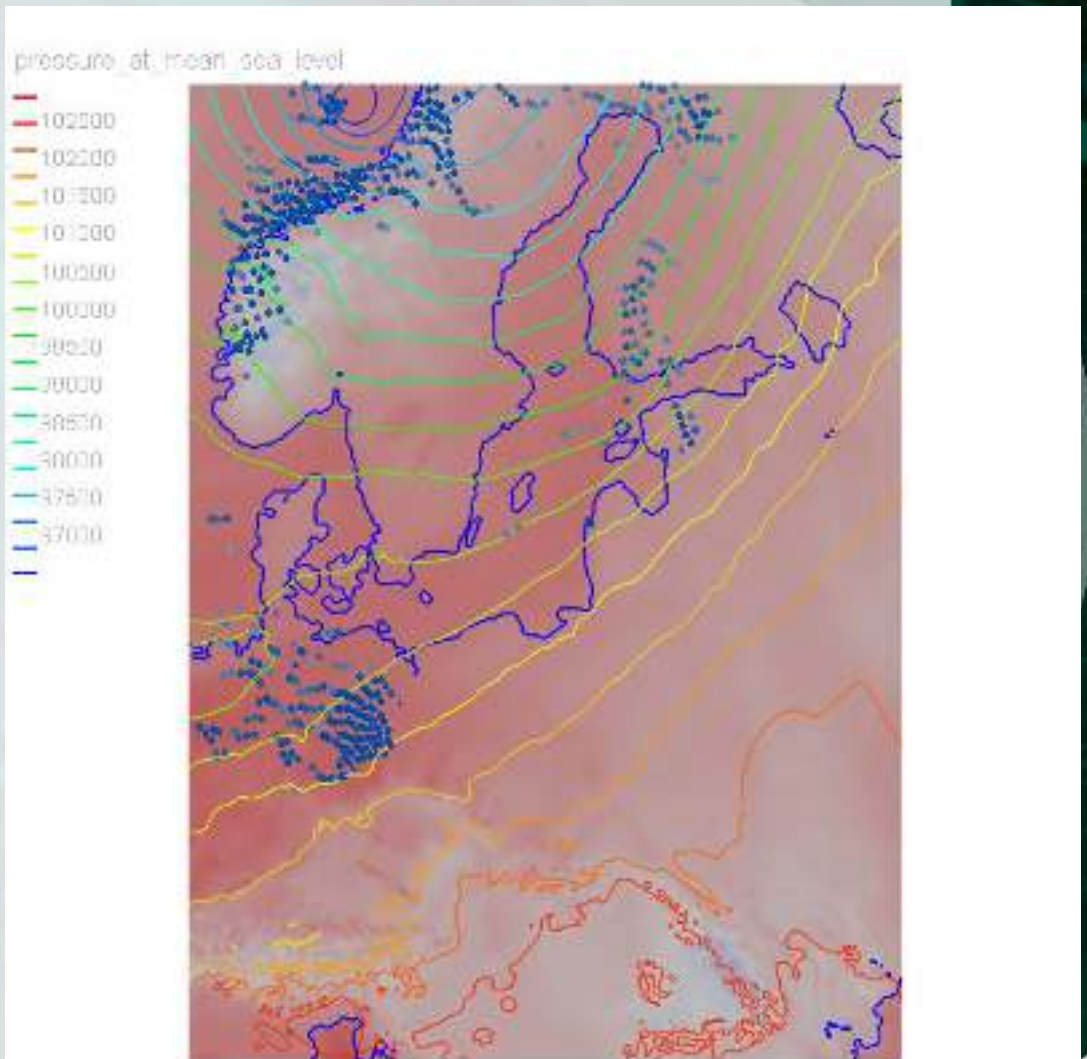
pressure at mean sea level



# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne

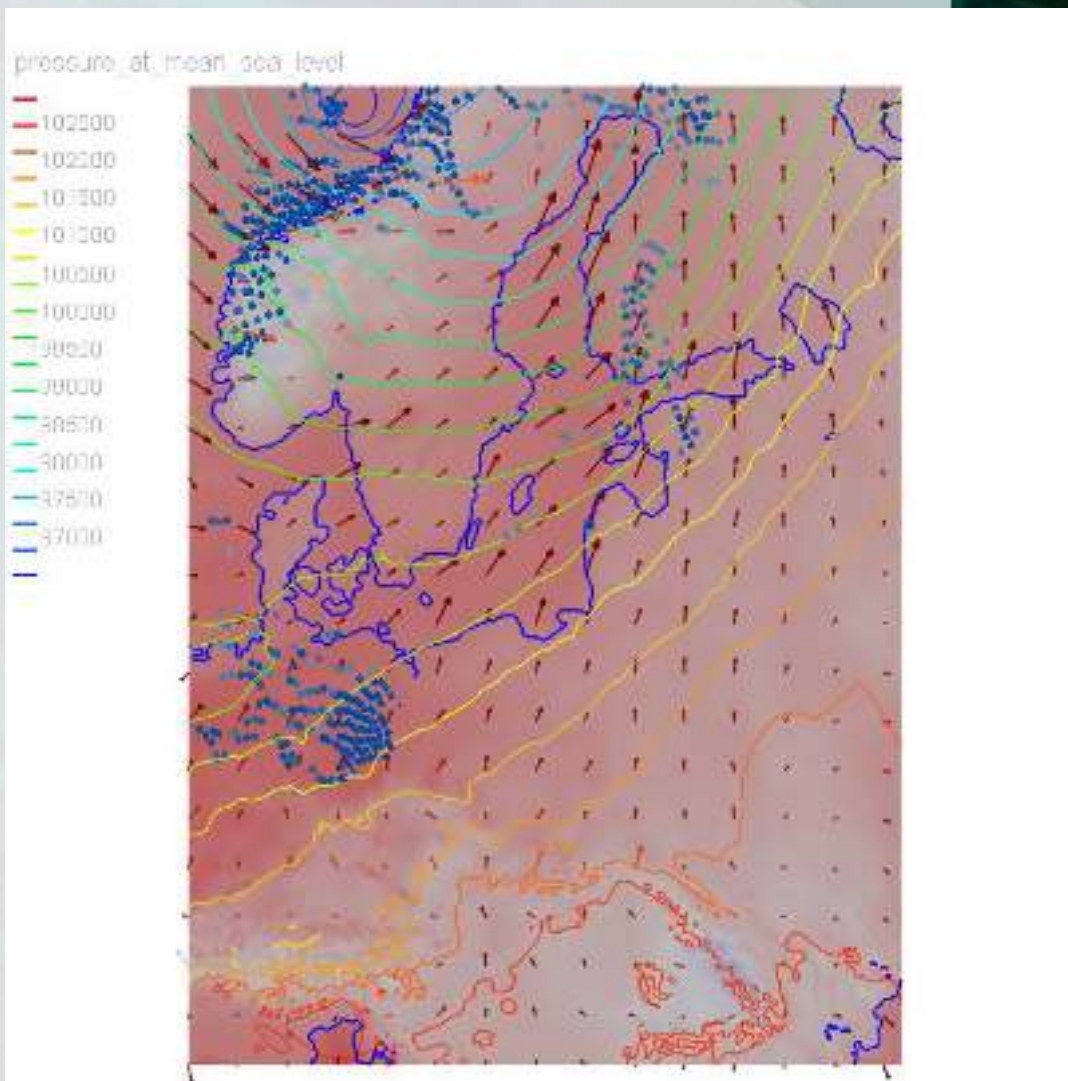
- Linia brzegowa
- Orografia
- Temperatura
- Ciśnienie
- Opady



# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne

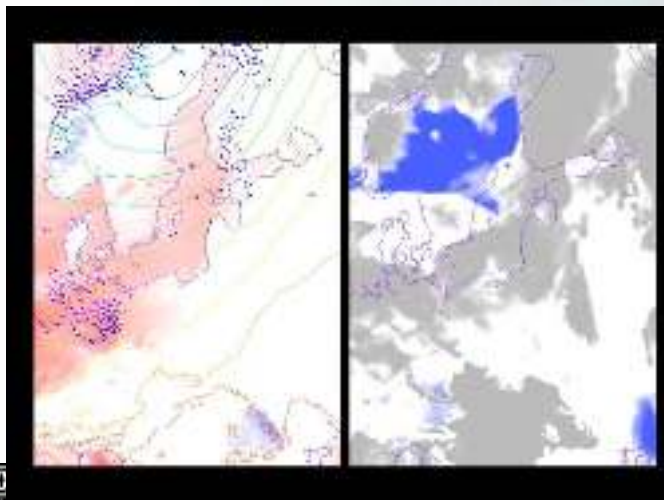
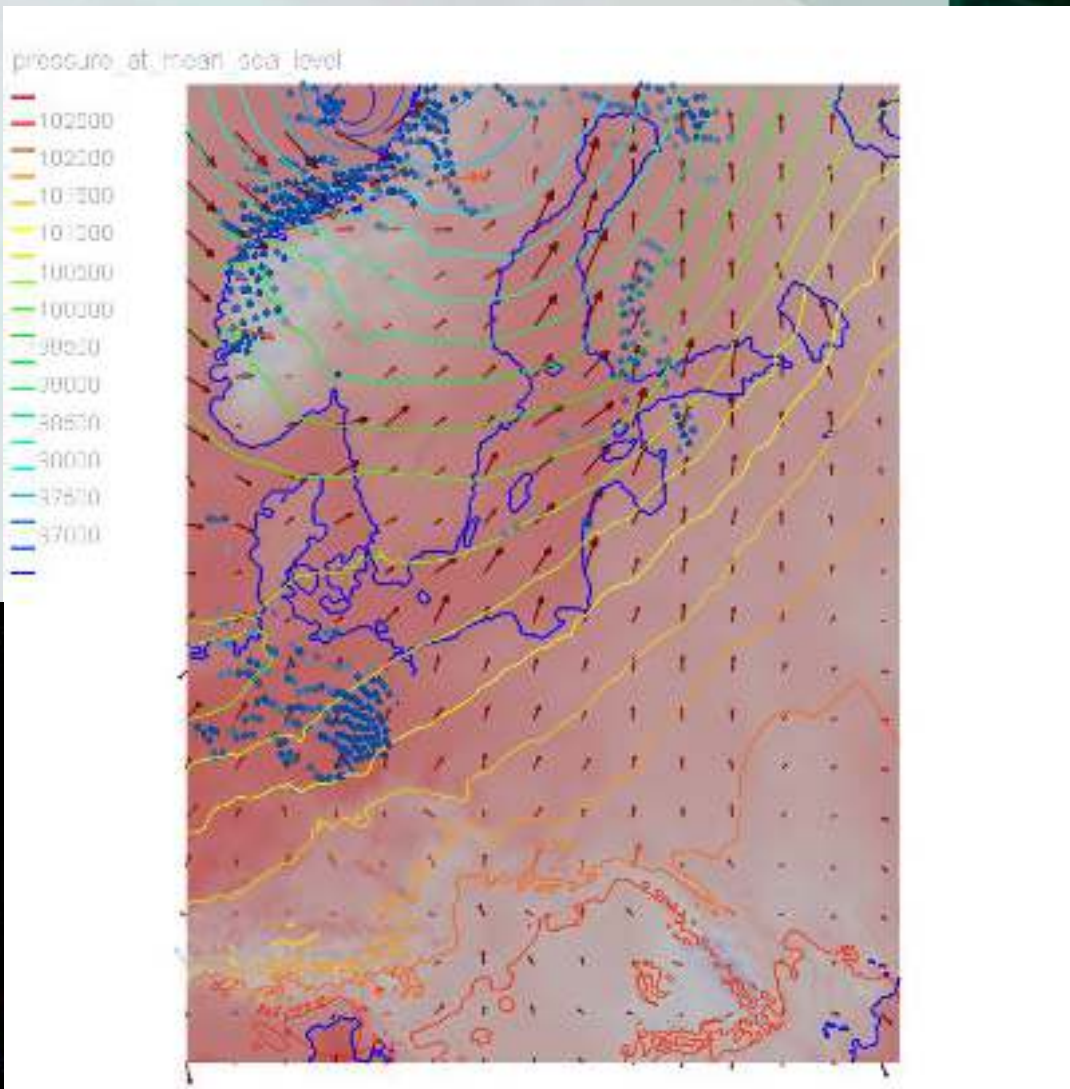
- Linia brzegowa
- Orografia
- Temperatura
- Ciśnienie
- Opady
- Wiatr



# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Ile informacji można przekazać na obrazie?
- Przykład – mapy meteorologiczne

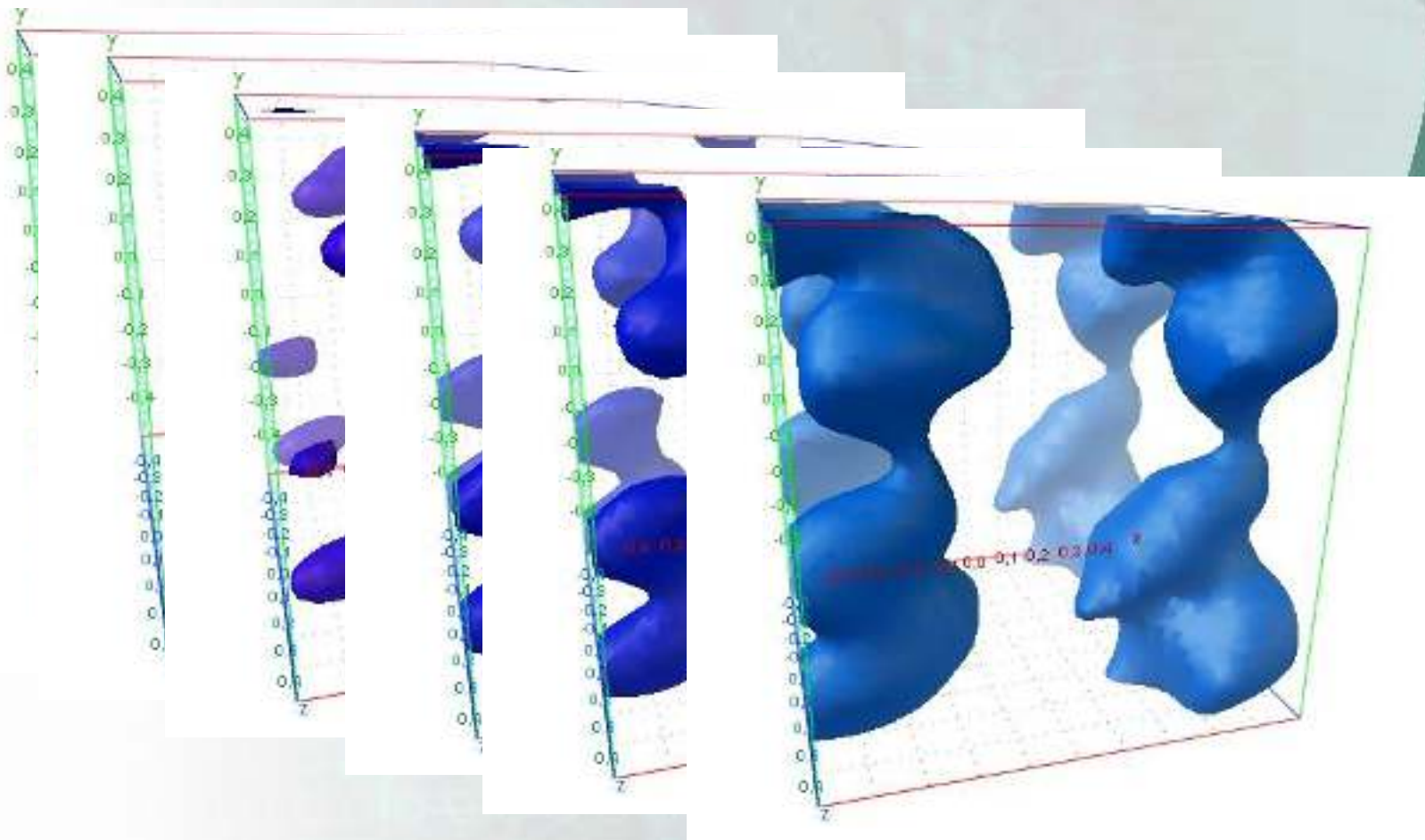
- Linia brzegowa
- Orografia
- Temperatura
- Ciśnienie
- Opady
- Wiatr





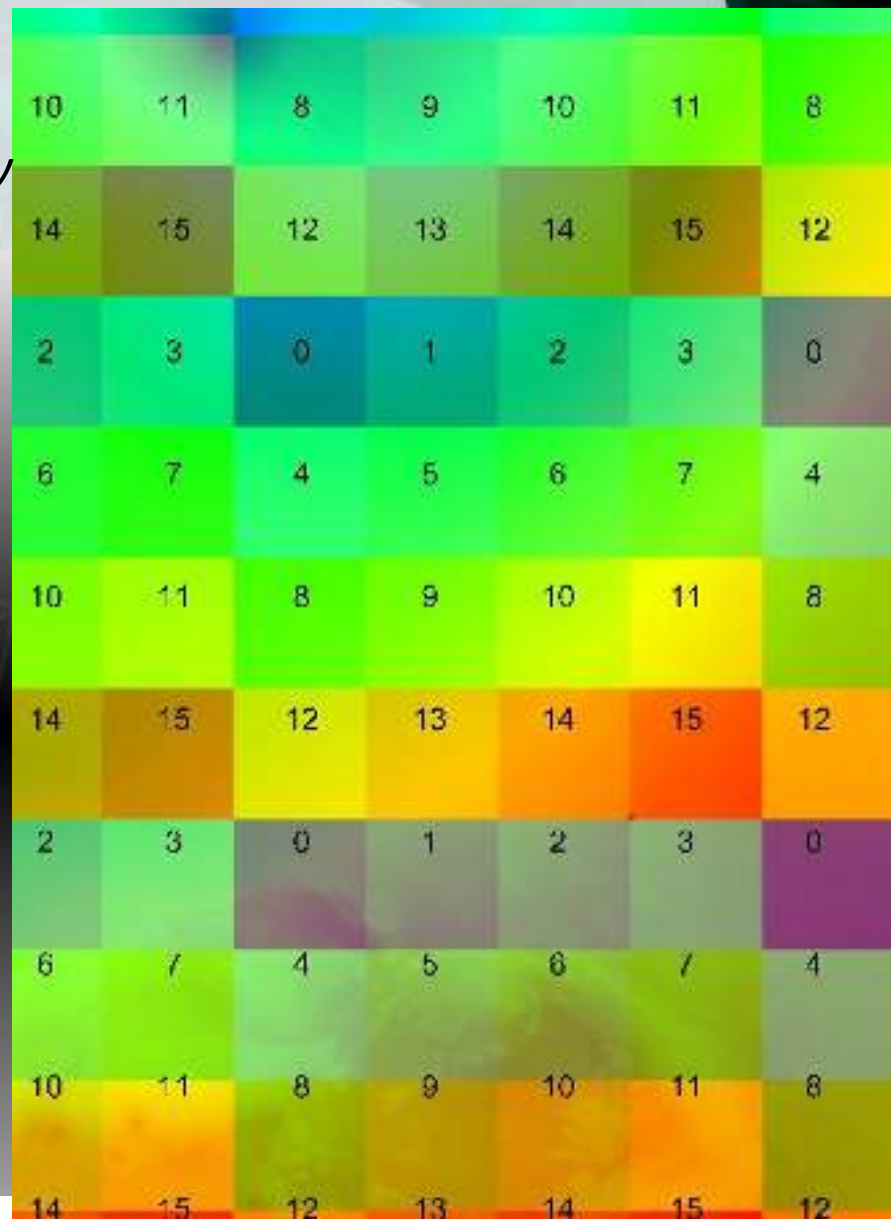
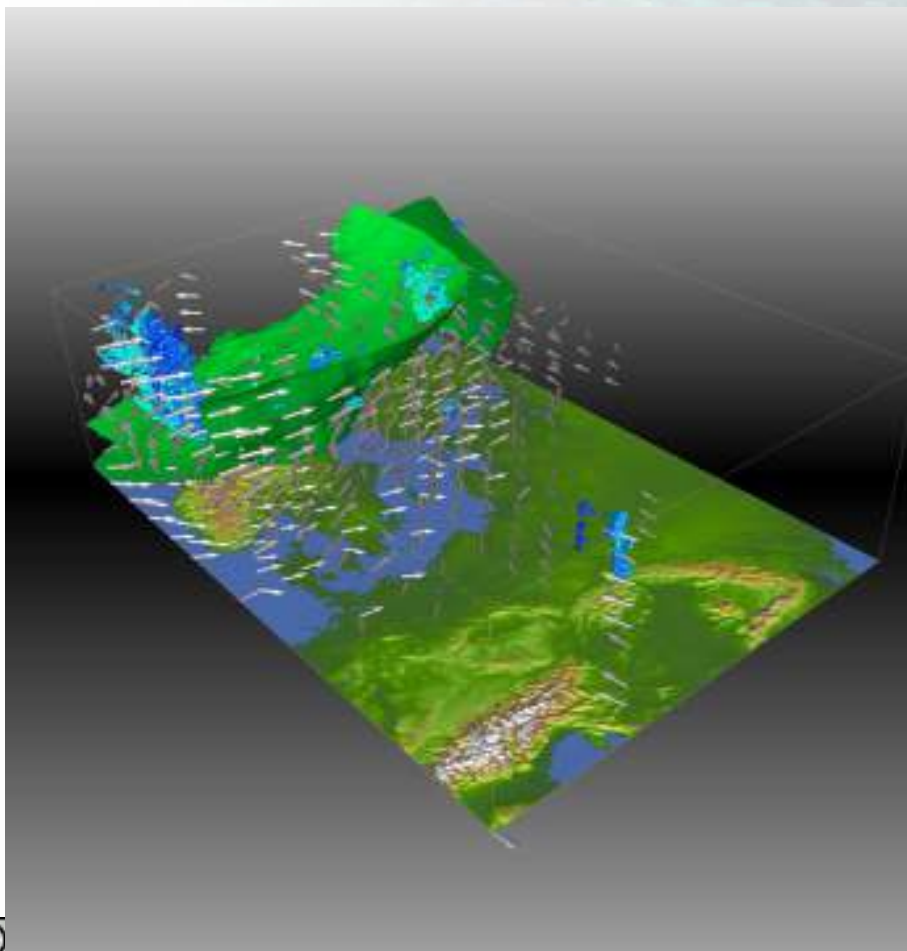
# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Jak odkryć nieoczekiwane?
- *Przykład – dynamika molekularna*



# Analiza wizualna w praktyce - przykłady

- Jak znaleźć błędy?
- Przykład – numeryczna prognoza pogody



# Obszary zastosowań

- Fizyka ciała stałego
- Modelowanie przepływów
- Dynamika molekularna
- Klimat i meteorologia
- Kosmologia
- Mechanika
- Medycyna
- Archeologia
- ...

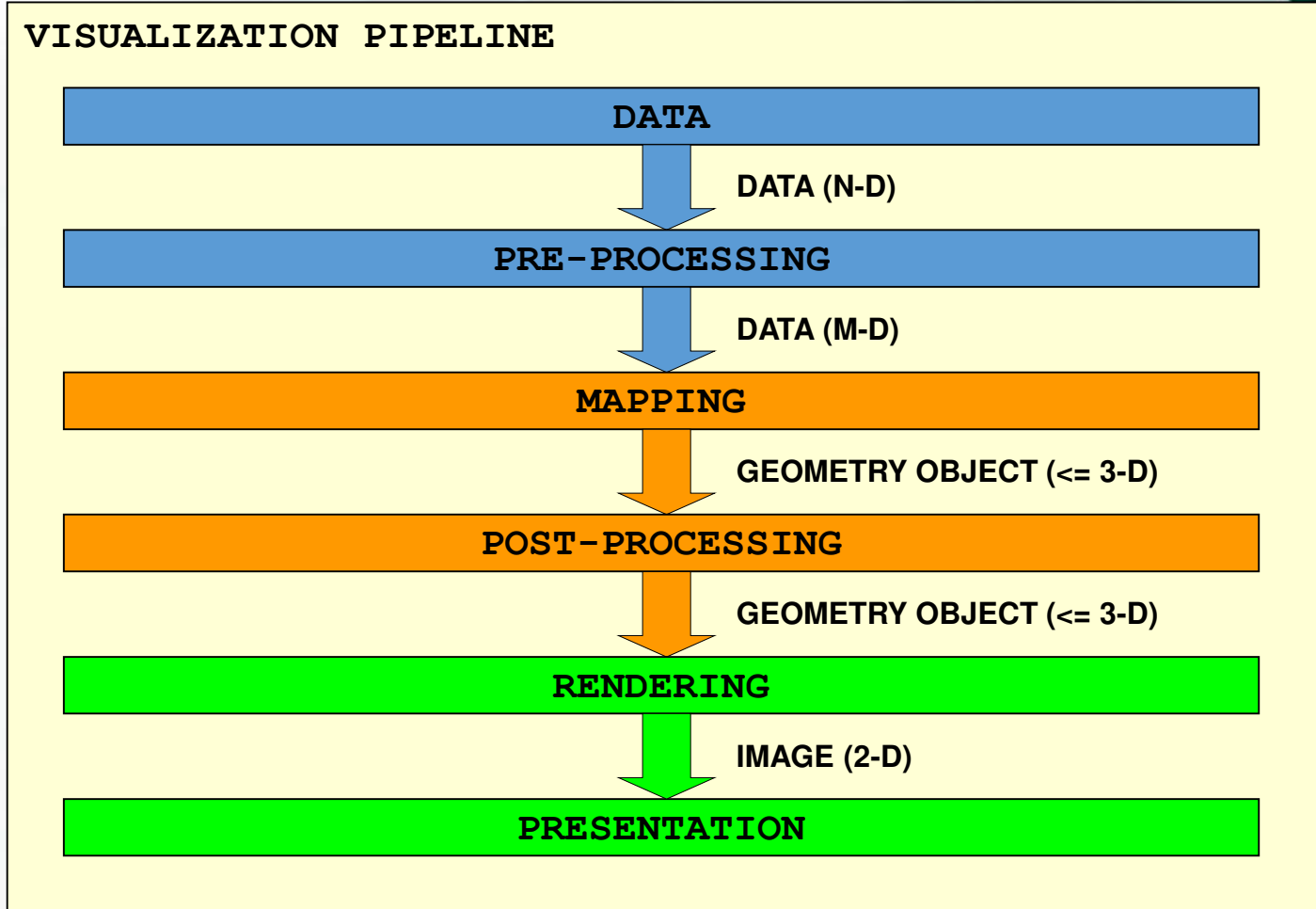


# Paradygmaty klasyczne



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

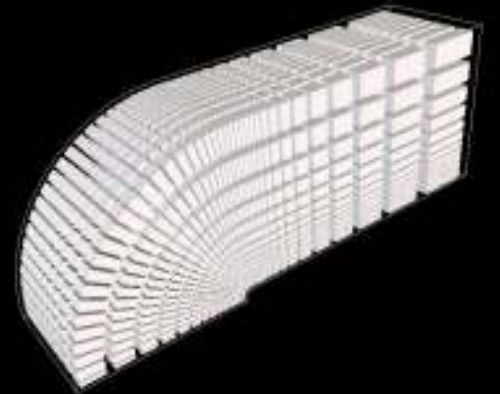
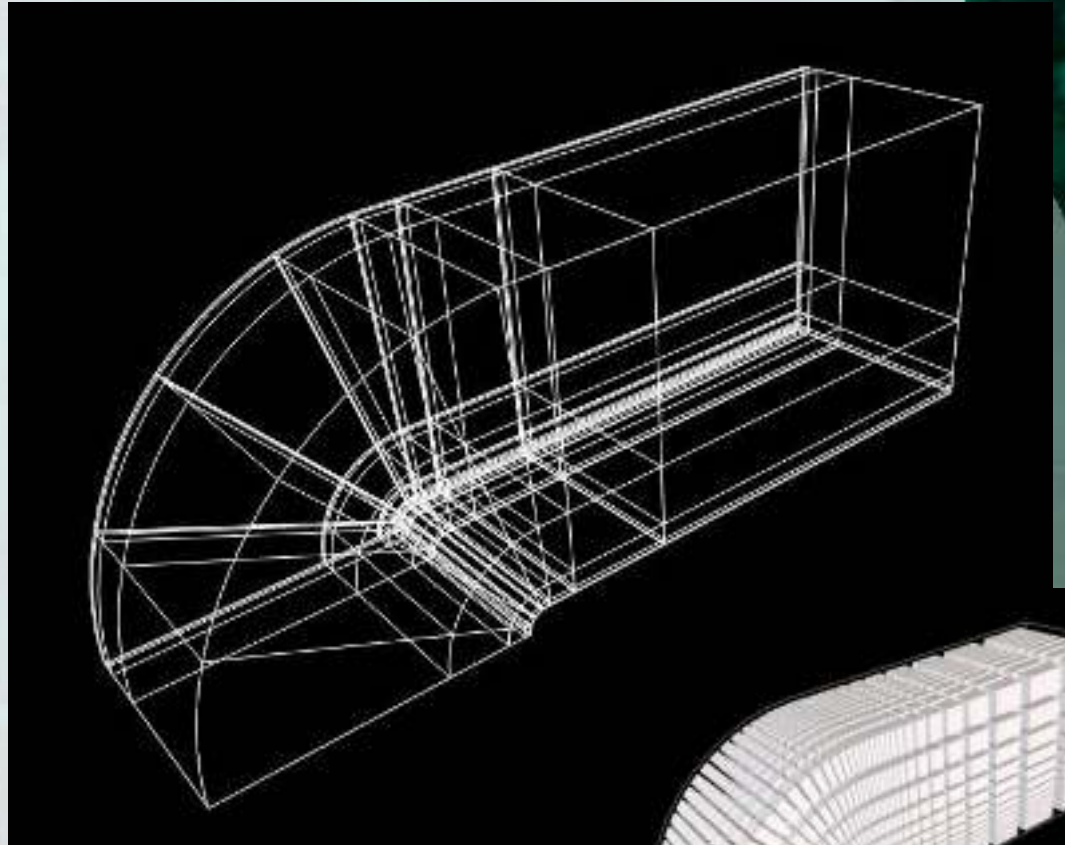
# Paradygmaty klasyczne – pipeline



- Baza dla wszystkich systemów wizualizacyjnych
- Różne podejścia rozproszenia w schemacie klient-serwer

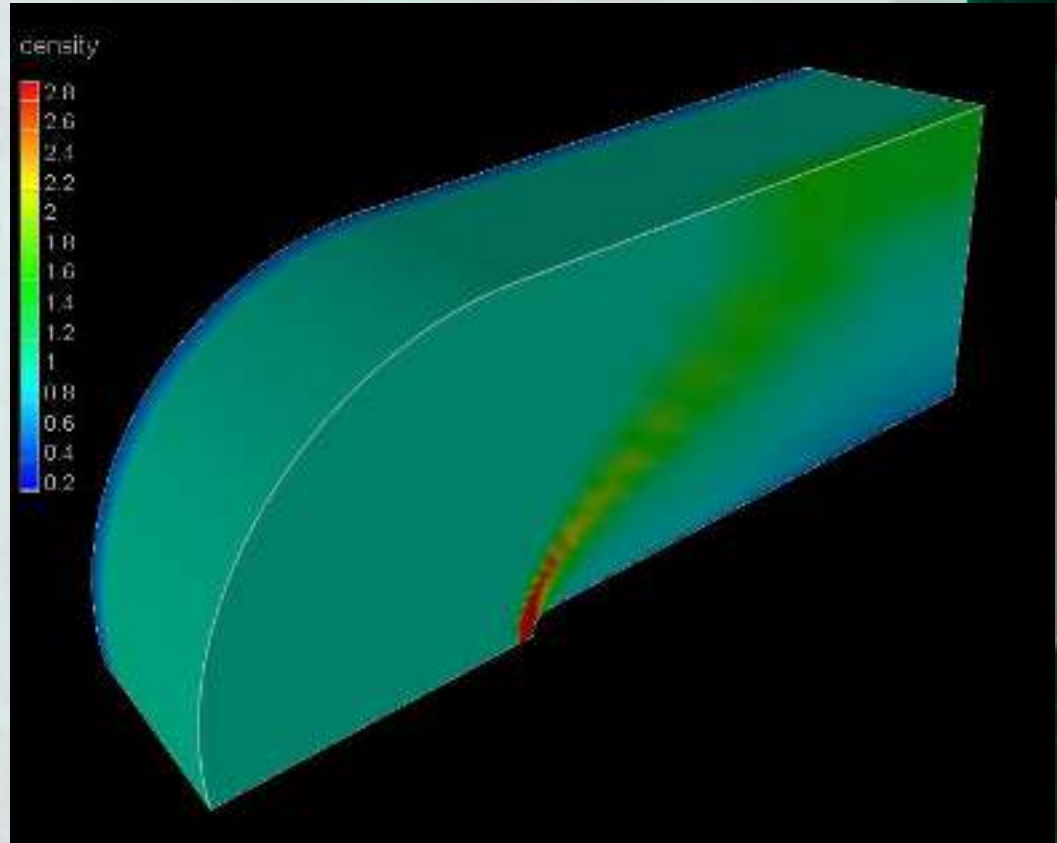
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki (geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie



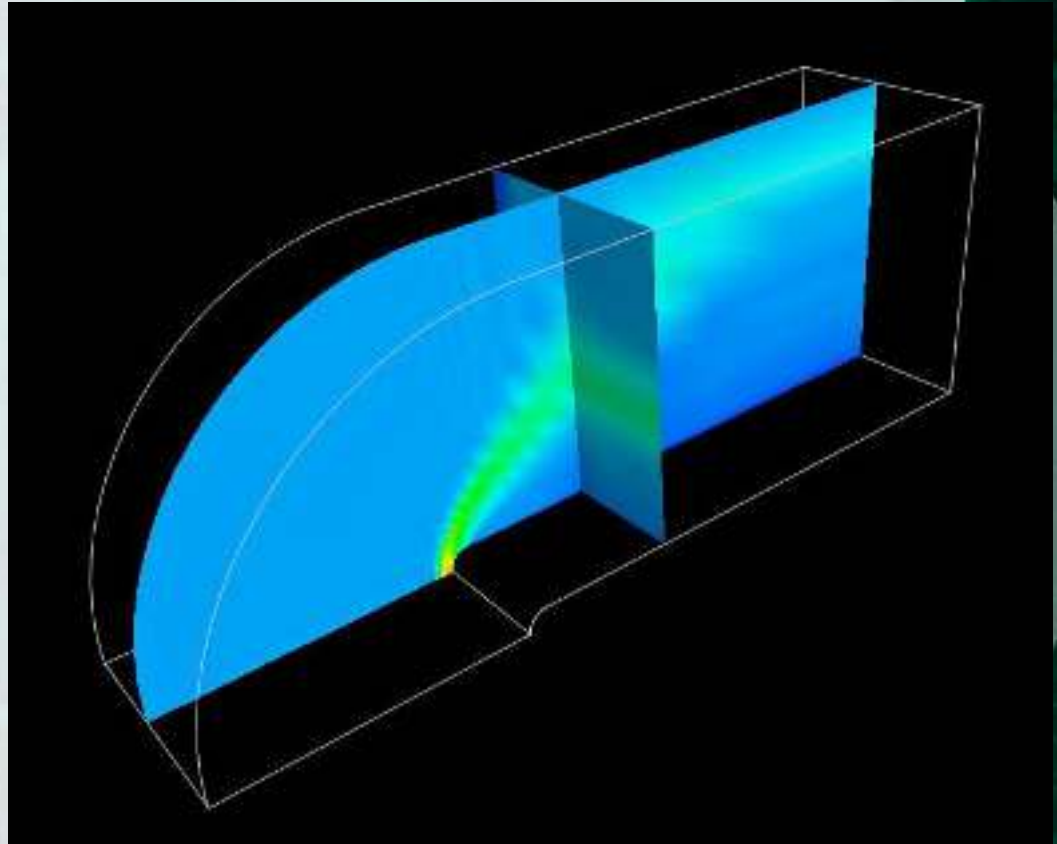
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- **Mapowanie barwne**
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie



# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

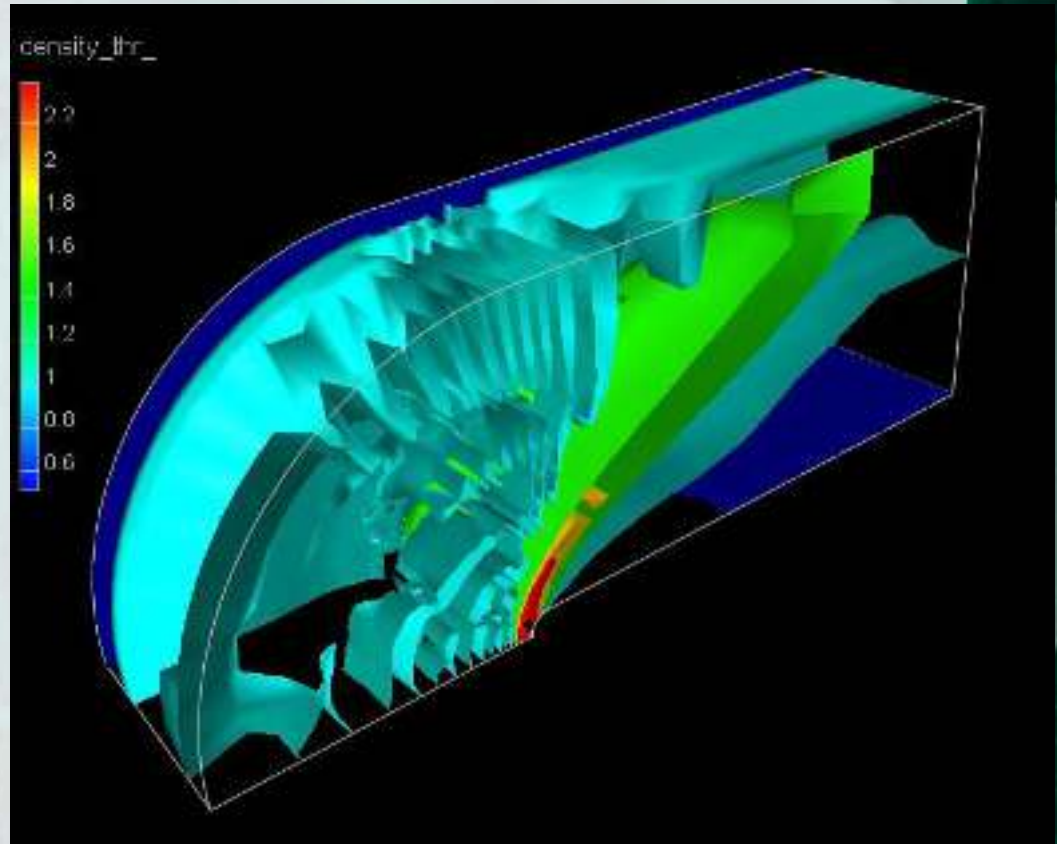
- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- **Przekroje**
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie





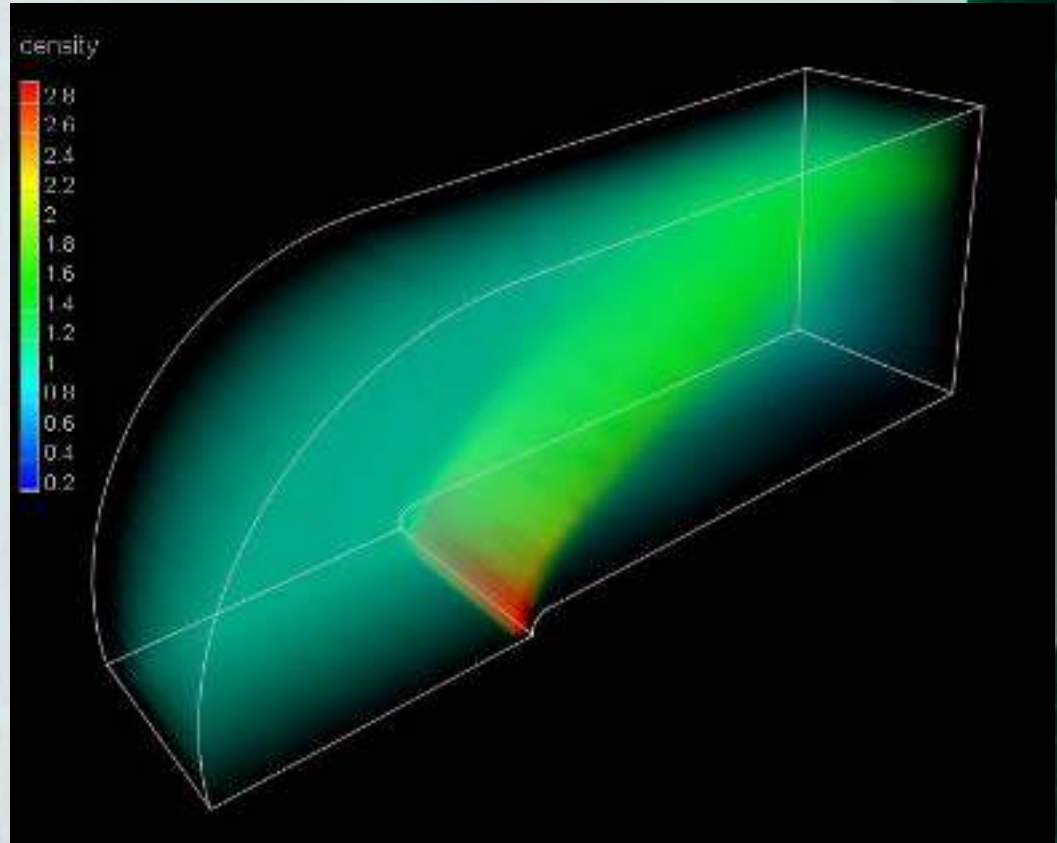
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- **Izopowierzchnie**
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie



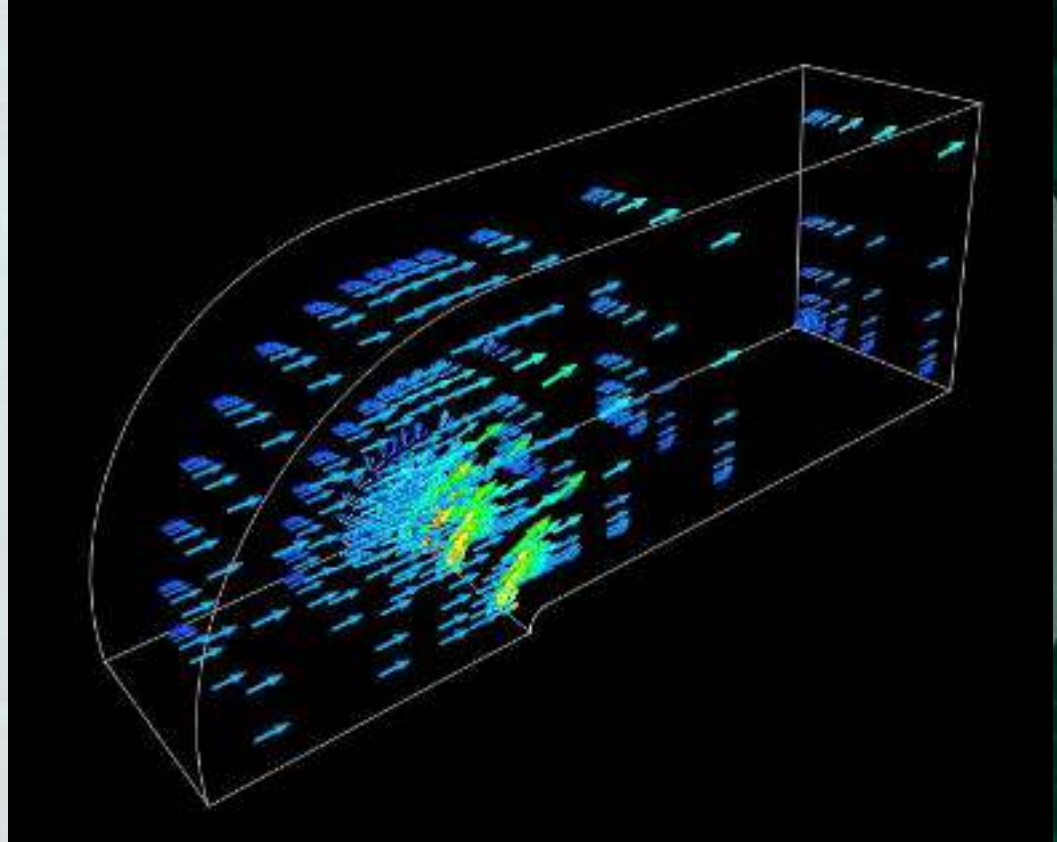
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- **Volume rendering**
- Glify
- Linie pola / trajektorie



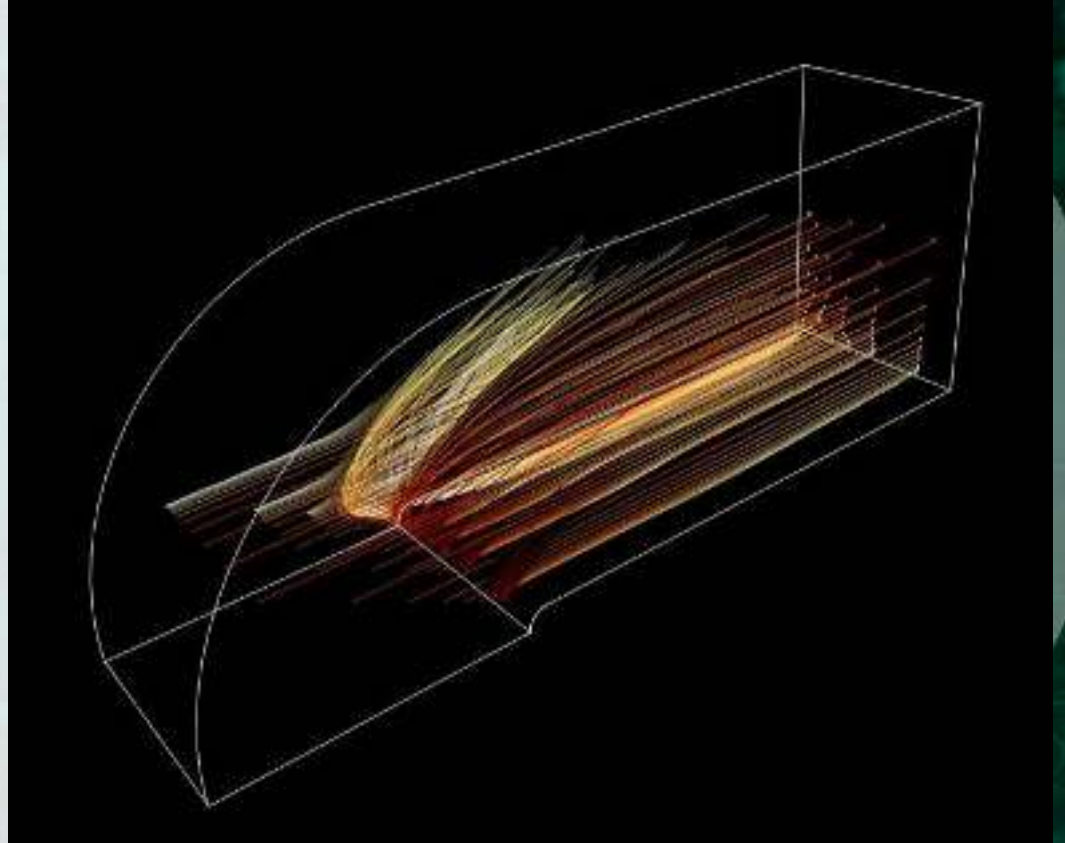
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- **Glify**
- Linie pola / trajektorie



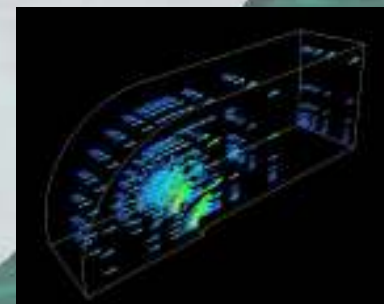
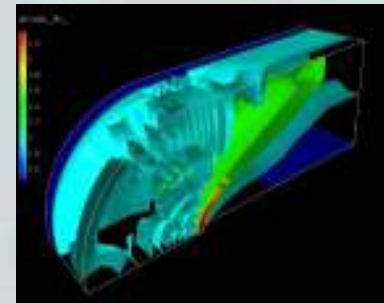
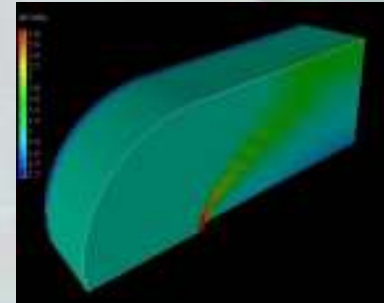
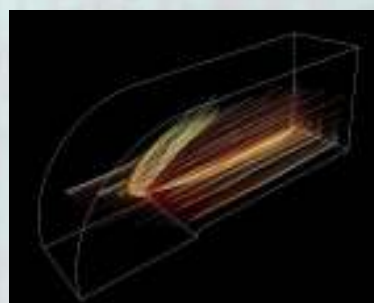
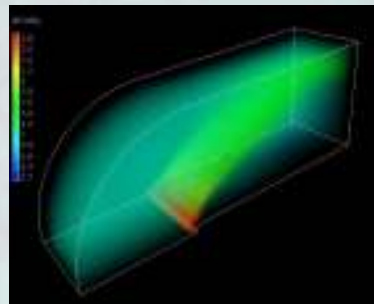
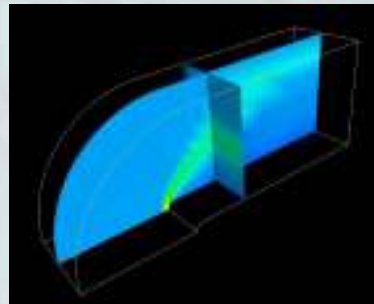
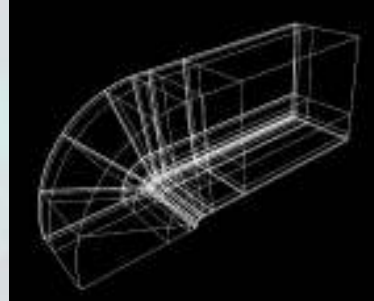
# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki  
(geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie



# Paradygmaty klasyczne – metody wizualizacji

- Siatka i komórki (geometria + struktura)
- Mapowanie barwne
- Przekroje
- Izopowierzchnie
- Volume rendering
- Glify
- Linie pola / trajektorie



# Paradygmaty klasyczne – narzędzia

- Elementy składowe systemu wizualizacji

- **Model wykonania**

- Zależności pomiędzy elementami
- Kolejność wykonania
- Równoważenie obciążenia

- **Generyczny model danych**

- Opis struktury i geometrii pola
- Opis wartości
- Struktura danych w pamięci

- **Zbiór modułów funkcjonalnych**

- Wejście/wyjście
- Filtracja
- Mapowanie
- Rendering

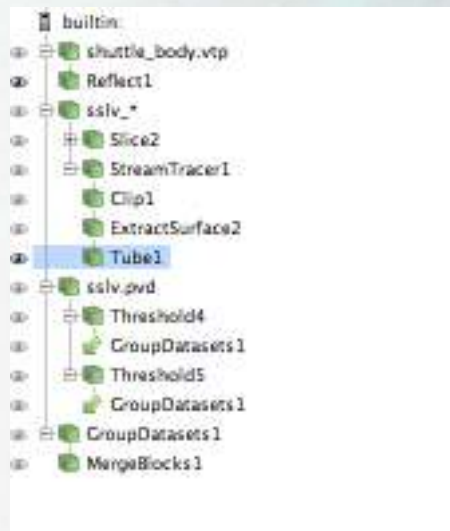


# Paradygmaty klasyczne – narzędzia

## • Paradygmat systemu wizualizacyjnego

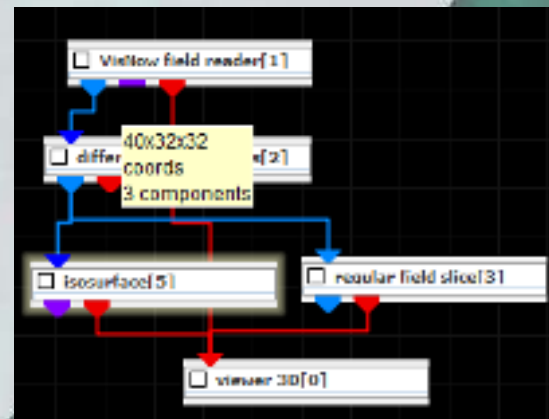
### Paradygmat danych

- Dane są obiektem centralnym
- Dane są przetwarzane
- Dane są prezentowane
- Przykładowe oprogramowanie:
  - ParaView
  - VisIt



### Paradygmat przepływu

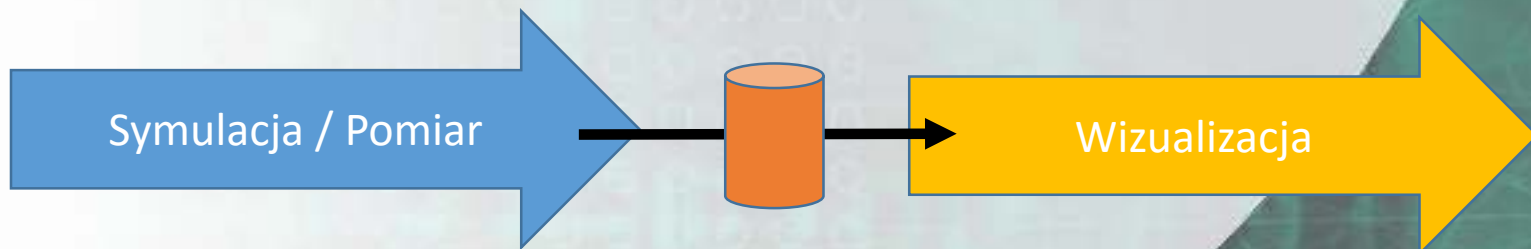
- Sieć przetwarzania jest centralna
- Węzły sieci = moduły przetwarzania
- Połączenia sieci = przepływ danych
- Przykładowe oprogramowanie:
  - AVS/Express
  - MeVisLab
  - VisNow



# Paradygmaty klasyczne – post hoc

- **Wizualizacja *post hoc***

- Najbardziej klasyczny paradygmat pracy
- Dane są gromadzone i składowane
- Wizualizacja i analiza wykonywane są po zakończeniu symulacji
- Dostęp jedynie do zapisanych danych

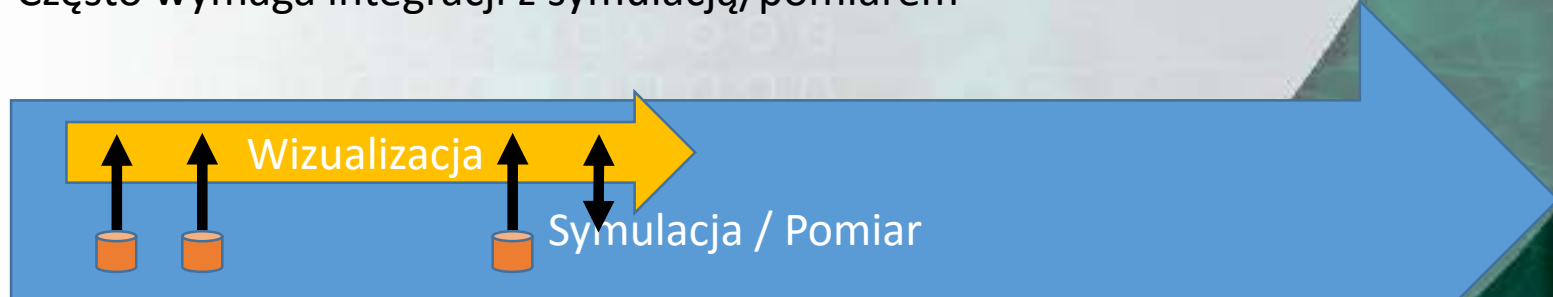




# Paradygmaty klasyczne – in situ

- **Wizualizacja in situ**

- „w miejscu”
- Wizualizacja i analiza są wykonywane w trakcie trwania symulacji
- Coraz bardziej popularny paradygmat
- Dostęp do pełnych danych symulacji/modelu, a nie tylko do zapisanych
- Natychmiastowa informacja zwrotna
- Możliwość sterowania symulacją
- W praktyce sporadycznie używana
- Wymaga uwzględnienia zasobów obliczeniowych
- Często wymaga integracji z symulacją/pomiarem



# Paradygmaty klasyczne – immersja

- Immersja – zanurzenie/pochłonięcie osoby przez rzeczywistość elektroniczną
  - Wspomaga odbiór treści obrazowej
  - Pozwala na doznania wielowymiarowe
  - Oparta o rozwiązania sprzętowe
- Sprzęt
  - Powerwall
  - CAVE (Cave Automatic Virtual Environment)
  - 3D/stereo
  - HMD (Head Mounted Display)

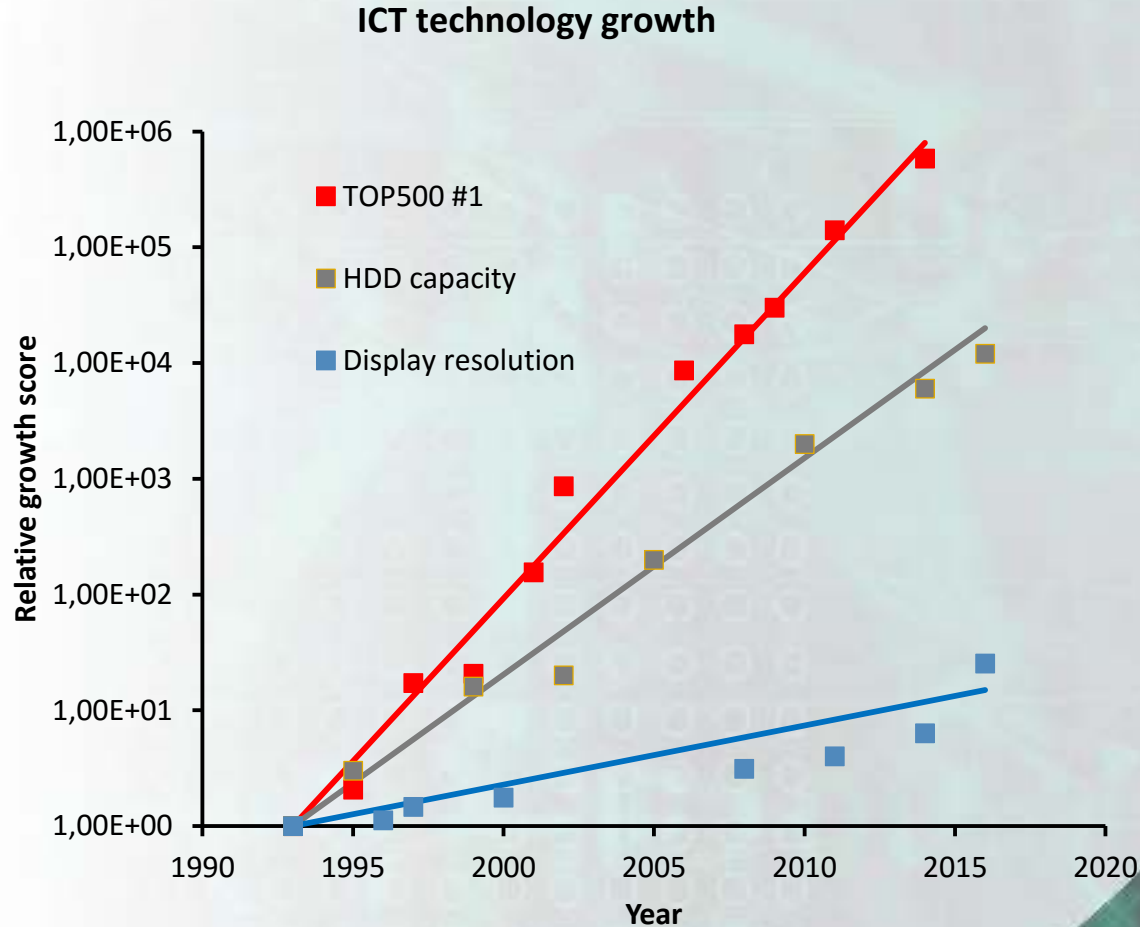


# Wyzwania



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# Wyzwania wizualizacyjne – technologia



# Wyzwania wizualizacyjne – dane

- **Wodospad danych**

- Facebook

- 2,5 mln postów / min
- do 5 TB/dzień

- YouTube

- 72 h filmów /min
- do 100 TB/dzień

- Wielki Zderzacz Hadronów (LHC), CERN

- do 30 PB/rok -> 84 TB/dzień

- Całkowita ilość danych produkowanych w 2015 roku:

- dane w 2 dni = dane do 2003 roku
- 2,5 kwintyliona ( $10^{30}$ ) Bajtów dziennie (wg. IBM)

# Wyzwania wizualizacyjne – dane

- **Mikroskop konfokalny**
  - 50 obrazów 1024x1024 w 2880 krokach czasowych -> **140 GB**
- **Anatomia obliczeniowa**
  - Badanie tomografii komputerowej np. 512 przekrojów 512x512
  - 100 pacjentów -> **200 GB**
- **3D symulacja turbulentnego mieszania płynów**
  - $3 \cdot 072^3$  -> **324 GB**
- **Mikro-tomografia komputerowa dentystyczna**
  - 1000 przekrojów 1200x800 w 256 krokach czasowych -> **460 GB**
- **Prognoza pogody [www.meteo.pl](http://www.meteo.pl) (1,5 km)**
  - 1024x1472x71 w 288 krokach czasowych, 8 zmiennych -> **1,1 TB**
- **Symulacja spalania**
  - $23 \cdot 040^3$  -> **11 TB**
- **Symulacje powstawania wszechświata (Dark Sky Project)**
  - 1 000 000 000 000 cząsteczek w 100 krokach czasowych -> **3 PB !!!**

# Wyzwania wizualizacyjne – dane

- Przemieszczanie danych

- Założenie o bezkarności nieaktualne!

- Czas

- Teoretyczna transmisja zbioru 3PB na łączu 10Gb – 30 dni
- W praktyce transmisja USA-Europa: 30TB – 1,5 miesiąca
- Wąskie gardła (sieć, I/O)

- Zasilanie

- Każdy dostęp/transmisja to znaczący koszt zasilania (CPU, sieć, I/O)

- Składowanie

- Infrastruktura
- Priorytety dostępności przestrzeni

- Koszt

- Ekonomicznie nieopłacalne
- Mało uświadomione

- Pamięć RAM

- Nie ma gdzie wczytać pełnych zbiorów



# Wyzwania wizualizacyjne – modelowanie i symulacje

- **Rosnące możliwości symulacyjne**
  - Rozwijają się znacznie szybciej niż możliwości składowania i analizy
- **Perspektywa Exascale Computing**
  - Superkomputery eksaskalowe
  - Wydajność obliczeniowa  $> \text{EFLOPs}$  ( $10^{18}$ )
- **Większe i bardziej złożone modele**
  - Więcej mocy obliczeniowej – większa złożoność modelowania
  - Bardziej skomplikowane struktury danych
- **I/O – wąskie gardło**
  - Coraz mniejsze możliwości zapisu danych
    - Przepustowość
    - Koszt zasilania
  - SSD jako bufor
    - Zapis – tak
    - Odczyt – nie!



# *Wyzwania wizualizacyjne – nieadekwatność in situ*

- **Wizualizacja opisowa i analityczna**

- Bazują na wiedzy a priori
- Idealne dla in situ

- **Wizualizacja eksploracyjna**

- Analityk nieodzownym elementem procesu
- Wymaga czasu (często dni/tygodni/miesiące)
- Niemożliwa alokacja drogiego zasobów obliczeniowych
- Niekompatybilne z in situ
- Zbyt ważna aby zrezygnować – nowe odkrycia

# Wyzwania wizualizacyjne – software

- **Wyzwania dla rozwoju oprogramowania**
  - **Masywne zrównoleglenie**
    - Algorytmy wizualizacyjne o wielopoziomowym, hybrydowym zrównolegleniu
  - **Różne architektury i modele programowania**
    - Wykorzystanie akceleratorów; Dostęp do danych w środowisku heterogenicznym
  - **Architektura aplikacji i zarządzanie danymi**
    - Dopasowanie do zróżnicowanych źródeł, formatów i modeli danych; Wymóg lekkiego oprogramowania możliwe do uruchamiania wszędzie; Różne platformy renderujące
  - **Modele danych**
    - Więcej typów danych; Ograniczenie pamięci RAM; Ukrycie złożoności przed użytkownikiem
  - **Rendering**
    - Zróżnicowanie platformy (HPC, desktop, tablet, smartfon) i środków przekazu (przeglądarka, aplikacja desktopowa, aplikacja mobilna ); Zmieniające się technologie; Podział pipelineu klient-serwer
  - **Interakcja**
    - Duże dane vs. czas przetwarzania i latencja; Rzeczywistość rozszerzona wirtualna

# Wyzwania wizualizacyjne – wnioski

- **Ograniczenia techniczne**

- Nie do pokonania
- Rewolucja niewidoczna na horyzoncie

- **Dane i symulacje**

- „Big data, new challenges”
- Pogodzenie się z niemożliwością ruchu danych
- Przyniesienie wizualizacji do danych

- **Nieadekwatność paradygmatów**

- Wypracowanie nowych
- Adaptacja znanych

- **Oprogramowanie**

- Konieczność nowych rozwiązań
- Modularność – pozwala adaptacyjnie wymienić dowolny element

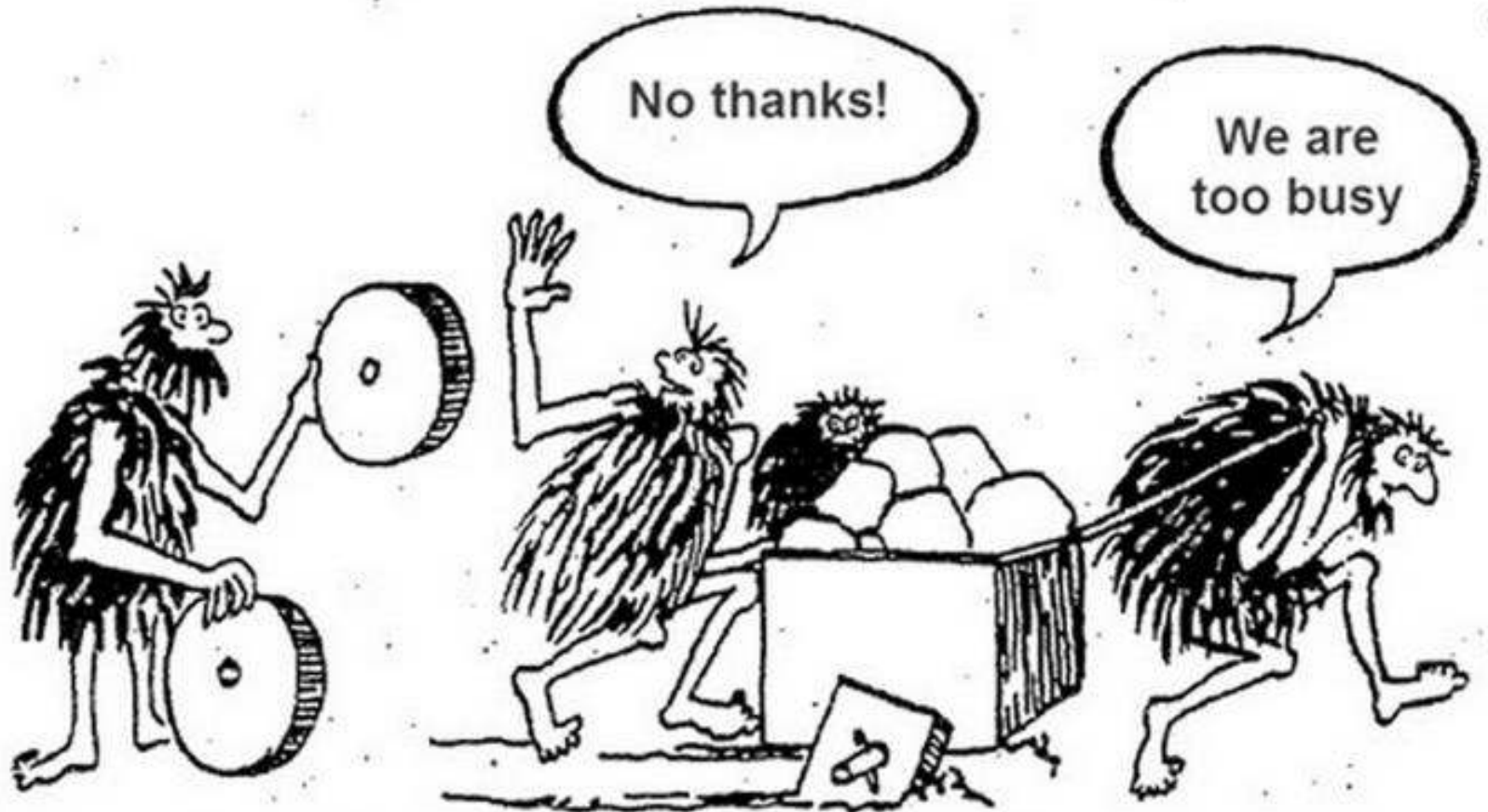


# Paradygmaty przyszłości



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# *Czyli o wynajdowaniu koła na nowo...*



# ***Historia kołem się toczy...***

**Pierwsze komputery graficzne** czyli „Wow, potrafimy cokolwiek narysować!”

- Ekran bezpośrednio połączony z komputerem
- Grafika tylko „na żywo”

**Epoka terminali graficznych** czyli „Wow, potrafimy robić cokolwiek zdalnie!”

- Serwer + terminal
- Grafika ekstremalnie niewydajna

**Graficzne stacje robocze** czyli „Wow, potrafimy rysować piękne obrazki!”

- Lokalna wizualizacja post hoc
- Wydajność dzięki potężnym GPU

**In situ** czyli „Wow, potrafimy robić zdalną grafikę!”

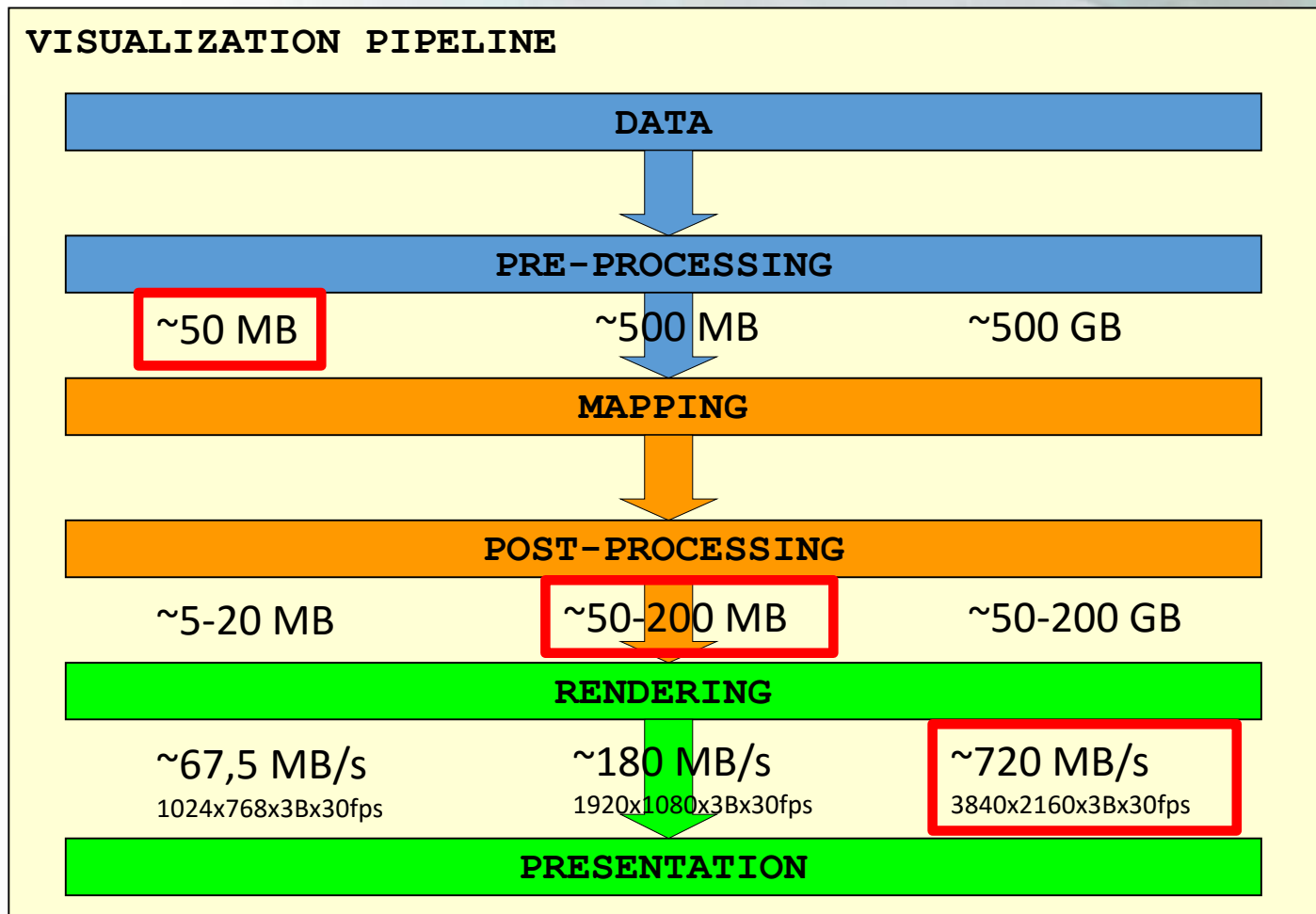
- Różne poziomy „zdalne”
- Zwykle dane zdalne, mapping zdalny, rendering lokalny

**Dzisiejsze realia** czyli „Uff, udało się coś pokazać...”

**Przyszłość** czyli „A może znowu zdalnie?”



# Historia kołem się toczy...



- Lokalność pipeline'u wizualizacyjnego
- Gdzie najłatwiej postawić granicę?

# W koło Macieju...

## Trochę liczb...

- Obraz 1920x1080 24bpp = 2MPix\*3B = 6MB
- Video FullHD 30fps = 6MB \* 30 fps = 180 MBps = 1,4 Gbps
- Kompresja bezstratna 2:1 – 0,7 Gbps
- Mniejsza rozdzielczość 1024x768 – 2,25MB \* 30 fps = 67,5 MBps = 540 Mbps
- Z kompresją bezstratną – 270 Mbps
- Z kompresją stratną (H.264) video FullHD – ~8,0 Mbps

## „Wczoraj”

- Zdalna transmisja obrazu niemożliwa
- Ruch danych możliwy (relatywnie niewielkie rozmiary i niski koszt)

## „Dziś”

- Zdalna transmisja obrazu osiągalna
- Popularyzacja rozwiązań chmurowych

## „Jutro”

- Ruch danych niemożliwy
- Zdalna redukcja
- Zdalna wizualizacja



# Nowe paradygmaty wizualizacji

## Paradygmat #1

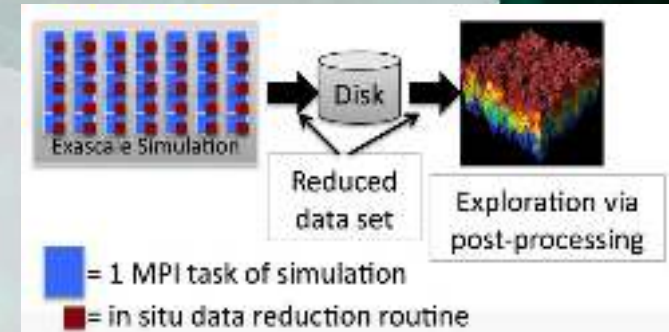
- Przyszła koza do woza lub o górach i Mahometach...
  - **Przysunięcie wizualizacji do danych**
    - Coraz większe rozmiary danych
    - Ruch danych coraz trudniejszy
    - Wymagania vs. możliwości stacji roboczych
  - Popularyzacja rozwiązań chmurowych
  - Wydajne łącza
  - Dorośliśmy do wizualizacji zdalnej
- TurboVNC + VirtualGL
  - HP Remote Graphics Software (RGS)
  - NICE Desktop Cloud Visualization (DCV)



# Nowe paradygmaty wizualizacji

## Paradygmat #2

- **Redukcja in situ + eksploracja post hoc**
- Założenia nowego in situ:
  - zachowanie istotnych elementów symulacji
  - znacząca redukcja ilości danych koniecznych do zachowania tych elementów
  - zaoferować maksymalną elastyczność eksploracji post hoc
- Problem integralności danych
  - Pominięcie kluczowej informacji
  - Zaufanie użytkownika
- Zyskuje na popularności
- Przykłady
  - **ParaView Cinema** – rozwiązanie ekstremalnie gromadzenie gotowych obrazów, a nie danych symulacyjnych, rekonstrukcja interaktywna post hoc
  - **Lagrangian Flow**



H. Childs, „Data Exploration at the Exascale”, Supercomputing frontiers and innovations, vol 2, no. 3, pp 5-13, 2015

# Nowe paradygmaty wizualizacji

## Paradygmat #3

- **Data parallel primitives + visualization patterns**
- **Równoległość danych**
  - Model programowania
  - Te same zadania na różnych „porcjach” danych
  - Wiele najpopularniejszych algorytmów można rozbić na równoległość danych
  - Najczęściej: map, scan, reduce, sort
- **Wzorce wizualizacyjne**
  - Rozbijanie algorytmów wizualizacyjnych do DPP nie jest bezpośrednie
  - Daje się zaobserwować wzorce algorytmiczne wyższego rzędu w wizualizacji
  - **Trzy najpopularniejsze:**
    - Stream compaction
    - Reverse index lookup
    - Topology consolidation

- Dax
- PISTON
- EAVL
- VTK-m

- K. Moreland, M. Larsen, H. Childs, „Visualization for Exascale: Portable Performance is Critical”, Supercomputing frontiers and innovations, vol. 2, no. 3, pp. 67-75, 2015
- K. Moreland, B. Geveci, K.-L. Ma, R. Maynard, „A classification of scientific visualization algorithms for massive threading”, Proc. of Ultrascale Visualization Workshop, 2013.

# Nowe paradygmaty wizualizacji

## Paradygmat #4

- **Dualność modelu systemu wizualizacyjnego**
- **Paradygmat danych vs. Paradygmat przepływu**
  - Oba mają swoje cenne cechy
  - Oba mają swoje ograniczenia
  - Często lepszy paradygmat zależy od zastosowania lub użytkownika
- **Paradygmat dualny**
  - Równoważne bazowe obiekty systemu wizualizacji:
    - Dane
    - Moduły funkcjonalne
  - Korzyści obu rozwiązań
  - Możliwość zmiany widoku na życzenie
- **Użytkownik**
  - Intuicyjny interfejs
  - Lepsza produktywność
  - Bardziej przyjazna krzywa uczenia
- **Implementacja w VisNow 2.0**



**VISNOW**



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# Otoczenie



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# Wyzwania miękkie

- Administracyjne

## Kompetencje

- Rozwój
- Dostęp do wiedzy



## Fundusze

- Źródła finansowania
- Świadomość

## Infrastruktura

## Ludzie

- Edukacja!
- Świadomość



ICM OF WARSAW  
Centre for Mathematical  
and Computational Modelling

[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)

# Wyzwania miękkie

- Środowiskowe

- Więcej niż narzędzie

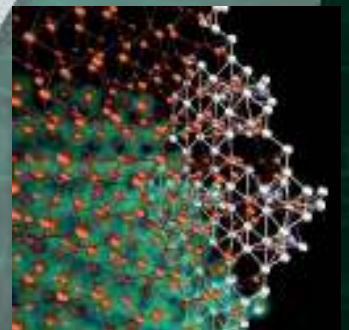
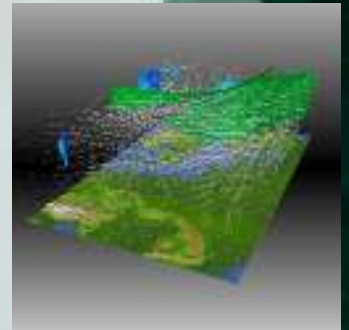
*Matematyka, informatyka, wizualizacja nie mogą być sprowadzane do roli narzędzia!*

- Budowanie świadomości wizualizacji jako dziedziny!

*Wizualizacja jest dziedziną nauki i sama wymaga szerokich badań aby sprostać stawianym wymaganiom.*

- Budowanie zapotrzebowania środowisk naukowych!

*Musimy pokazać naukowcom, że wizualizacja niesie wartość dodaną, a eksperci od wizualizacji są „na wyciągnięcie ręki”.*





**VISNOW**

**vislab.icm.edu.pl**

**visnow.icm.edu.pl**

**Kontakt:**

**Bartosz Borucki**

**b.borucki@icm.edu.pl**

**Interdyscyplinarne Centrum Modelowania**

**Matematycznego i Komputerowego**

**Uniwersytet Warszawski**



UNIVERSITY OF WARSAW  
Interdisciplinary Centre for Mathematical  
and Computational Modelling  
[www.icm.edu.pl](http://www.icm.edu.pl)



Niniejsza praca objęta jest licencją [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Poland License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/pl/).