

Geoinżynieria

Marek Cala



Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki AGH



GEOINŻYNIERIA

- *Geotechnical engineering* (np. N. Morgenstern: „Common Ground”, 2000),
- *Geotechnika* (nazwa od 1920 i 1930r; wg. Z.Wiluna „*Geotechnika* jest nauka o pracy i badaniach osrodka gruntowego dla celów projektowania i wykonawstwa budowli ziemnych i podziemnych oraz fundamentów budowli i nawierzchni drogowychNauka podstawowa w geotechnice jest *mechanika gruntów* – nauka o fizycznych właściwościach osrodka gruntowego oraz o stanach naprezenia i odkształcenia podłoża gruntowego pod wpływem działających obciążeń”. Mechanika gruntów zajmuje się głównie zagadnieniami trójfazowych osrodków rozdrobnionych np. Braja M. Das, Renato Lancellotta)
- *Geoengineering (geoinżynieria)* (np. Sterling R., Godard J.P., 2000).



GEOINŻYNIERIA – nowe wyzwania

Geonika - nauka zajmująca się rozwiązywaniem zagadnień związanych z przestrzenią podziemną.

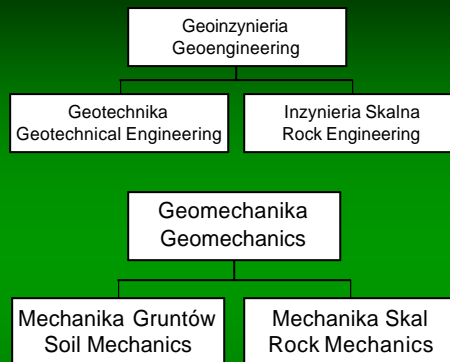
Mechanika gruntów zupełnie pomija zagadnienia związane z ośrodkiem skalnym, z którym spotykamy się bardzo często w budownictwie podziemnym ale również w budownictwie naziemnym (np. budowle wykonywane w lub na fliszu karpackim - sztolnie w Swinnej Porebie, zapora i tunel hydrotechniczny w Niedzicy, tunel w Lalikach, również we fliszu karpackim; tunel pod wzgórzem Sw. Bronisławy - wapień).

Inżynieria skalna (rock engineering) („Inżynieria skalna - nauka o pracy i badaniach ośrodka skalnego dla celów projektowania i wykonywania budowli ziemnych i podziemnych”. Nauka podstawowa inżynierii skalnej jest *mechanika skal (rock mechanics)* - nauka o fizycznych właściwościach ośrodka skalnego oraz o stanach naprężenia i odkształcenia masywu skalnego pod wpływem działających obciążeń.



GEOINŻYNIERIA – nowe wyzwania

Geoinżynieria, wykorzystuje wiedzę z zakresu mechaniki gruntów, mechaniki skal, geologii inżynierskiej i innych pokrewnych dyscyplin do projektowania i wykonywania budowli naziemnych i podziemnych, w przemyśle wydobywczym oraz inżynierii i ochronie środowiska. W uproszczony sposób na geoinżynierie składają się: geotechnika i inżynieria skalna.



Geoinżynieria



GEOINŻYNIERIA



- **Międzynarodowe Stowarzyszenie Mechaniki Gruntów i Inżynierów Geomechaniki** (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering – ISSMGE),
- **Międzynarodowe Towarzystwo Mechaniki Skal** (International Society for Rock Mechanics – ISRM),
- **Międzynarodowe Towarzystwo Geologii Inżynierskiej i Środowiska** (International Association of Engineering Geology and the Environment – IAEG)

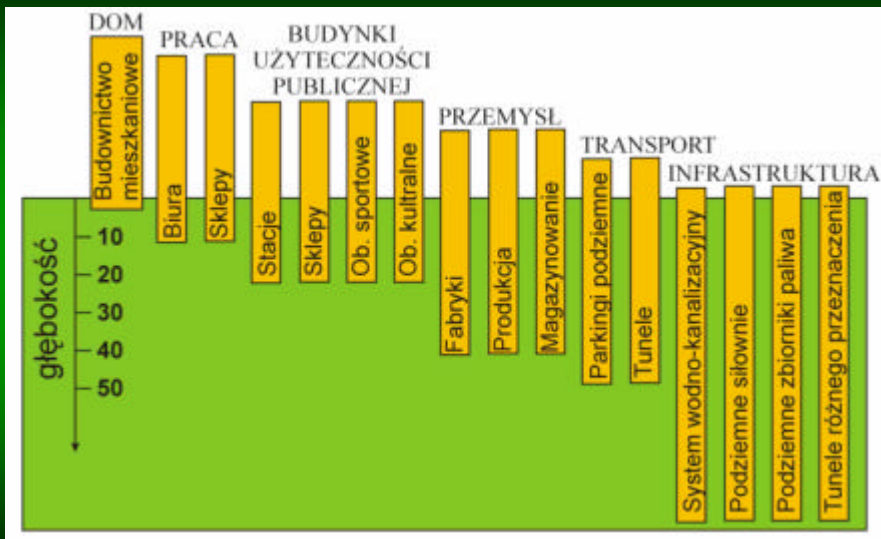
GEOINŻYNIERIA



- **Międzynarodowe Stowarzyszenie Geosyntetyków** (International Geosynthetics Society – IGS)
- **Międzynarodowe Towarzystwo Tunelowania** (International Tunneling Association – ITA)
- **Międzynarodowe Towarzystwo Hydrogeologów** (International Association of Hydrogeologists – IAH)
- **Międzynarodowa Komisja dla Dużych Zapór** (International Commission on Large Dams – ICOLD)
- **Międzynarodowe Towarzystwo Metod Komputerowych i Zastosowań w Geomechanice** (International Association for Computer Method and Advances in Geomechanics – IACMAG)



Geoinżynieria



We have to go underground to stay on the top!
(Charles Fairhurst)

Go Underground



- for land use and location reasons (subway, car parks, public facilities)
- for isolation considerations (climate, natural disasters, earthquakes)
- for environmental preservation (aesthetics, ecology)
- for topographic reasons (tunnels beneath mountains, rivers etc.)
- for societal reasons (water and waste water transportation, transportation)

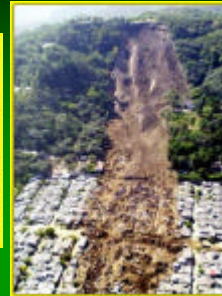


Fundamental characteristics of underground space

- Underground medium is a space that can provide the setting for activities or infrastructures that are difficult, impossible, environmentally undesirable or less profitable to install above ground.
- Underground space offers a natural protection to whatever is placed underground
- The containment created by underground structures protects the surface environment from the risks / disturbances in certain types of activities
- Underground space is opaque : an underground structure is only visible at the point(s) where it connects to the surface.



GEOINŻYNIERIA – nowe wyzwania



W środkach masowego przekazu informuje się o ogromnych osuwiskach, potokach błota, trzęsieniach ziemi, powodziach, zagrożeniach ekologicznych i innych naturalnych zagrożeniach z dziesiątkami wypadków śmiertelnych i wielu tysiącami ludzi nimi dotkniętych. Głównym powodem są zmiany klimatyczne i rosnące przeludnienie Ziemi. **Nauka i praktyka muszą być przygotowane na nadchodzące wyzwania.**



Historia magistra vitae !

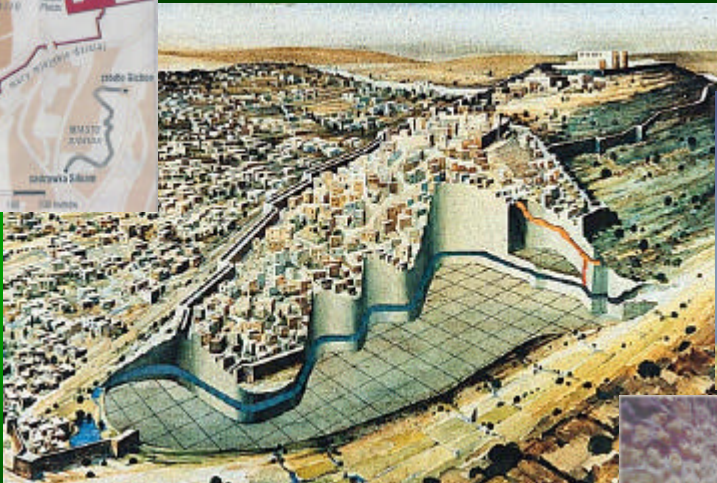
*Dodatkowo,
rezygnując
z opinii
geotechnika,
zyskujemy
2 miesiące
i oszczędzamy
ponad 700 lirów...*



Piza, XII wiek



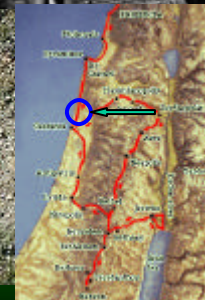
Tunele wykonane w starożytności



Tunel króla Ezechiasza – 701 p.n.e.



Tunele wykonane w starożytności



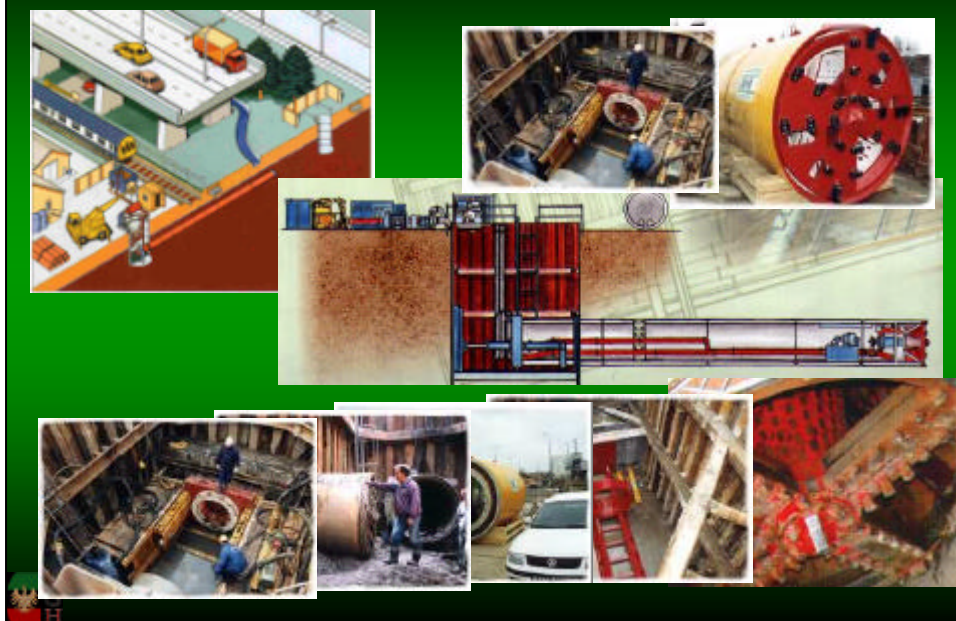
Tunel Swietego Gotharda Szwajcaria (druga polowa XIX wieku)



Tarcze wiertnicze - TBM



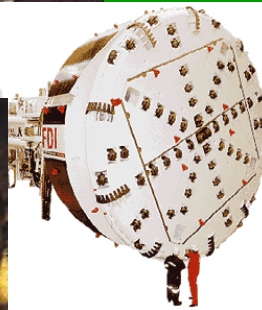
Mikrotuneling – technologia bezwykopowa



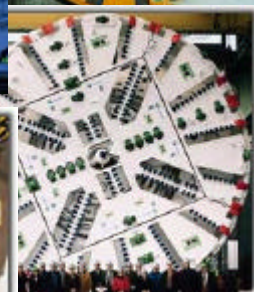
Mikrotuneling – technologia bezwykopowa



Tarcze wiertnicze - TBM



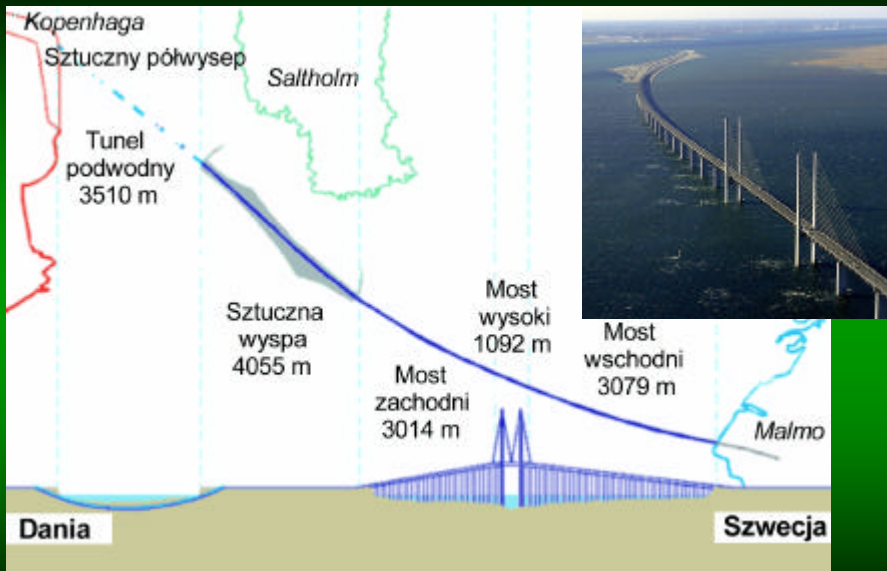
Tarcze wiertnicze - TBM



Siec tuneli laczacych kontynenty



Oresund - most - tunel



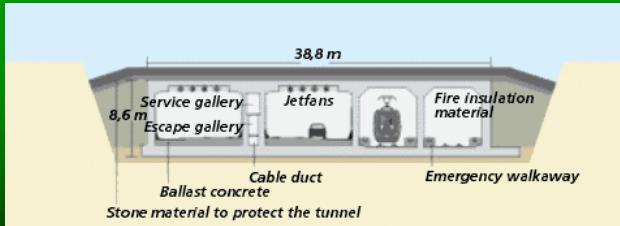
Oresund - most - tunel



Panorama - most - wyspa



Wlot tunelu



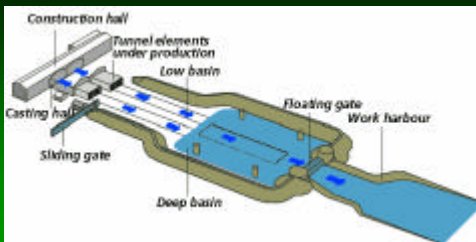
Przekrój przez tunel



Segment tunelu



Oresund - most - tunel



Fabryka segmentów tunelu



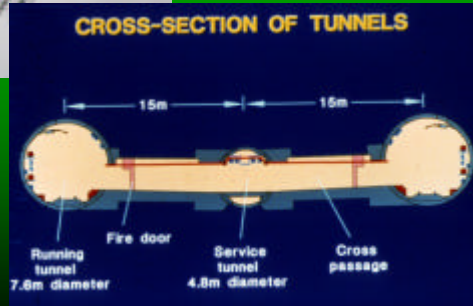
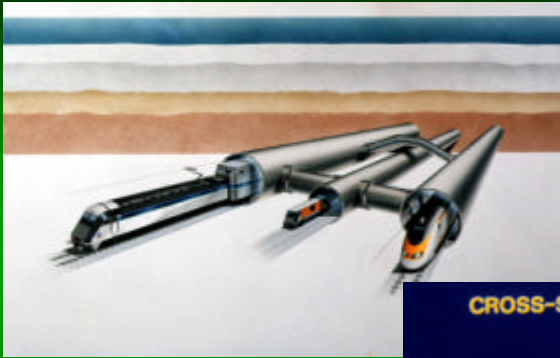
Transport segmentu tunelu



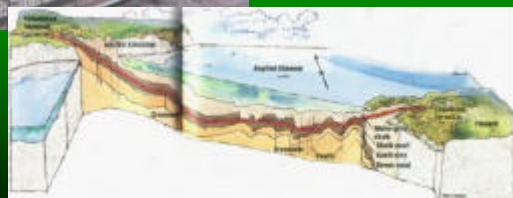
Segment tunelu pod woda



Eurotunnel - Chunnel



Eurotunnel - Chunnel



Eurotunnel - Chunnel



Tunel łączący Europe z Afryka



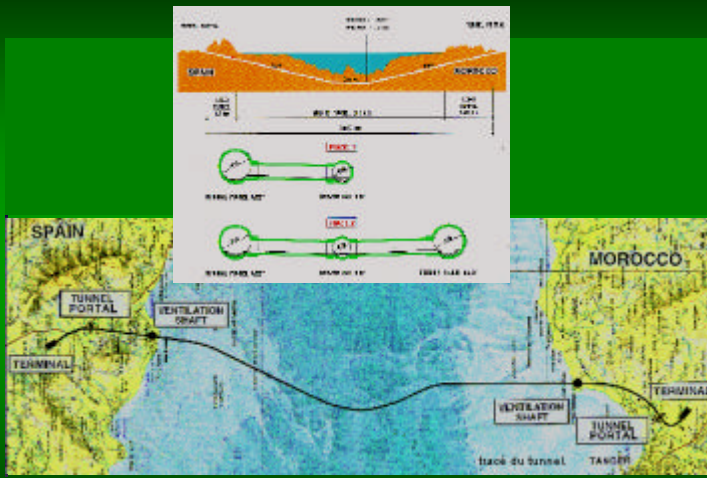
Widok od południa



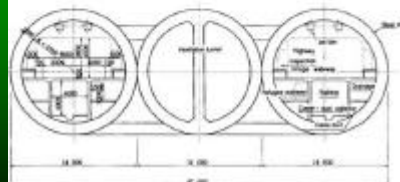
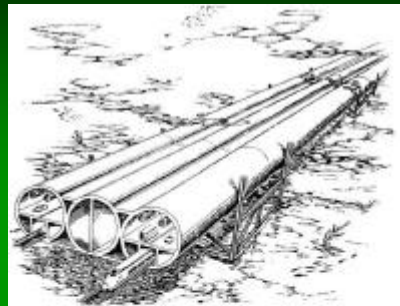
Widok od zachodu



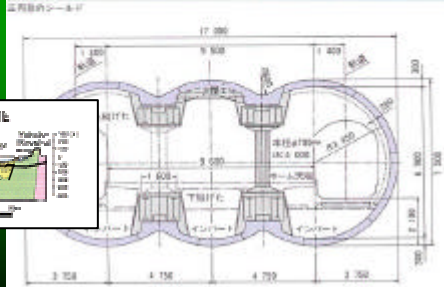
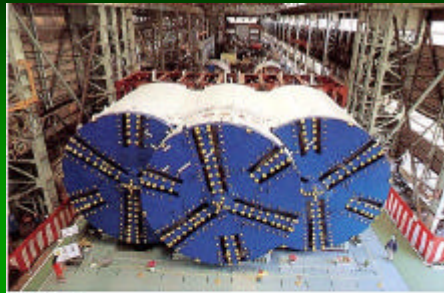
Tunel łączący Europe z Afryka



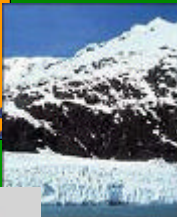
Tunel Japonia - Korea



Tunel Japonia - Korea



Tunel pod ciesnina Beringa - Strunnel

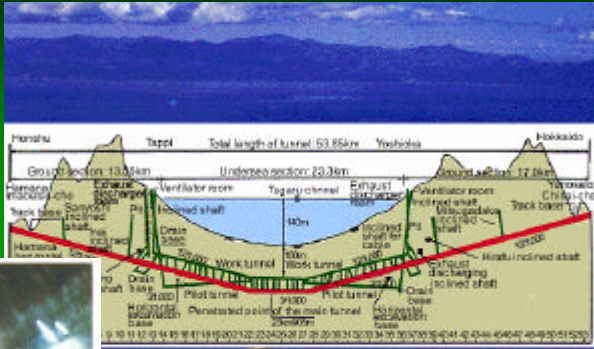


Tunel Seikan

- 168 tys. Ton stali
- 6330000 m³ urobku
- 1740000 m³ betonu
- 13800000 ludzi



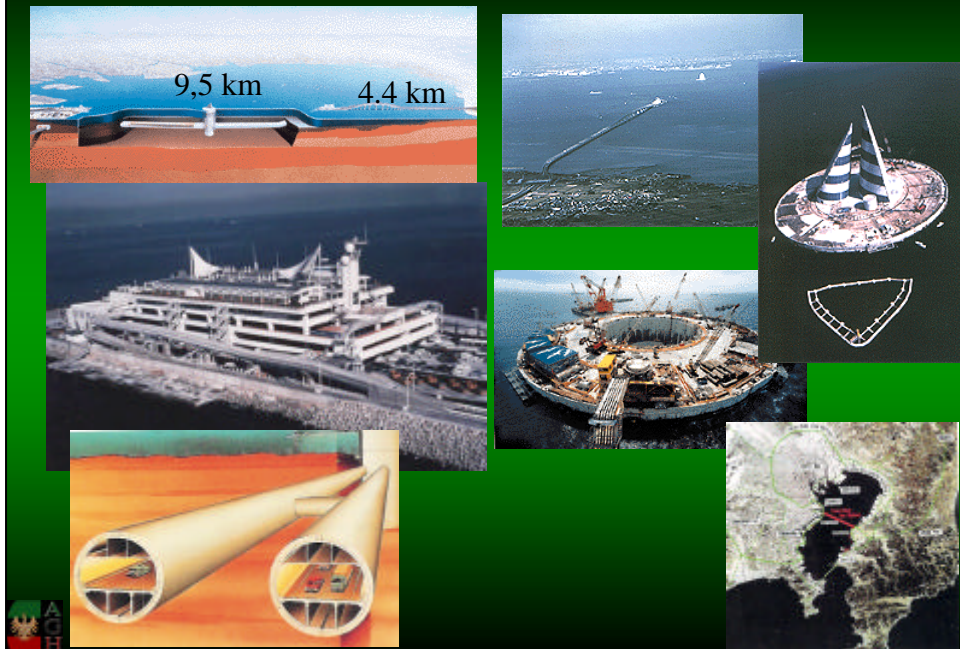
View of main tunnel completed section, showing gallery connect to service tunnel on left side.



Tunel pod Zatoka Tokijska



Tunel pod Zatoka Tokijska



Tunel Paijanne - najdluzszy tunel swiata



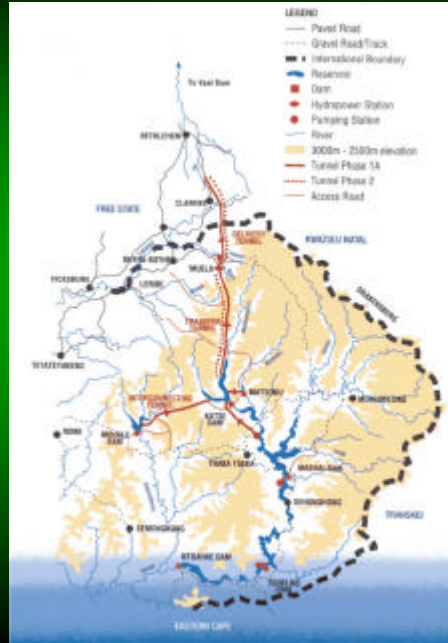
The Lesotho Highlands Water Project



Tama Katse
1950 mil. m³ Tunnel transferowy
45 km



Tama Muela 6 mil. m³

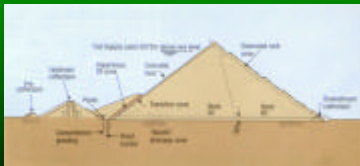


The Lesotho Highlands Water Project



Cut and cover section of Delivery Tunnel North

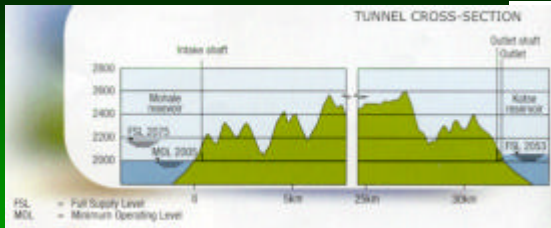
Tunele dostarczające („delivery”)
północny i południowy - 37 km



Tama Mohale 947 mil. m³



The Lesotho Highlands Water Project



Tunel łączący („interconnecting”)
32 km długości, 4.5 m średnicy



Tunel Matsoku, 6.4 km

Tunele na swiecie



Finlandia – Zielony most nad autostradą

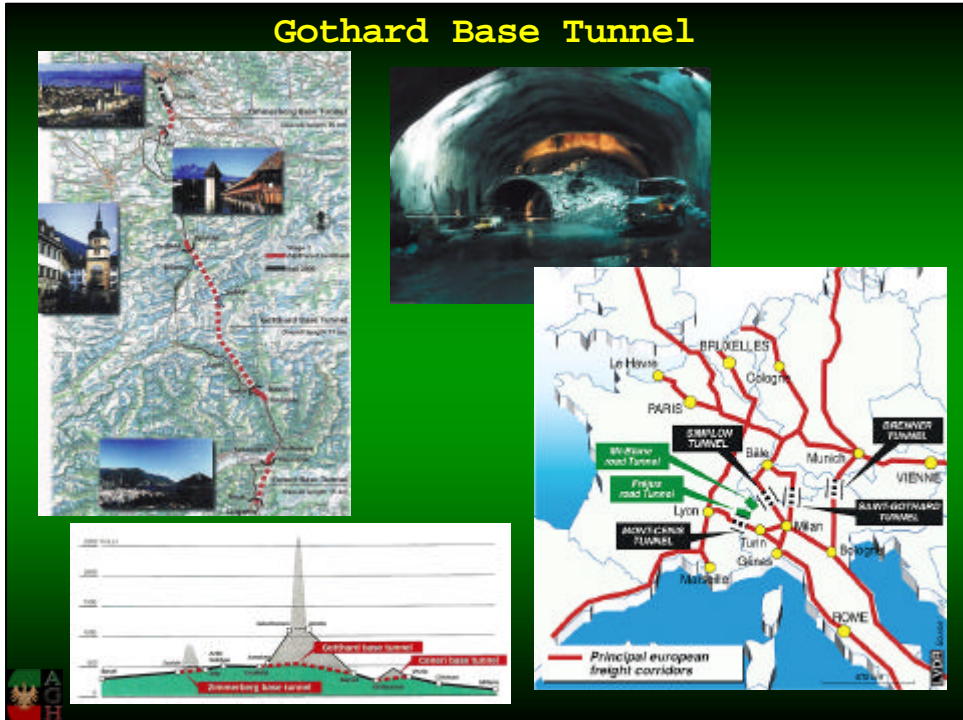


Amsterdam,
tunel Noord

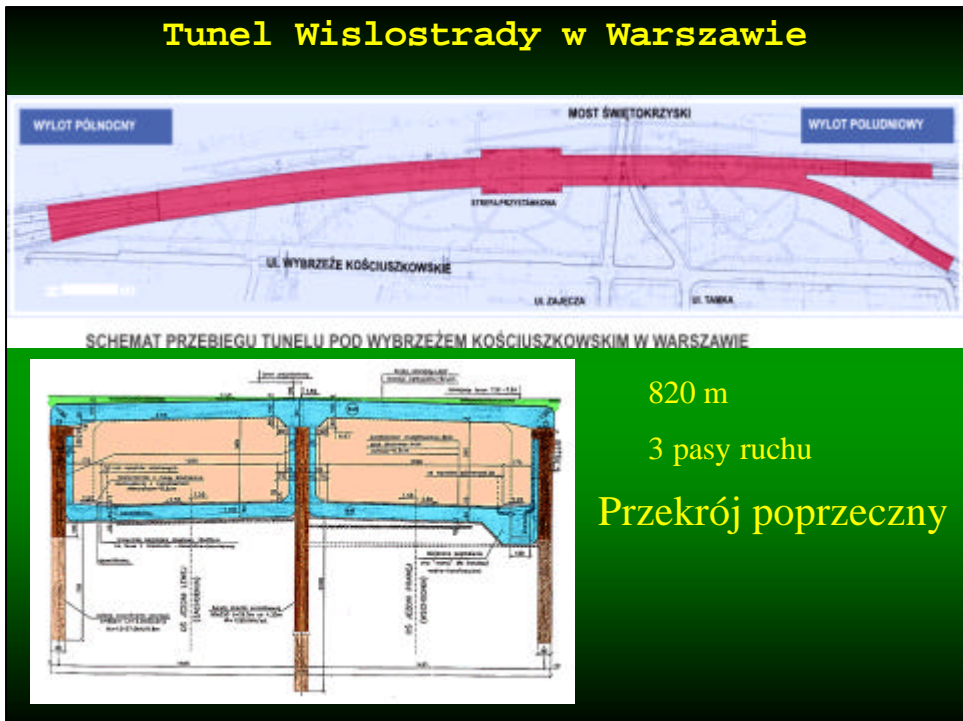


Szwajcaria – wlot tunelu Mont Russelin

Gothard Base Tunnel



Tunel Wislostrady w Warszawie



820 m

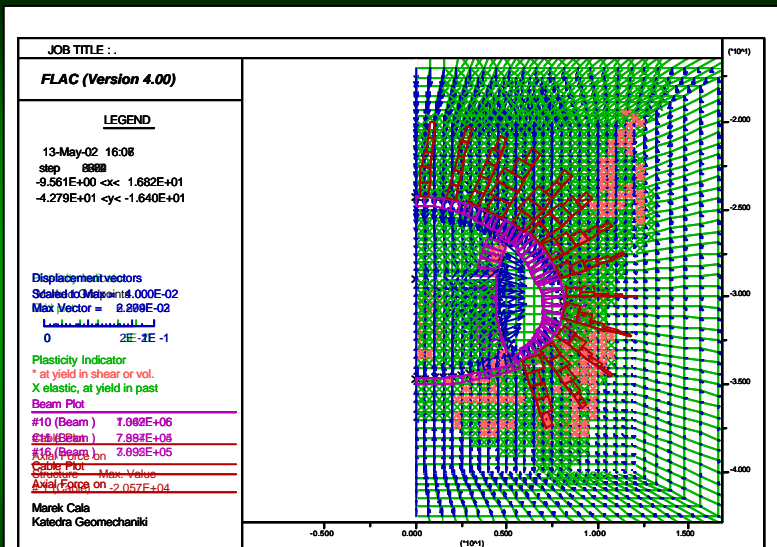
3 pasy ruchu

Przekrój poprzeczny

Tunel Wislostrady w Warszawie



Projektowanie obudowy tuneli



Podziemia miast polskich

- **Chelmskie Podziemia Kredowe.** Wyrobiska po eksploatacji kredy piszacej.
- **Lochy Sandomierza.** Zespół piwnic kupieckich od XV wieku.
- **Podziemna trasa w Jarosławiu.** Zespół piwnic i składów kupieckich pochodzących z XV-XVII w.
- **Podziemia Opatowskie.** Wielokondygnacyjny zespół piwnic kupieckich z XII-XIV wieku.
- **Podziemia Klodzkie.** Sieć korytarzy i komór o charakterze gospodarczym i militarnym.



Podziemia miast polskich

- **Piwnice Rzeszowskie.** Zespół 34 piwnic pod kamienicami i płyta Rynku z XV-XX w.
- **Podziemia Twierdzy Klodzkiej.** Zespół fortyfikacyjny.
- **Podziemia Przemyśla.** Zespół piwnic kupieckich od XV wieku.
- **Podziemna trasa w Bystrzycy Klodzkiej.** Zespół połączonych korytarzami piwnic kupieckich od XV wieku.



Podziemia miast polskich



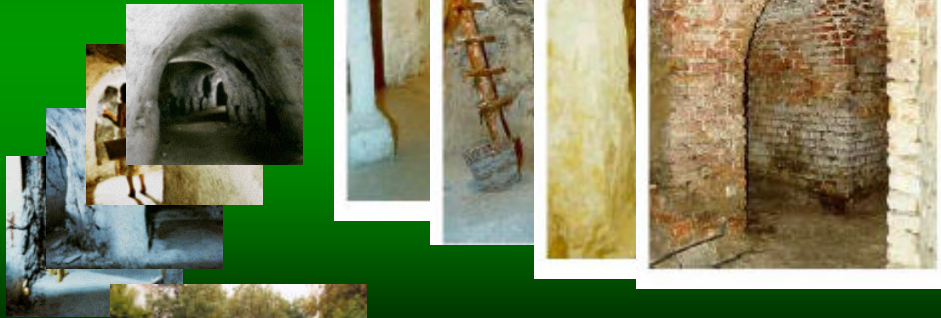
Podziemia miast polskich - Chelm

Komora odkrywców

Komora księcia Daniela

Komora pod rynkiem

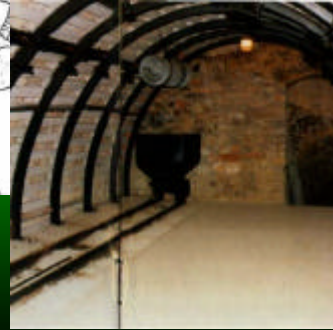
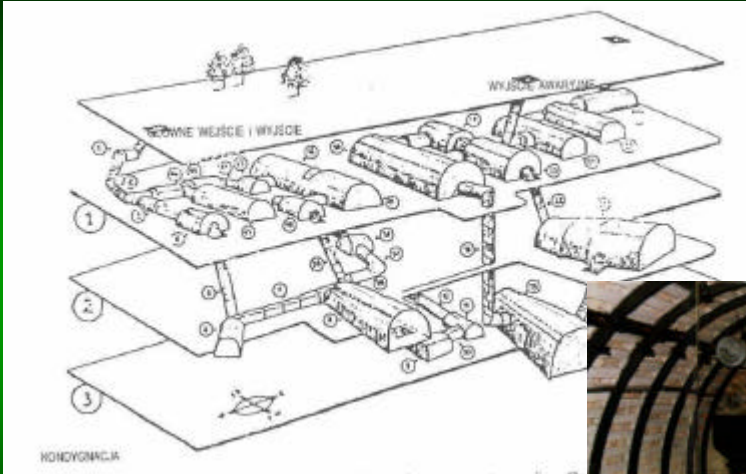
„Szyja murowana”



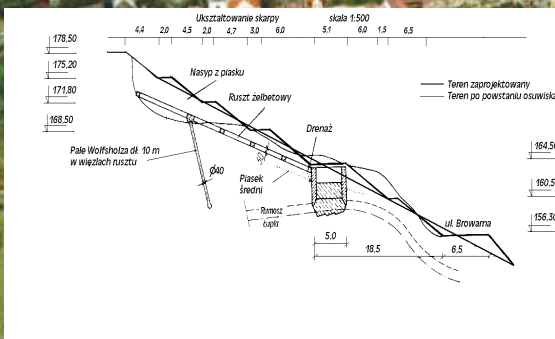
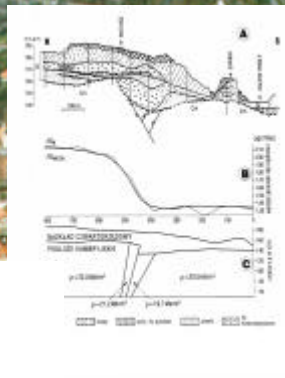
Chelmskie Podziemia Kredowe



Podziemia miast polskich - Opatów



Podziemia miast polskich - Sandomierz



Podziemia miast polskich - Sandomierz



Podziemia miast polskich - Jaroslaw



Podziemia miast polskich - Przemysl



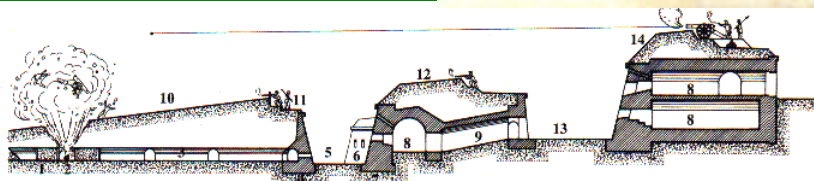
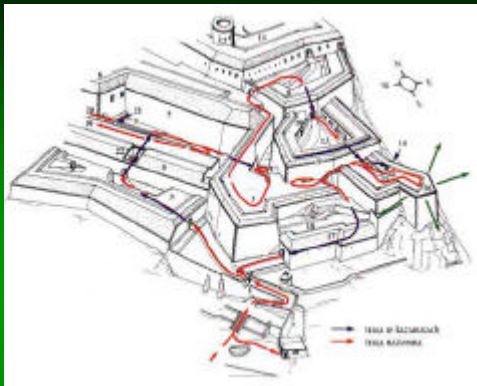
Podziemia miast polskich - Bystrzyca Klodzka



Podziemia miast polskich -Kłodzko



Podziemia miast polskich - twierdza Kłodzko



Przekrój przez elementy twierdzy: 1. zapora, 2. piec minowy, 3. chodnik minerski, 4. galeria bojowa w przeciwności, 5. przedrów, 6. kaponiera, 7. skarpa, 8. kazamata, 9. poterna, 10. stok bojowy, 11. droga kryta, 12. przeciwstrzał – płaszcz, 13. międzymurze, 14. wał główny artylerii.



Podziemia miast polskich - Rzeszów



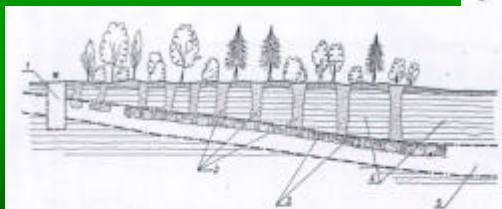
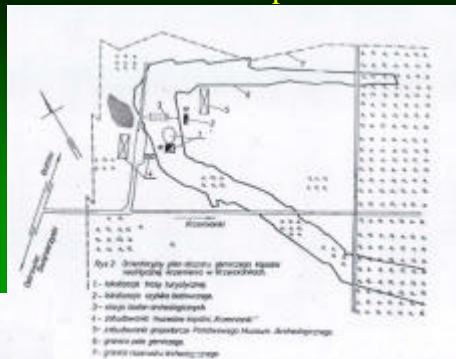
Podziemia miast polskich - Wieliczka



Podziemia miast polskich - Bochnia

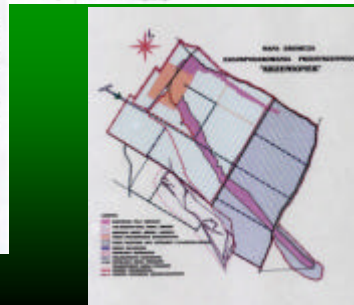


Krzemionki Opatowskie



Rys 3. Przał pionowy w przekroju pola grodzisk

- 1 - ściana podziemna
- 2 - ściana naziemna
- 3 - ściana zewnętrzna ziemnego grodziska
- 4 - kopiec
- 5 - ściana ziemna



Muzeum Zamkowe w Malborku POMNIK HISTORII
 od 1998 r. na liście Światowego Dziedzictwa Kulturalnego i Naturalnego UNESCO

Realizacja zabezpieczeń skrzydła zachodniego Zamku Sredniego w Malborku

ZAMEK W MALBORKU
 REWALACJA WIEZI POWIANNY
 LOKALIZACJA REPEROW KONTROLOWANYCH

Realizacja zabezpieczeń skrzydła zachodniego Zamku Sredniego w Malborku

Podziemia miast polskich - Kraków

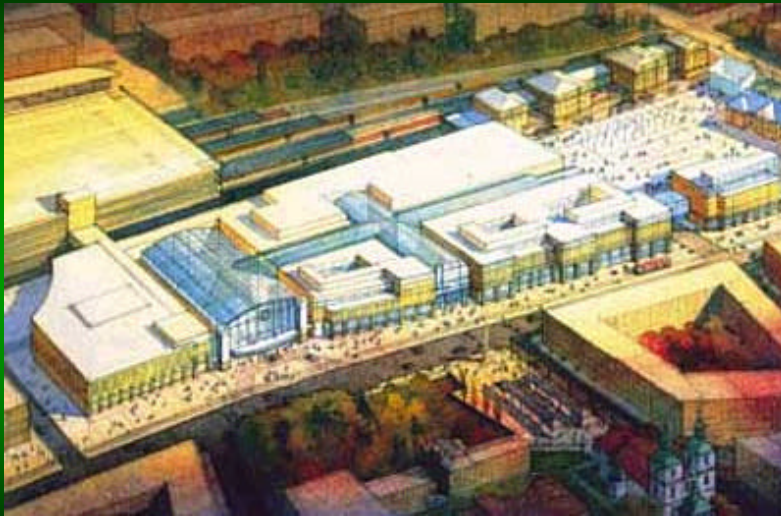


Podziemia Kościoła Sw. Kazimierza przy ulicy Reformackiej

Podziemia miast polskich - Kraków



Podziemia miast polskich - Kraków



Metro Warszawskie



Przebieg pierwszej linii metra

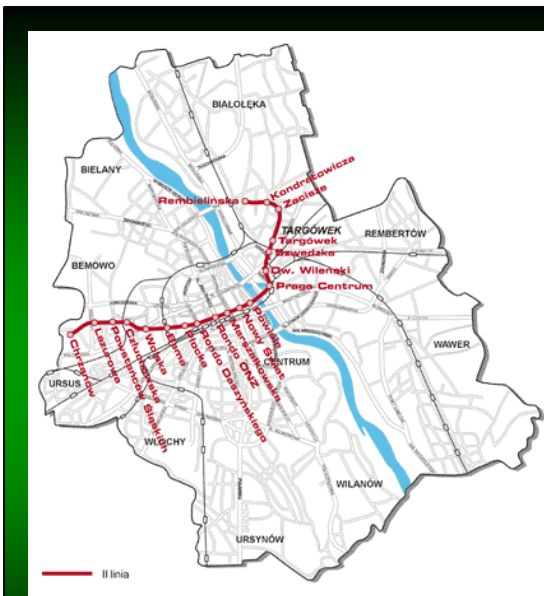


Metro Warszawskie



Studium techniczne II i III
linii metra warszawskiego

Metro Warszawskie



Studium techniczne II linii
metra warszawskiego

Metro Warszawskie



Studium techniczne III linii
metra warszawskiego

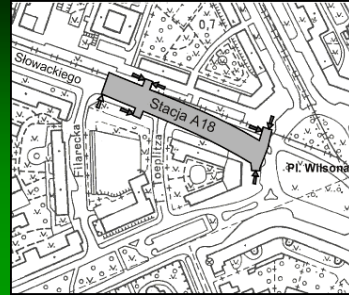
Metro Warszawskie

- Kabaty
- Natolin
- Imielin
- Stokłosy
- Ursynów
- Śluzew
- Wilanowska
- Wierzbno
- Raławicka
- Pole Mokotowskie
- Politechnika
- Centrum
- Świętokrzyska
- Ratusz
- Dworzec Gdanski



Stacje metra warszawskiego

Metro Warszawskie



Plac Wilsona

Marymont



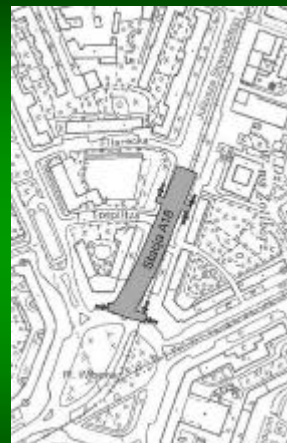
Metro Warszawskie – budowa stacji Dworzec Gdanski



Metro Warszawskie – budowa stacji Plac Wilsona



Metro Warszawskie – koncepcja stacji Plac Wilsona



Metro Warszawskie – koncepcja stacji Marymont



Metro Warszawskie



Przodek tunelu metra



Obudowa tuneli
z tubingów zeliwnych



Metro Warszawskie



Centralna Dyspozytornia



Wagony rosyjskie



Wagony ALSTOM KONSTAL



Metro Warszawskie

Ankieta wśród pasażerów (czerwiec 2001 r. - 2 495 osób)

- dla 83,6 % pasażerów metro jest **stałym środkiem transportu** na drodze dom - praca/szkola
- ponad 63 % pasażerów korzysta z metra od uruchomienia pierwszego odcinka w 1995 r.
- ponad 93 % pasażerów ocenia, że dzięki metru **skrócił się czas ich codziennych dojazdów**
- około 30 % pasażerów, od czasu kiedy mogą korzystać z metra, **rzadziej używa swoich samochodów** podczas podróży po mieście (ponad 63 % ankietowanych podalo, że nie posiada samochodu)



Metro Warszawskie

Ocena elementów systemu metra:

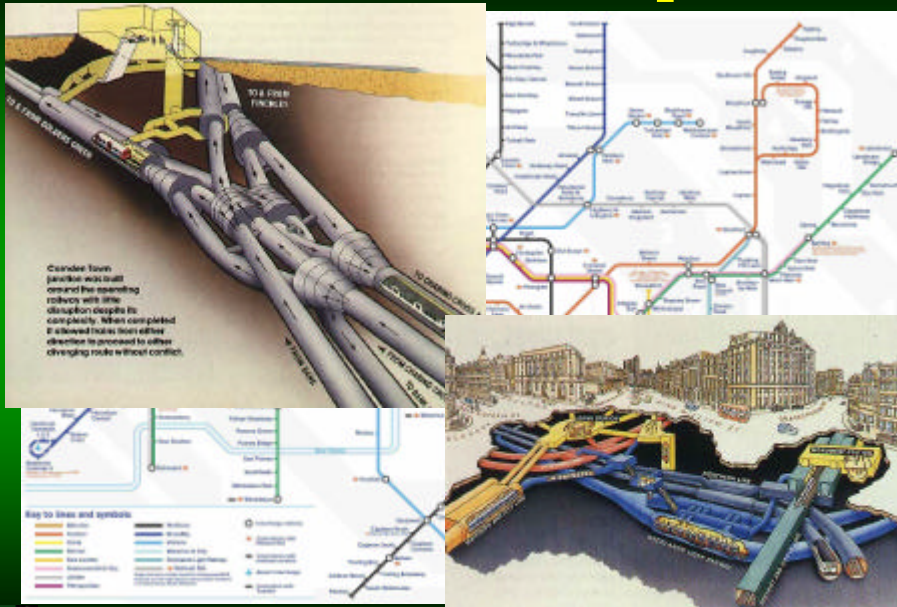
- 90,1 % pasażerów pod względem szybkości przejazdu
- 86,3 % pasażerów pod względem utrzymania czystości
- 75,7 % pasażerów pod względem częstotliwości kursów
- 75,6 % pasażerów pod względem bezpieczeństwa osobistego
- 66,6 % pasażerów pod względem informacji wizualnej
- 51,5 % pasażerów pod względem komfortu jazdy
- **tłok w metrze w godzinach szczytu**
- **potrzeba dalszej rozbudowy metra i zmiany wagonów**
- **bramki biletowe**



Metro - Los Angeles



Metro - Londyn



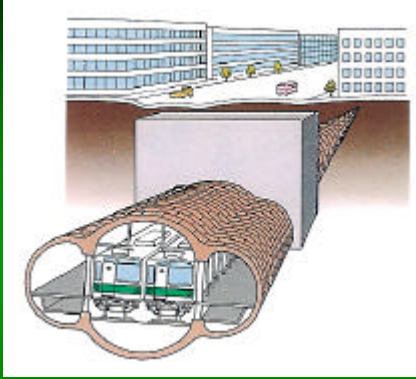
256 stacji, 408 km

Metro - Tokio, stacja Idabashi

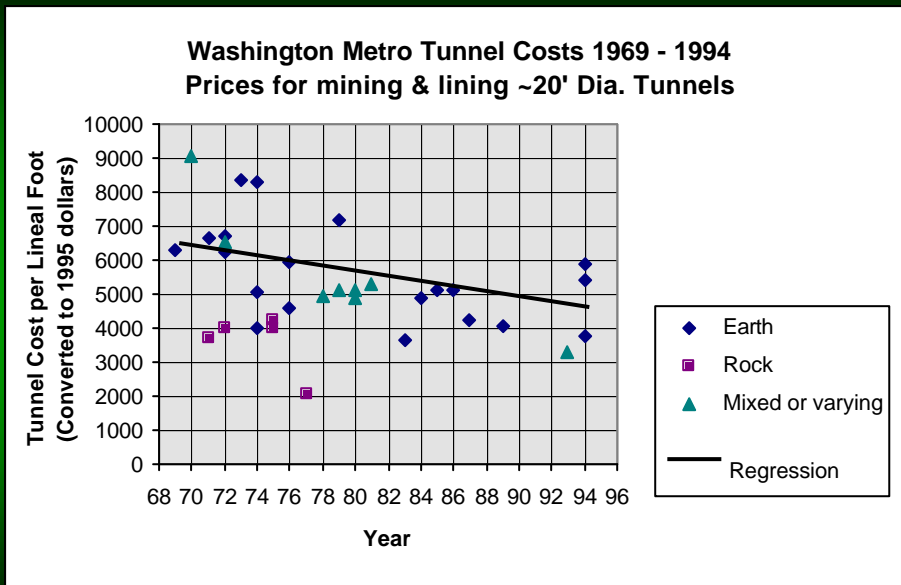


170 km, dziennie – 5.7 mln ludzi (ok. 2 miliardy rocznie)

Metro - Tokio



Koszty budowy metra



Stacja w Antwerpii na linii szybkiej kolei Antwerpia- Paryz



Megametropolie

Miasta	Metropolie (2000)	Megametropolie (2020)
Tokio	11.9 mln.	30 mln.
Sao Paulo	10.4 mln.	30 mln.
Rio de Janeiro	9.6 mln.	30 mln.
Szanghaj	13.5 mln.	25 mln.
Meksyk	20.2 mln.	25 mln.
Pekin	10.6 mln.	20 mln.
Nowy Jork	21.1 mln.	20 mln.
Dzakarta	7 mln.	20 mln.



Główna arteria komunikacyjna w Bostonie

Megalopolis

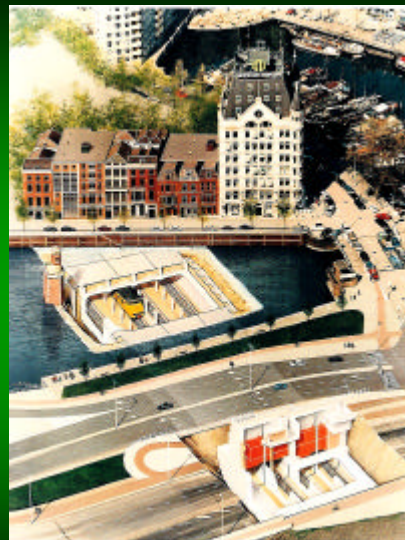


Potrzeby Megametropolii:

- szybkie, drogi transportowe i komunikacyjne (tunele, metro),
- zaopatrzenie w wodę, żywność, energię i towary,
- magazynowanie
- utylizacja odpadów i redukcja zanieczyszczeń



Podziemia światowych metropolii

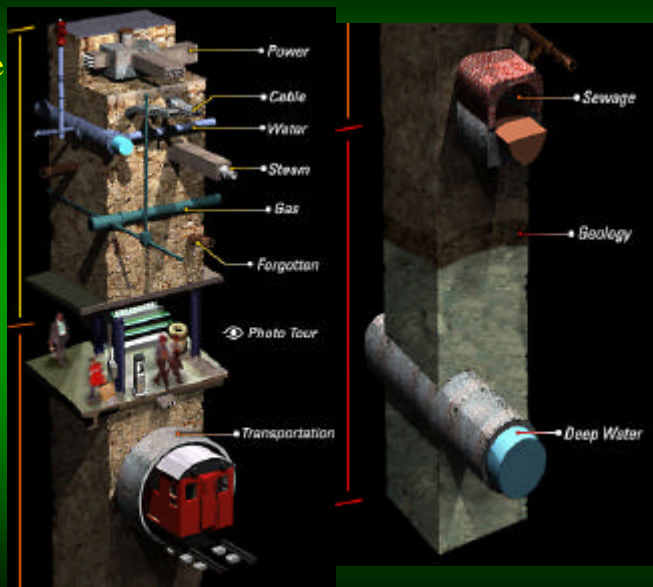


Stacja Blaak - Rotterdam



Podziemia swiatowych metropolii - Nowy Jork

- Kable elektryczne i przesyłowe
- Rurociagi z woda i gazem
- Tunele metra
- Tunele kanalizacyjne
- Główne tunele wodne



Podziemia swiatowych metropolii - Nowy Jork



Kable elektryczne i przesyłowe (130 tys. Km)

Rurociagi parowe



Rurociagi wodne (5 mld. litrów wody)

Swiatlowody



Podziemia swiatowych metropolii - Nowy Jork



Rurociagi gazowe



Zapomniane ciagi



Tunele i metro



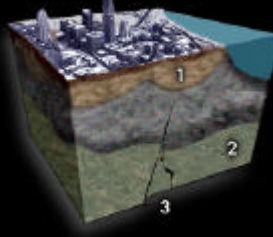
Podziemia swiatowych metropolii - Nowy Jork



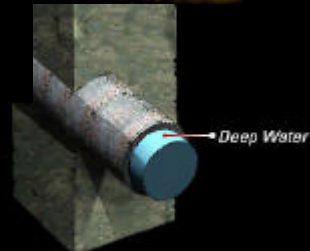
System kanalizacyjny



Skalne podloze



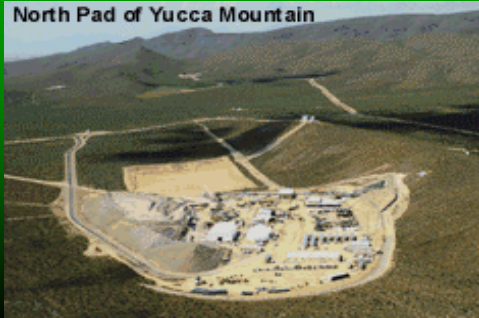
Główne ciagi wodne



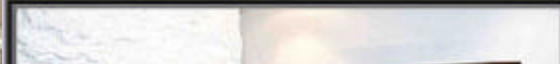
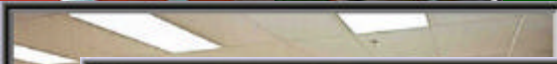
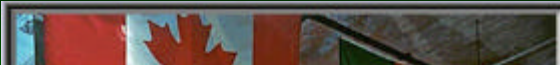
Yucca Mountain Project



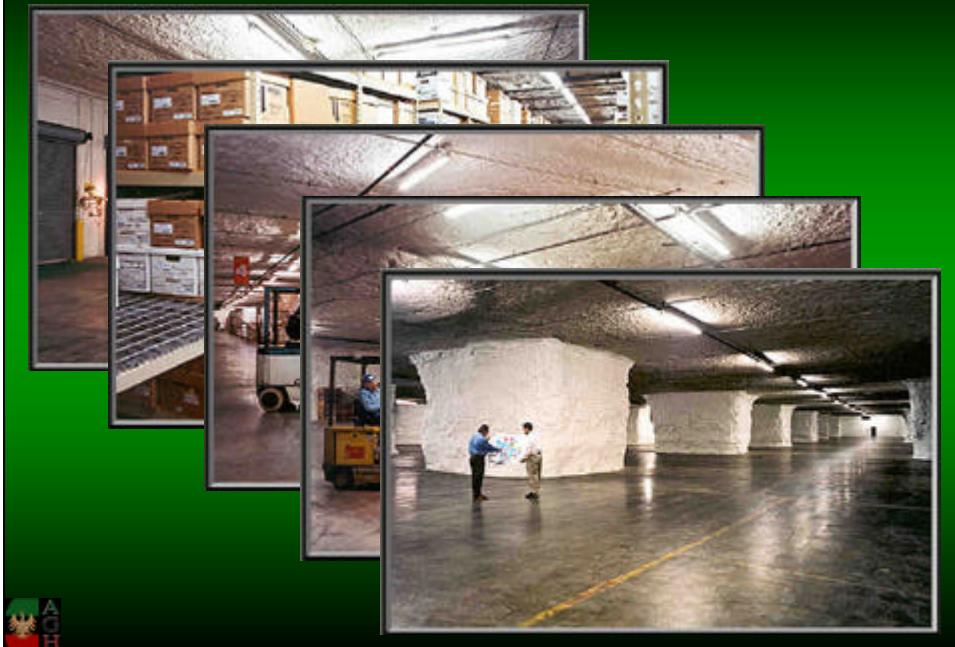
North Pad of Yucca Mountain



Podziemne centrum biznesu - Subtropolis



Podziemne centrum biznesu - Subtropolis



Podziemna Wioska Swietego Mikolaja Laponia (Finlandia)



Podziemia swiatowych metropolii - Houston



Podziemia swiatowych metropolii - Houston



Podziemia swiatowych metropolii - Kobe



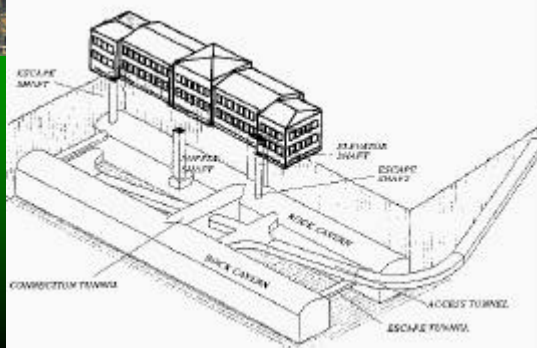
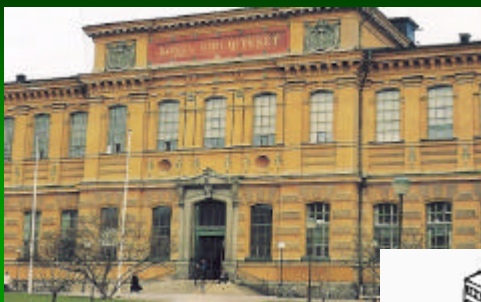
Powazne zniszczenia budynku ratusza w Kobe po trzesieniu ziemi w 1995 roku



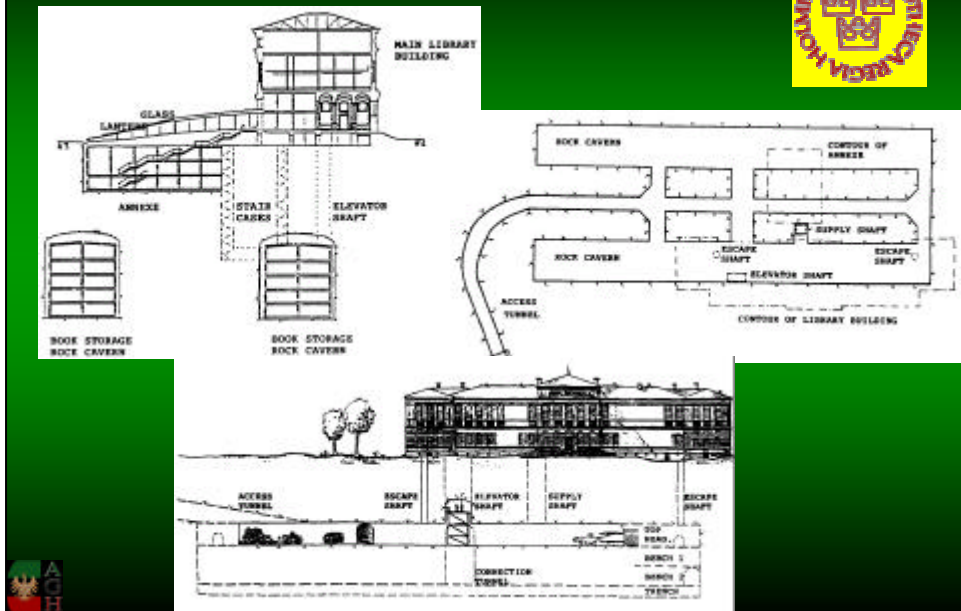
Brak zniszczen w podziemnej galerii handlowej zlokalizowanej w poblizu



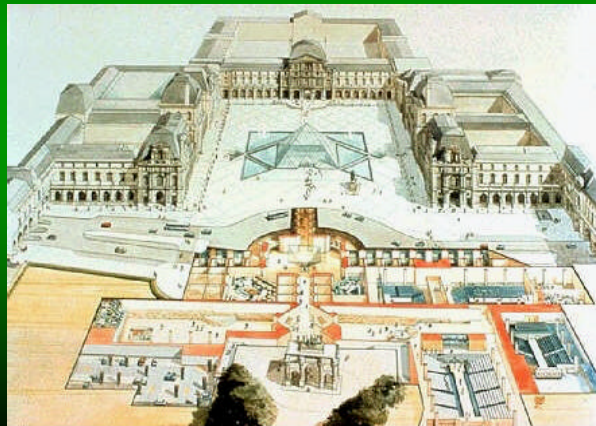
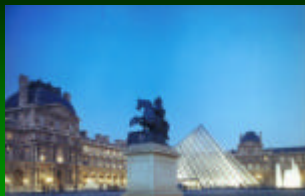
Szwedzka Biblioteka Królewska Sztokholm



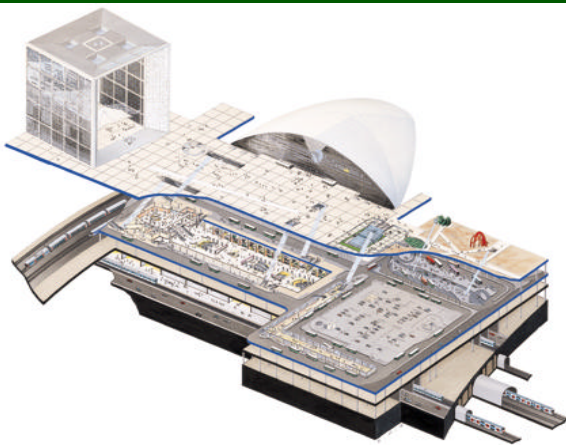
Szwedzka Biblioteka Królewska Sztokholm



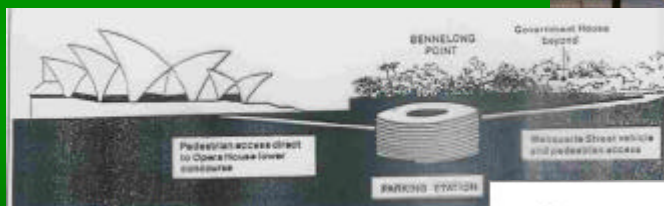
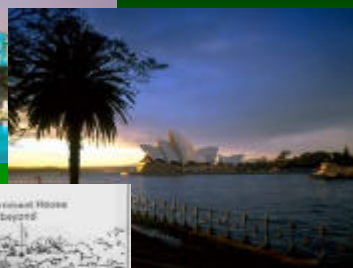
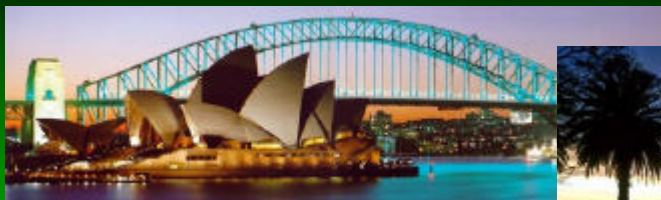
Luwr - Paryz - Francja



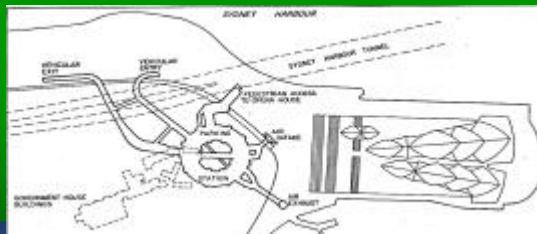
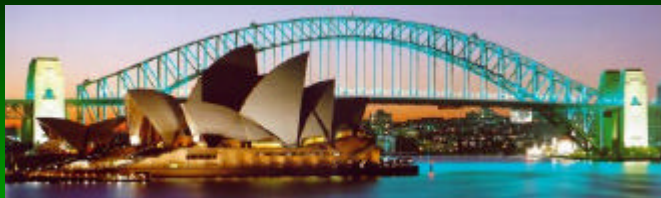
La Defence - Paryż - Francja



Parkingi podziemne - Sydney



Parkingi podziemne - Sydney



Parkingi podziemne



Parking pod ratuszem w Paryżu



Parking pod budynkiem szkoły - Sztokholm



Parkingi podziemne

Parking podziemny przy placu Estienne d'Orves w Marsylii



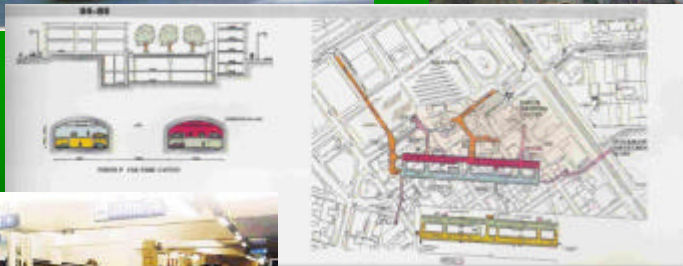
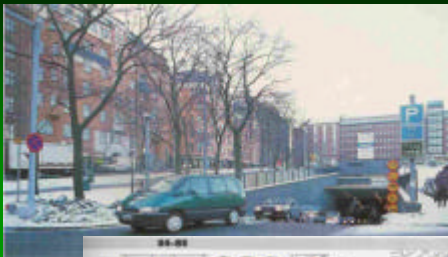
Przed budowa parkingu



Po budowie parkingu



Parking podziemny - Helsinki



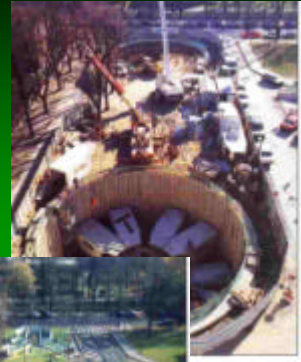
Parkingi podziemne - Finlandia



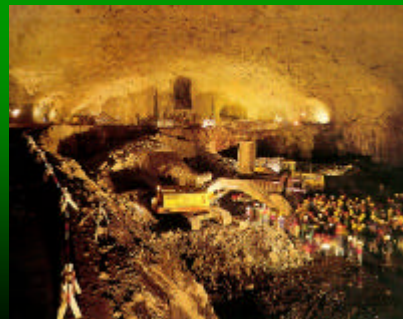
Parkingi podziemne - garaze



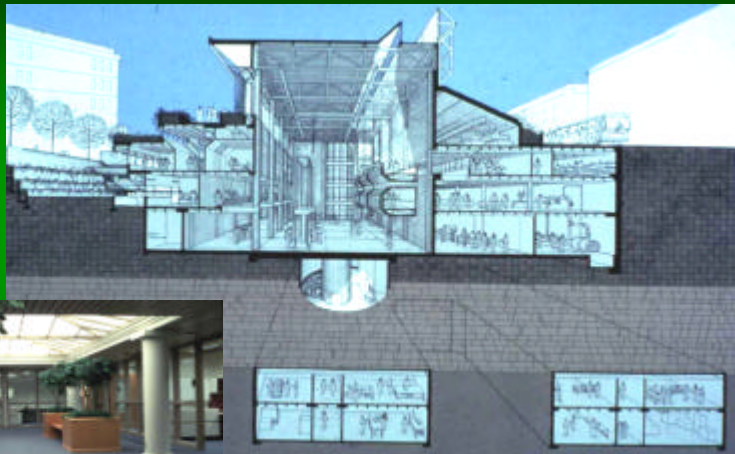
Parkingi podziemne



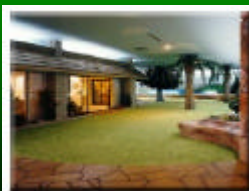
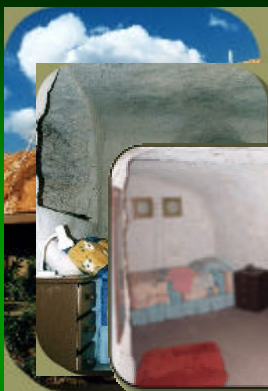
Podziemna hala sportowa - Gjovik



Podziemna zabudowa Uniwersytetu w Minnesocie



Hotele podziemne



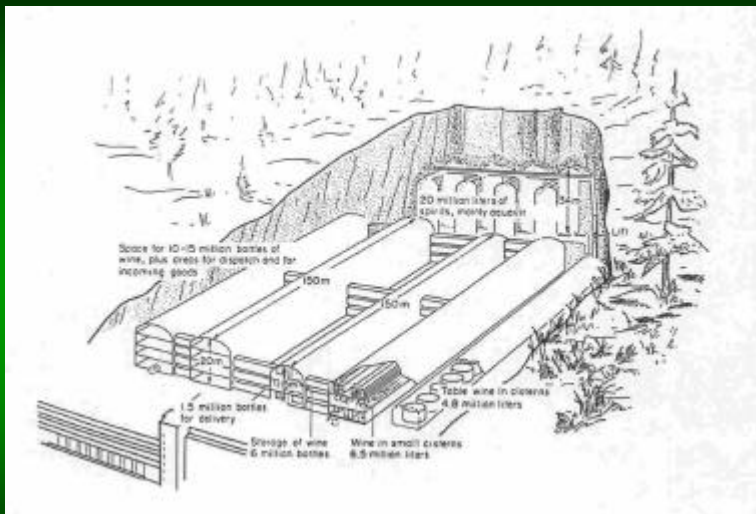
Szpital podziemny



Szpital dla alergików w kopalni soli potasowych na Uralu

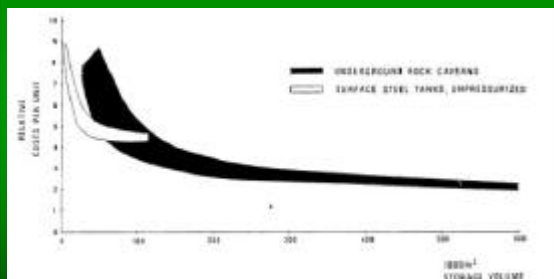
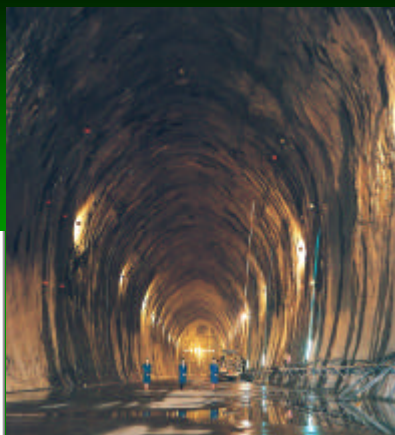


Podziemny zbiornik - Szwecja



Podziemne zbiorniki paliw

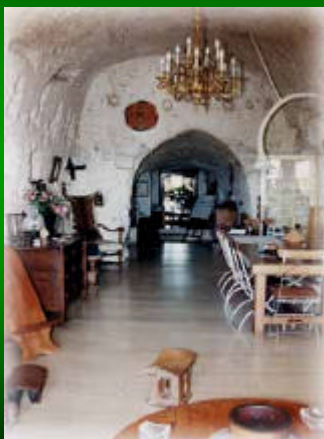
Podziemny zbiornik
Ropy naftowej Kuji
Plant - Japonia



Koszty budowy naziemnych (stalowych) i podziemnych
zbiorników paliw w funkcji ich pojemności



Francja – budynki mieszkalne wykute w skale



Francja – Tunel Canal du Midi (druga połowa XVII wieku)



Podziemny kościół - Helsinki



Podziemny basen - Helsinki



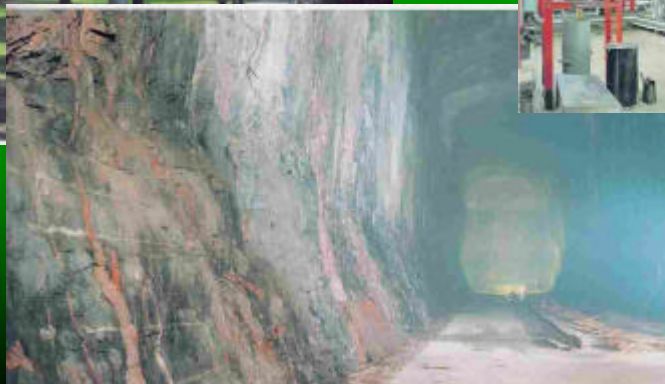
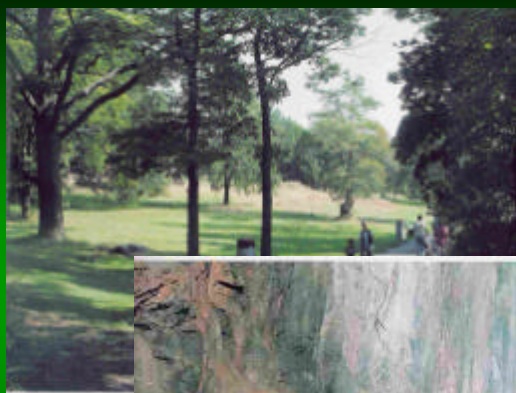
Podziemny kompleks - Kuopio



Podziemne Centrum Sztuki - Punkaharju



Podziemny zbiornik ropy - Helsinki



450 tys m³



GEOINZYNIERIA

- ❖ Słowa „**geoinżynier**, **geotechnik**” w społeczeństwie odbierane są raczej pozytywnie chociaż nie wszyscy wiedzą co oni robią. Podczas gdy np. architekci regularnie zdobywają zainteresowanie mediów, osiągnięcia inżynierów są niedoceniane.
- ❖ Lekarze ukrywają swoje błędy, geoinżynierowie swoje sukcesy. Odkrycie bakterii i konieczność higieny osobistej są ogólnie znane. Jednakże niewielu wie, że prawdziwymi obrońcami naszego życia są także inżynierowie, którzy zbudowali sieć kanałów, zbiorników i filtrów aby dać nam czystą wodę i odprowadzić ścieki.



GEOINZYNIERIA

- ❖ Bądźmy dumni z naszej profesji jako **geoinżynierowie**, to naszym obowiązkiem jest uświadamianie społeczeństwa i mediów o roli i znaczeniu geoinżynierii.
- ❖ Umożliwi to podniesienie rangi i prestiżu naszej profesji oraz zwiększy atrakcyjność zawodu.
- ❖ Inżynierowie naszego wieku muszą uzyskać stopień magisterski w obszarze swojej specjalności, doświadczenie, licencje, muszą się posługiwać kilkoma językami.
- ❖ Muszą potrafić pracować w grupie, być komunikatywni i posiadać doskonałą znajomość public relations.

$$E = M \cdot C^2$$

gdzie: E-skuteczność działania, M- kwalifikacje, C-umiejętność komunikacji.



