

# Europejski projekt LAGUNA

Agnieszka Zalewska

Zebranie w KGHM Polska Miedź S.A., 28.07.2008

Co to jest LAGUNA?

Koncepcje detektorów

Program badawczy: rozpad protonu, fizyka/astrofizyka  
neutrin niskich energii

Lokalizacja podziemnego laboratorium

Co się dzieje poza Europą?

Wstępny plan pracy

---

## Co to jest LAGUNA?

---

Akronim LAGUNA oznacza „Large Apparatus studying Grand Unification and Neutrino Astrophysics”

Projekt skupia większość europejskich grup zainteresowanych budową wielkiego detektora o masie rzędu  $10^5$  -  $10^6$  ton w technologiach wykorzystujących ciecze: wodę, ciekły argon i ciekły scyntylator

Żadne z istniejących podziemnych laboratoriów nie jest w stanie pomieścić tak wielkiego detektora → potrzebne jest nowe, wielkie laboratorium

Wystąpienie o europejski projekt typu studyjnego (design study) w ramach FP7 (2.05.2007), którego głównym celem jest wybór optymalnej lokalizacji nowego laboratorium.

# Mapa drogowa ApPEC, styczeń 2007

Field/ Experiments	Cost scale (M€)	Desirable start of construction	Remarks
<b>Dark Matter Search:</b> Low background experiments with 1-ton mass	60-100 M€	2011-2013	2 experiments (different nuclei, different techniques), e.g. 1 bolometric, 1 noble liquid; more than 2 worldwide.
<b>Proton decay and low energy neutrino astronomy:</b> Large infrastructure for p- decay and $\nu$ astronomy on the 100kt-1Mton scale	400-800 M€	2011-2013	- multi-purpose - 3 different techniques; large synergy between them. - needs huge new excavation - expenditures likely also after 2015 - worldwide sharing - possibly also accelerator neutrinos in long baseline experiments
<b>The high energy universe:</b> <u>Gamma rays:</u> Cherenkov Telescope Array CTA	100 M€ (South) 50 M€ (North)	first site in 2010	Physics potential well defined by rich physics from present gamma experiments
<u>Charged Cosmic Rays:</u> Auger North	85 M€	2009	Confirmation of physics potential from Auger South results expected in 2007
<u>Neutrinos:</u> KM3NeT	300 M€	2011	FP6 design study. Confirmation of physics potential from IceCube and gamma ray telescopes expected in 2008-2010
<b>Gravitational Waves:</b> Third generation interferometer	250-300 M€	Civil engineering 2012	Conceived as underground laboratory



---

## Mapa drogowa ApPEC, styczeń 2007

---

*"We recommend that a new large European infrastructure is put forward, as a future international multi-purpose facility on the 100'000-1'000'000 tons scale for improved studies of proton decay and of low-energy neutrinos from astrophysical origin. The three detection techniques being studied for such large detectors in Europe, Water-Cherenkov, Liquid Scintillator and Liquid Argon, should be evaluated in the context of a common design study, which should also address the underground infrastructure, and the possibility of an eventual detection of future accelerator neutrino beams. This design study should take into account worldwide efforts and converge, on a time scale of 2010, to a common proposal."*

# COLLABORATIVE PROJECT

2.05.2007

## Design Study

### FP7-INFRASTRUCTURES-2007-1

<u>Proposal title (max 200 characters)</u>	<u>Design of a pan-European Infrastructure for Large Apparatus studying Grand Unification and Neutrino Astrophysics</u>
<u>Proposal acronym</u>	<u>LAGUNA</u>
<u>Type of funding scheme</u>	<u>RI design study implemented as Collaborative Project</u>
<u>Work programme topics addressed</u>	<u>Deep underground science, particle physics, astroparticle physics</u>
<u>Name of the coordinating person</u>	<u>Prof. André Rubbia</u>

**List of participants:**

<b>Participant no.</b>	<b>Participant organisation name</b>	<b>Country</b>
1. ETH Zurich	Swiss Federal Institute of Technology Zurich	Switzerland
2. U-Bern	University of Bern	Switzerland
3. U-Jyväskylä	University of Jyväskylä	Finland
4. U-Oulu	University of Oulu	Finland
5. Rockplan	Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd	Finland
6. CEA/ DSM/ DAPNIA	Commissariat à l'Energie Atomique /Direction des Sciences de la Matière	France
7. IN2P3	Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (CNRS/IN2P3)	France
8. MPG	Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.	Germany
9. TUM	Technische Universität München	Germany
10. U-Hamburg	Universität Hamburg	Germany
11. IFJ PAN	H.Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences, Krakow	Poland
12. IPJ	A.Soltan Institute for Nuclear Studies	Poland
13. US	University of Silesia	Poland
14. UW	Wroclaw University	Poland
15. KGHM CUPRUM	KGHM CUPRUM Ltd Research and Development Centre	Poland
16. IGSMiE PAN	Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences	Poland
17. LSC	Laboratorio Subterráneo de Canfranc	Spain
18. UGR	University of Granada	Spain
19. UDUR	University of Durham	United Kingdom
20. U-Sheffield	The University of Sheffield	United Kingdom
21. Technodyne	Technodyne International Ltd	United Kingdom
22. ETL	Electron Tubes	United Kingdom
23. U-Aarhus	University of Aarhus	Denmark
24. AGT	AGT Ingegneria Srl, Perugia	Italy

**Table 1.3 a: Work package list**

Work package no.	Work package title	Type of activity	Lead participant no.	Person-months	Start month	End month
WP1	Management, coordination and assessment	MGT	ETHZ	52	1	36
WP2	Underground Infrastructures and Engineering	RTD	U-Oulu	221	1	35
WP3	Tank Infrastructure and Liquid Handling	RTD	TUM	249	1	35
WP4	Tank Instrumentation and Data Handling	RTD	IN2P3	439	1	35
WP5	Safety and environmental issues	RTD	U-Sheffield	65	1	35
WP6	Science Impact and Outreach	RTD	IFJ PAN	454	1	35
	<b>TOTAL</b>			<b>1480</b>		

---

## LAGUNA zaakceptowana, sierpień 2007

---

**Ale:**

Maksymalne finansowanie 1.7 mln Euro (wystąpienie o ok. 5 mln Euro)

Zalecona rezygnacja z WP3 i WP4 oraz silne obcięcie WP6

**W listopadzie 2007 „zauważona” przez ESFRI**



---

## Negocjacje, styczeń-luty 2008

---

Finansowanie 1.7 mln Euro

Koncentracja na pracach nad wyborem najlepszej (dwa najlepszych) lokalizacji laboratorium, ale z uwzględnieniem analizy kosztów budowy zbiornika detektora w warunkach każdej lokalizacji.

Redukcja czasu trwania programu z trzech do dwu lat - pozwoli to na przedstawienie wyników przed kolejnym ogłoszeniem rekomendacji przez ESFRI w 2010 roku.

# Po negocjacjach - uczestnicy

Beneficiary no.	Beneficiary name	Beneficiary short name	Country	Date enter project	Date exit project
1. (coordinator)	Swiss Federal Institute of Technology Zurich	ETH Zurich	Switzerland	1	24
2.	University of Bern	U-Bern	Switzerland	1	24
3.	University of Jyväskylä	U-Jyväskylä	Finland	1	24
4.	University of Oulu	U-Oulu	Finland	1	24
5.	Kalliosuunnittelu Oy Rockplan Ltd	Rockplan	Finland	1	24
6.	Commissariat à l'Energie Atomique / Direction des Sciences de la Matière	CEA	France	1	24
7.	Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (CNRS/IN2P3)	IN2P3	France	1	24
8.	Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.	MPG	Germany	1	24
9.	Technische Universität München	TUM	Germany	1	24
10.	H.Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics of the Polish Academy of Sciences, Krakow	IFJ PAN	Poland	1	24
11.	KGHM CUPRUM Ltd Research and Development Centre	KGHM CUPRUM	Poland	1	24
12.	Mineral and Energy Economy Research Institute of the Polish Academy of Sciences	IGSMiE PAN	Poland	1	24
13.	Laboratorio Subterráneo de Canfranc	LSC	Spain	1	24
14.	Universidad Autonoma, Madrid	UAM	Spain	1	24
15.	University of Granada	UGR	Spain	1	24
16.	University of Durham	UDUR	United Kingdom	1	24
17.	The University of Sheffield	U-Sheffield	United Kingdom	1	24
18.	Technodyne International Ltd	Technodyne	United Kingdom	1	24
19.	University of Aarhus	U-Aarhus	Denmark	1	24
20.	AGT Ingegneria Srl, Perugia	AGT	Italy	1	24
21.	Institute of Physics and Nuclear Engineering, Bucharest	IFIN-HH	Romania	1	24

KGHM, 28.07.2008

---

## Po negocjacjach - pakiety robocze

---

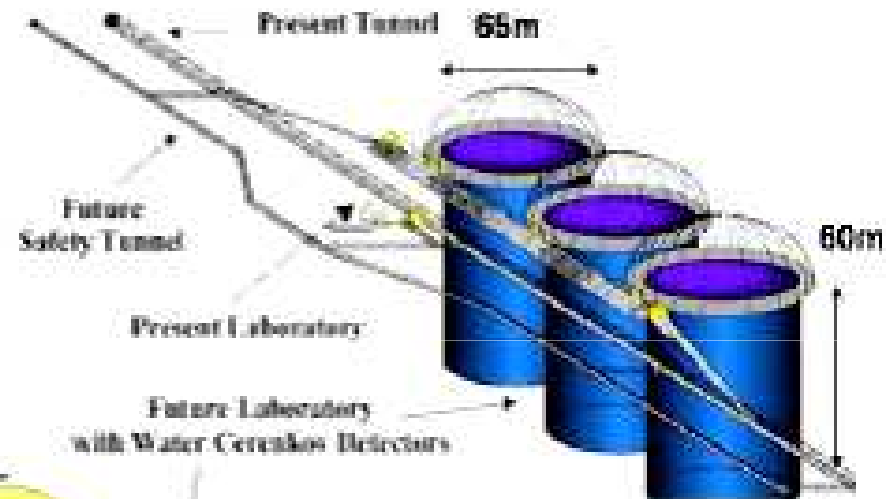
### B.1.3.3. Work package list / overview

Work package no.	Work package title	Type of activity	Lead beneficiary no.	Person-months	Start month	End month
WP1	Management, coordination and assessment	MGT	ETHZ	26.5	1	24
WP2	Underground Infrastructures and Engineering	RTD	TUM	157.5	1	24
WP3	Safety, environmental and socio-economic issues	RTD	U-Sheffield	46	1	24
WP4	Science Impact and Outreach	RTD	IFJ PAN	49.9	1	24
	<b>TOTAL</b>			<b>279.9</b>		

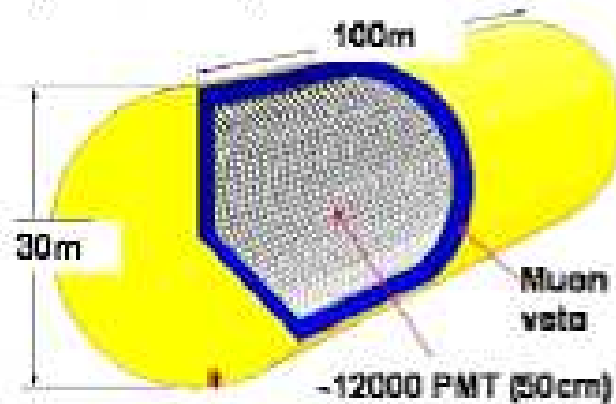
# Koncepcje detektorów

Wodny (MEMPHYS), scyntylacyjny (LENA), ciekło-argonowy (GLACIER)

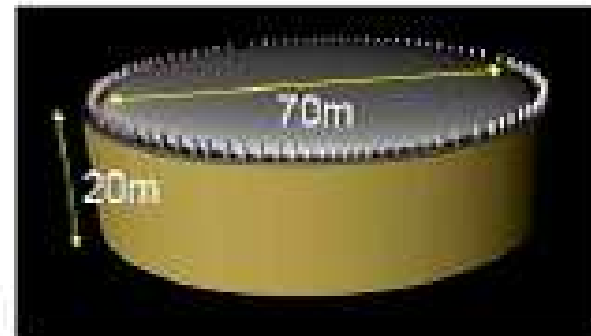
**MEMPHYS:**  
Water Cherenkov,  
(420 kton - 1 Mton)



**LENA:**  
Liquid Scintillator  
(30-70 kton)



**GLACIER:** Liquid Argon (50 -100 kton)



---

# Wodny detektor MEMPHYS

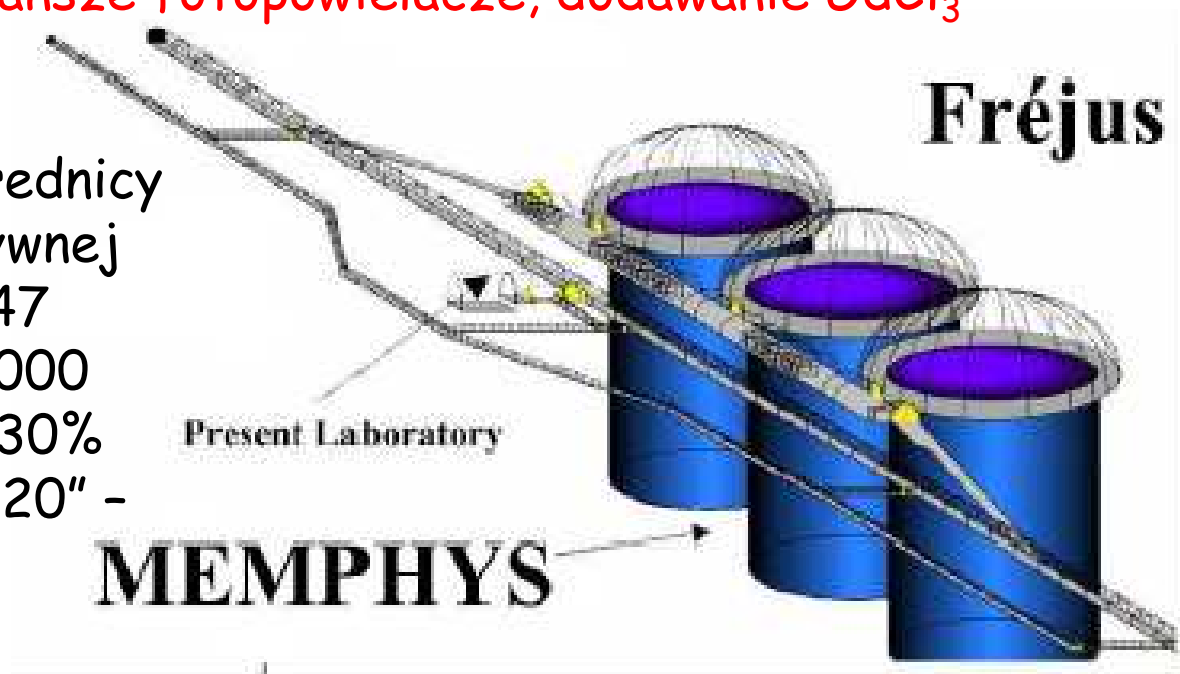
---

**Koncepcja:** pierwotnie rozwijana dla laboratorium Frejus, pierwotnie stanowi detektor SuperKamiokande

**Zalety:** najtańszy materiał tarczy, dobrze opanowana technologia, możliwa ekstrapolacja do masy rzędu 1 Mtony

**Wyzwania:** lepsze i tańsze fotopowielacze, dodawanie  $GdCl_3$

**Konstrukcja:** 3-5 zbiorników, każdy o średnicy i wysokości 65 m, aktywnej masie detektora ok. 147 kton, odczyt przez 81000 fotopowielaczy (12" - 30% pokrycia powierzchni, 20" - 40% pokrycia)



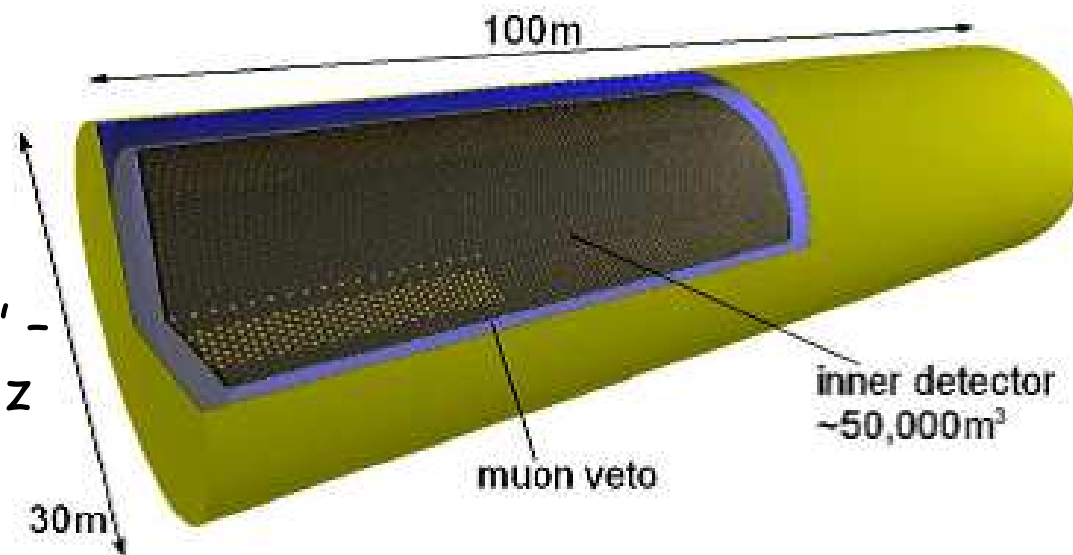
# Scyntylicyjny detektor LENA

Koncepcja: pierwotnie rozwijana dla laboratorium Pyhäsalmi (Finlandia), pierwowzór - detektory Borexino i KamLAND

Zalety: niski próg energetyczny, dobra energetyczna zdolność rozdzielcza, znana technologia

Wyzwania: lepszy i tańszy odczyt światła (fotopowielacze, koncentratory światła)

Konstrukcja: cylinder o średnicy 30 m i długości 100 m, masie detektora ok. 50 kton, odczyt przez 12 000 fotopowielaczy (20" - 30% pokrycia powierzchni, z koncentratorami światła - 50% pokrycia)



---

# Ciekło-argonowy detektor GLACIER

---

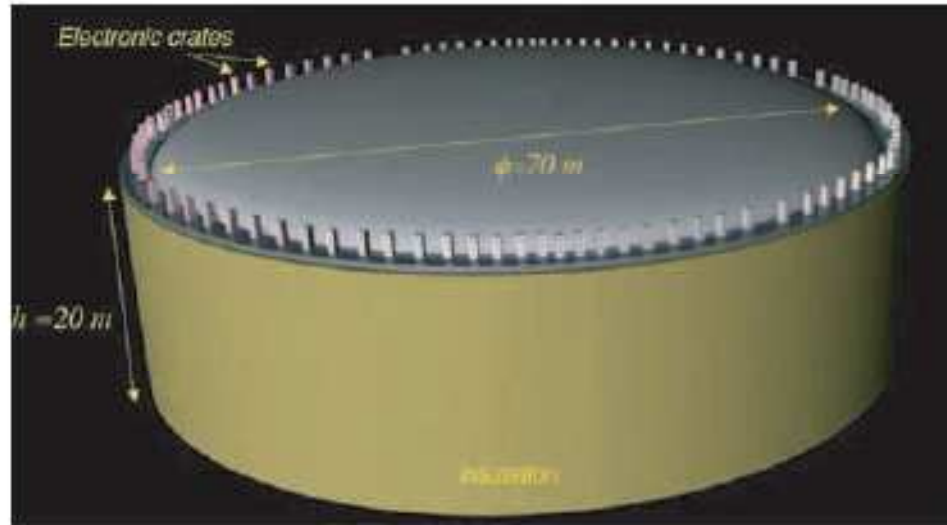
Koncepcja: pierwotnie rozwijana dla Sieroszowic i Gran Sasso, pierwowzór - detektor ICARUS

Zalety: bardzo dobra przestrzenna i energetyczna zdolność rozdzielcza → obrazowanie topologii, identyfikacja cząstek

Wyzwania: 20-metrowy dryf elektronów, wielka instalacja kriogeniczna, termiczna izolacja zbiornika

Konstrukcja: cylinder o średnicy 70 m i wysokości 100 m, masa detektora ok. 100 kton, odczyt elektronów jonizacji oraz światła (scyntyłacje - 1000 8" PMT, promieniowanie Czerenkowa - 27000 8" PMT)

KGHM, 28.07.2008



---

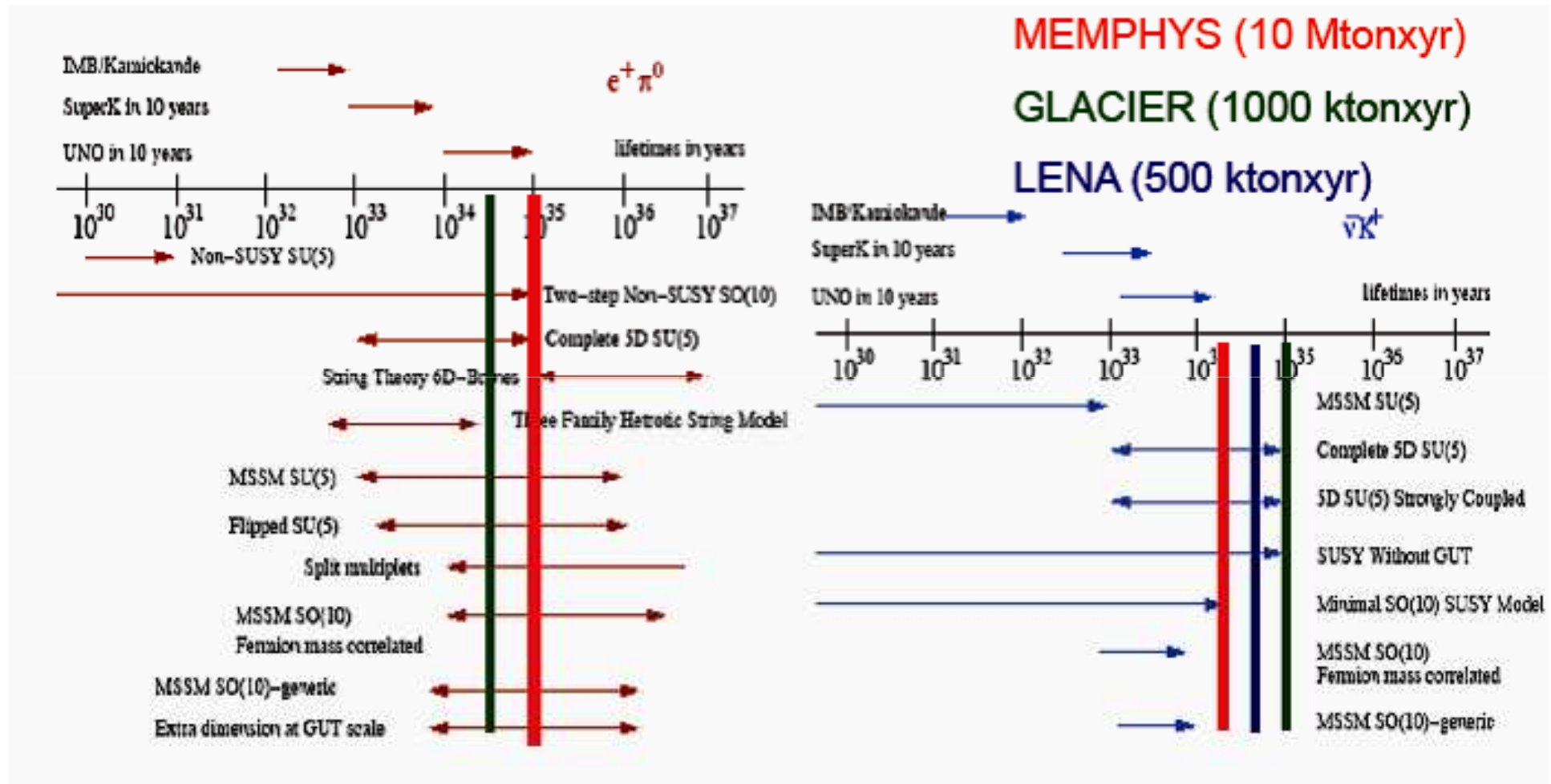
## Program fizyczny

---

1. Poszukiwania rozpadu protonu
2. Badania nisko-energetycznych neutrin/antyneutrin pochodzenia astrofizycznego (z wybuchu SN, słoneczne, atmosferyczne, z tła od starych wybuchów SN w obrębie naszej galaktyki) oraz geo-neutrin
3. Badania własności neutrin w oparciu o wiązki akceleratorowe

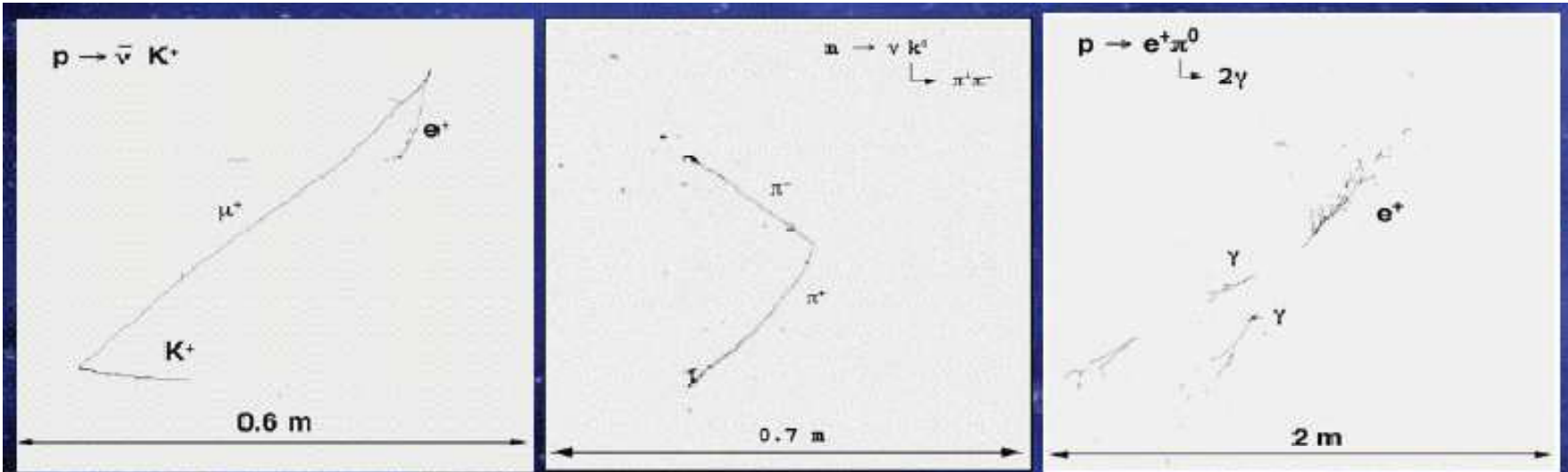


# Rozpad protonu - pomiary, porównanie z teorią

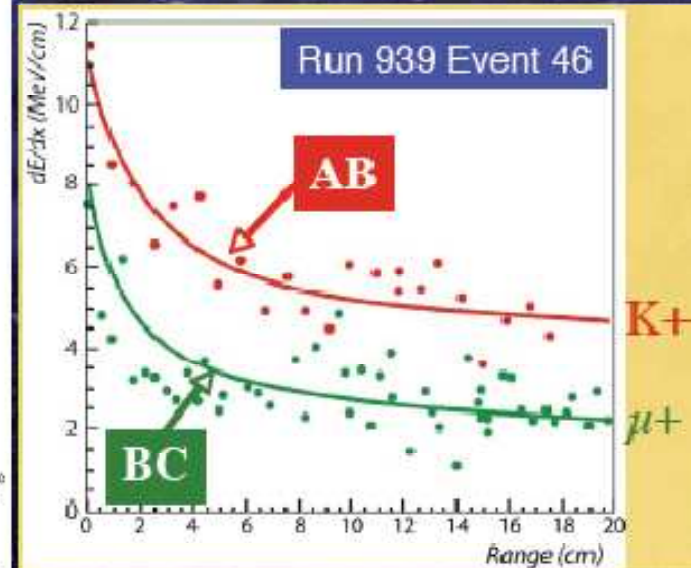
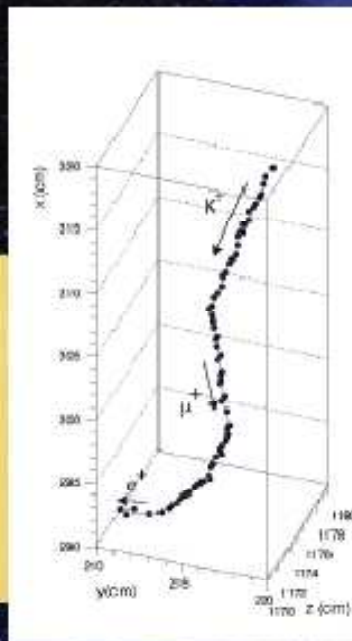
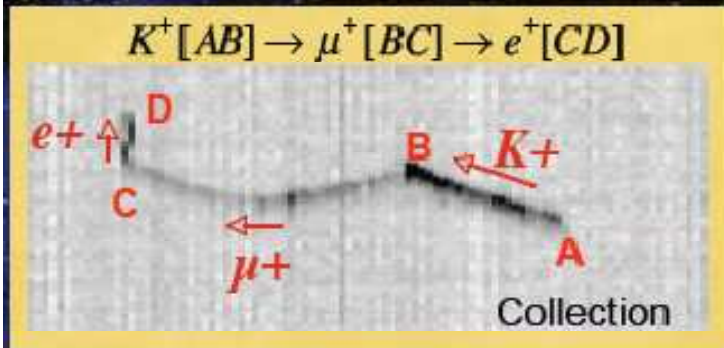


Lista zawiera tylko wybrane, najprostsze modele

# Rozpad protonu w ciekło-argonowej TPC



An example of real event:



# Neutrina z Supernowych

## 1. Supernova physics:

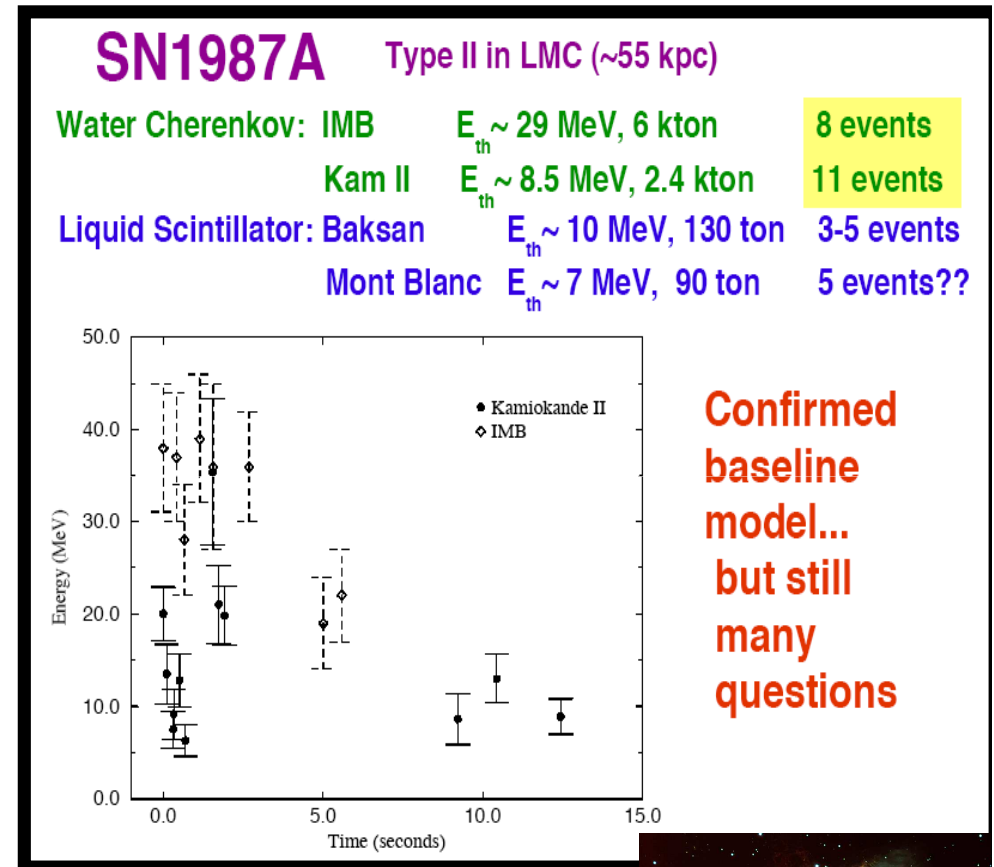
- Gravitational collapse mechanism
- Supernova evolution in time
- Burst detection
- Cooling of the proto-neutron star
- Shock wave propagation
- Black hole formation?

## 2. Neutrino properties

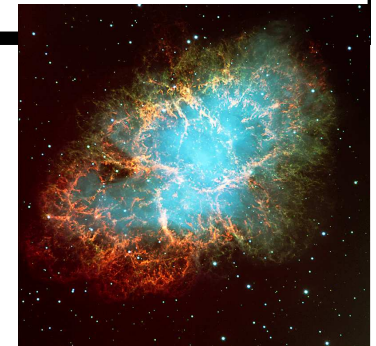
- Neutrino mass (time of flight delay)
- Oscillation parameters (flavor transformation in SN core and/or in Earth): Type of mass hierarchy and  $\theta_{13}$  mixing angle

## 3. Early alert for astronomers

- Pointing to the supernova



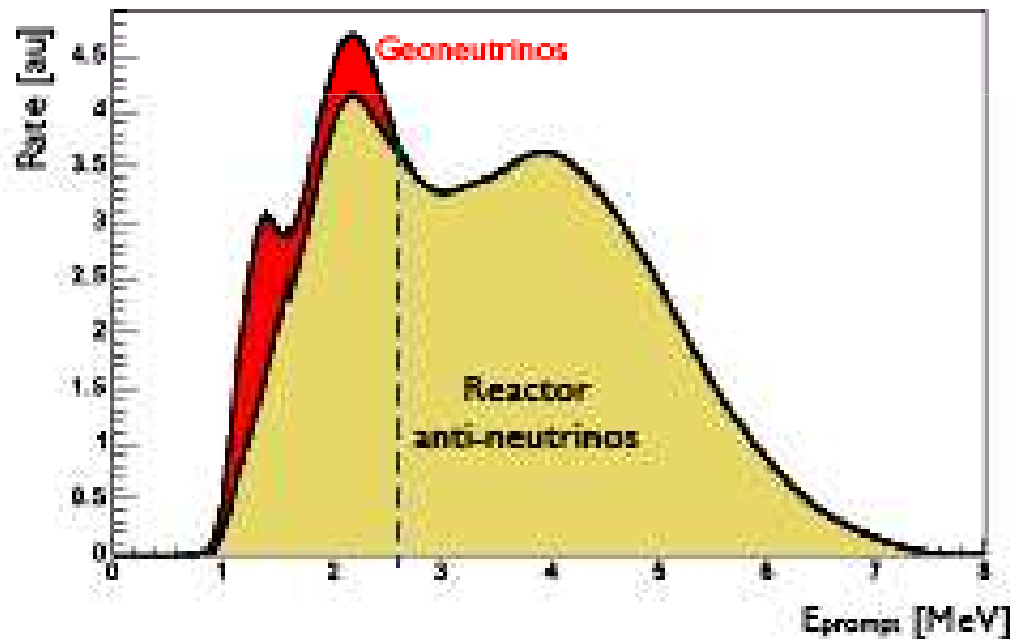
Confirmed  
baseline  
model...  
but still  
many  
questions



The Crab Nebula in Taurus (VLT RUYEYEN + FORSZ)

# Geo-neutrino

- Antineutrino z  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$  dają możliwość zajrzenia do wnętrza Ziemi i zbadania mechanizmu generacji energii
- KamLAND był pierwszym detektorem dostatecznie czułym, aby zmierzyć geoneutrino z rozpadów U i Th (neutrino z K poniżej progu detekcji w scyntylatorze)



Ograniczenie  
z KamLAND-u  
na ciepło z rozpadów  
radioaktywnych < 60 TW  
T.Araki et al.,  
Nature 436 (2005) 467

KamLAND:  
sygnał  $25^{+19}_{-18}$ , tło  $127 \pm 13$   
LENA:  
sygnał 1000, tło 240(/rok)

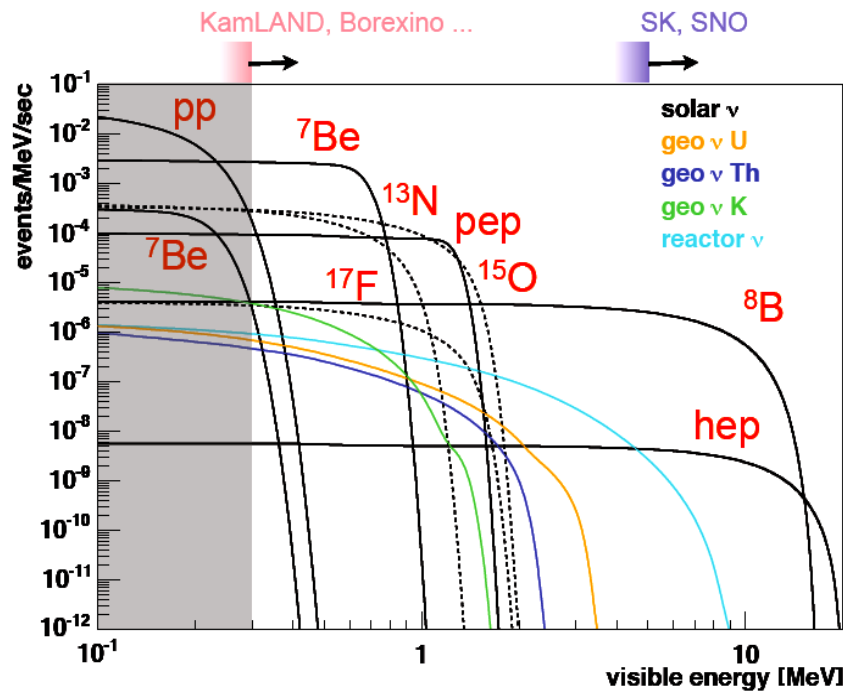
# Neutrina niskoenergetyczne - c.d.

Neutrina słoneczne - powrót do astronomii Słońca

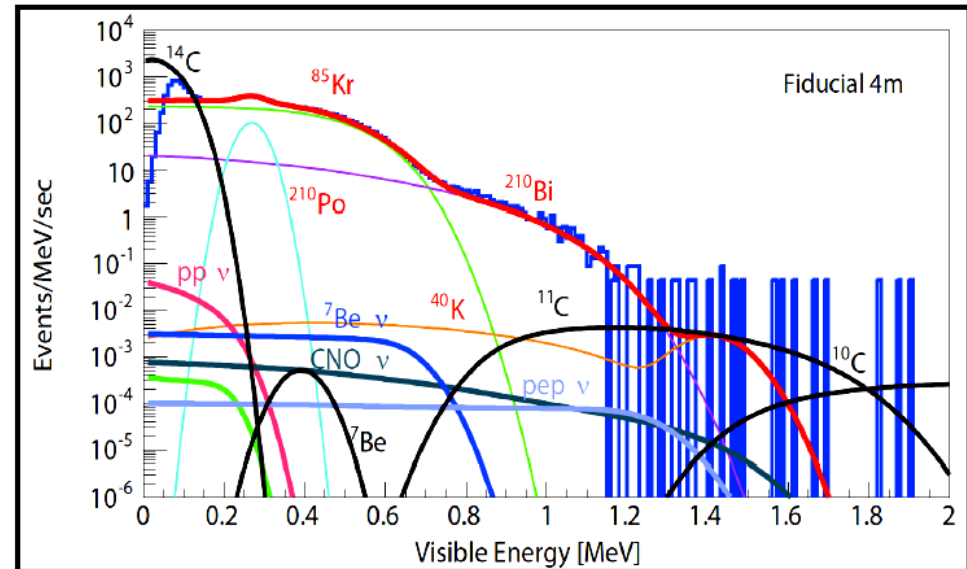
Neutrina atmosferyczne - duży zakres E/L, więc przy wielkich detektorach możliwe będzie wspomaganie pomiarów akceleratorowych

Poszukiwanie Ciemnej Materii z anihilacji WIMP-ów, np. w środku Słońca

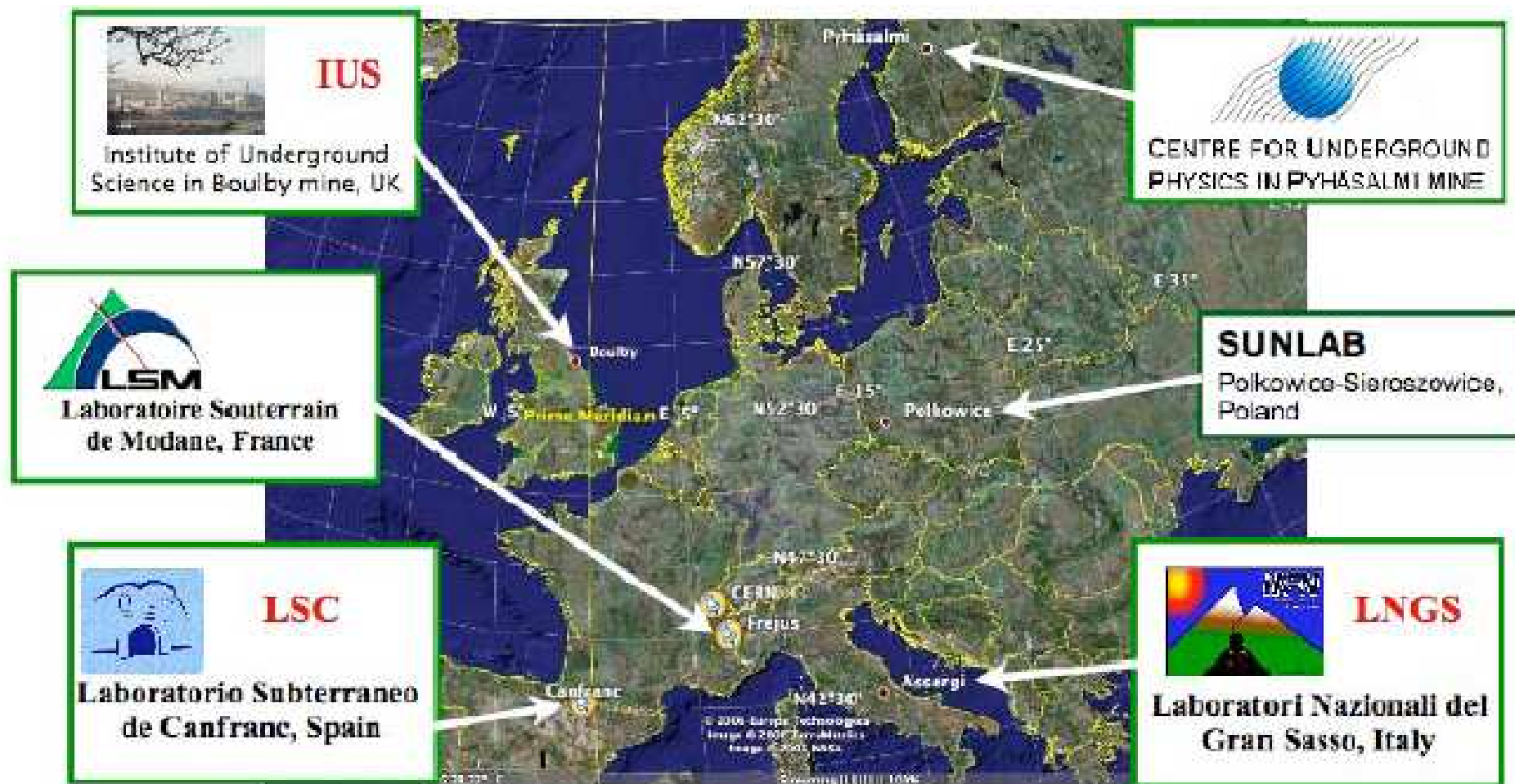
Energy spectrum for the  $\nu_e e$  elastic scattering



2006 - spectrum in KamLAND



# Lokalizacja podziemnego laboratorium



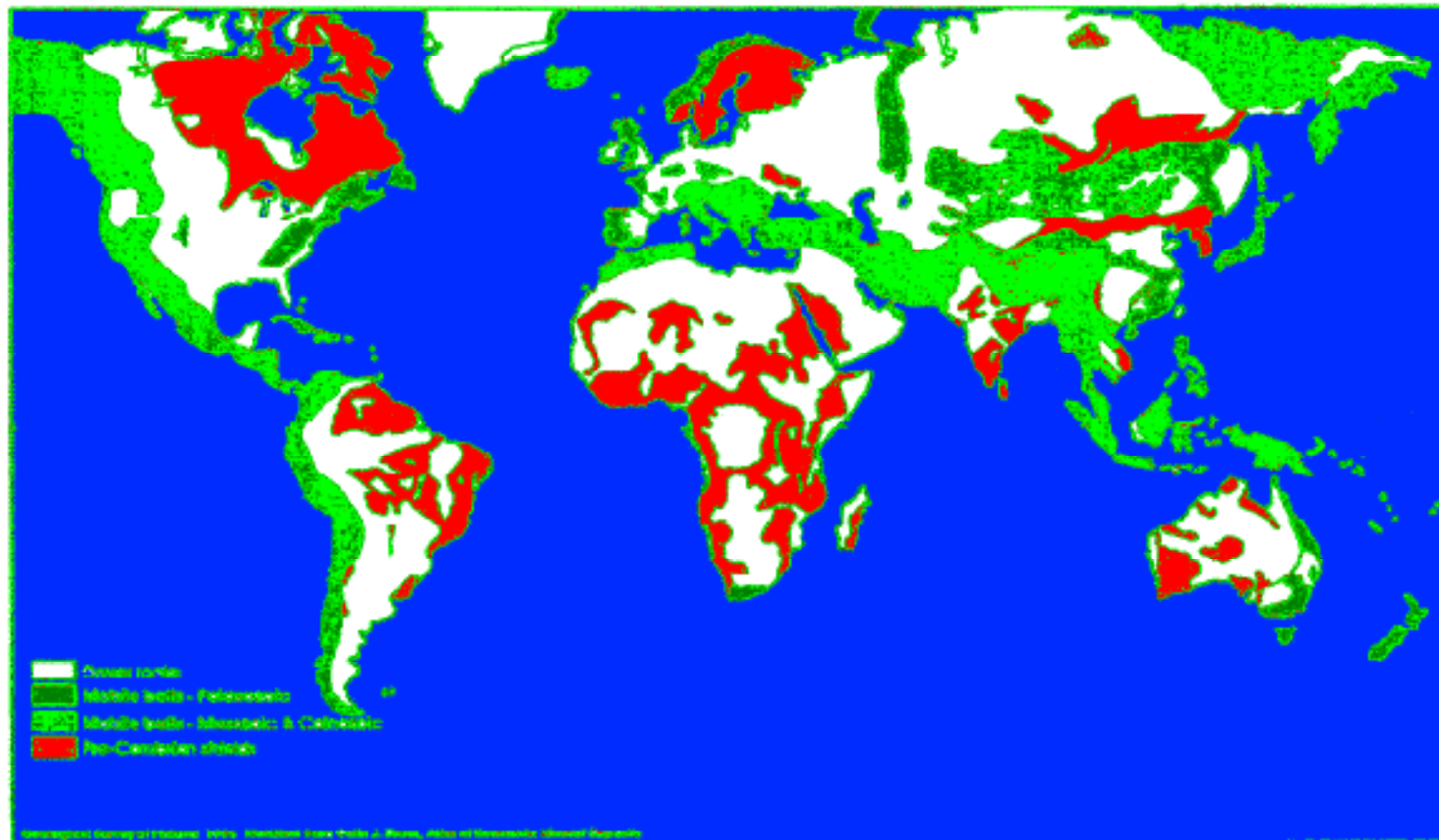
Istniejące i powstające podziemne laboratoria europejskie  
doszła jeszcze lokalizacja w Rumunii

KGHM, 28.07.2008

# Co wiadomo o z geologii Ziemi?

## Bedrock zones in the Earth

- Red: very old bedrock, hard crystalline rock: usually very good
- Green: mobile belts (mountains etc), hard rock: fair/variable
- White: sedimentary covers (soft rock): often bad
- Local variations within each zone



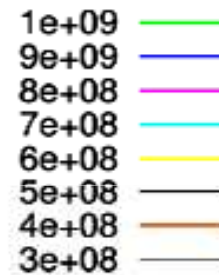
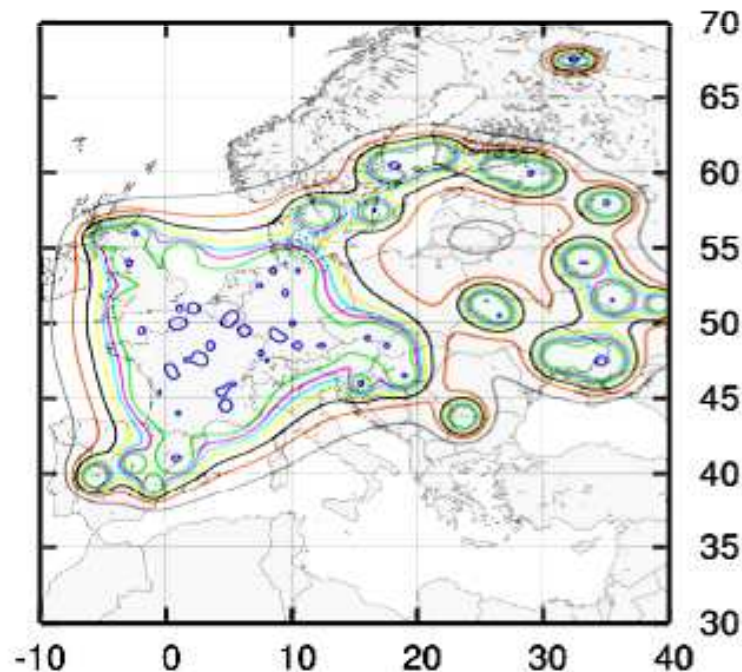
# Tło od neutron reaktorowych

## Nuclear reactor background

- Relevant mostly for LENA
- Reactor fluxes estimated globally
- Marine reactors irrelevant?

Reactor electron anti-neutrino flux density

Prediction for 2015

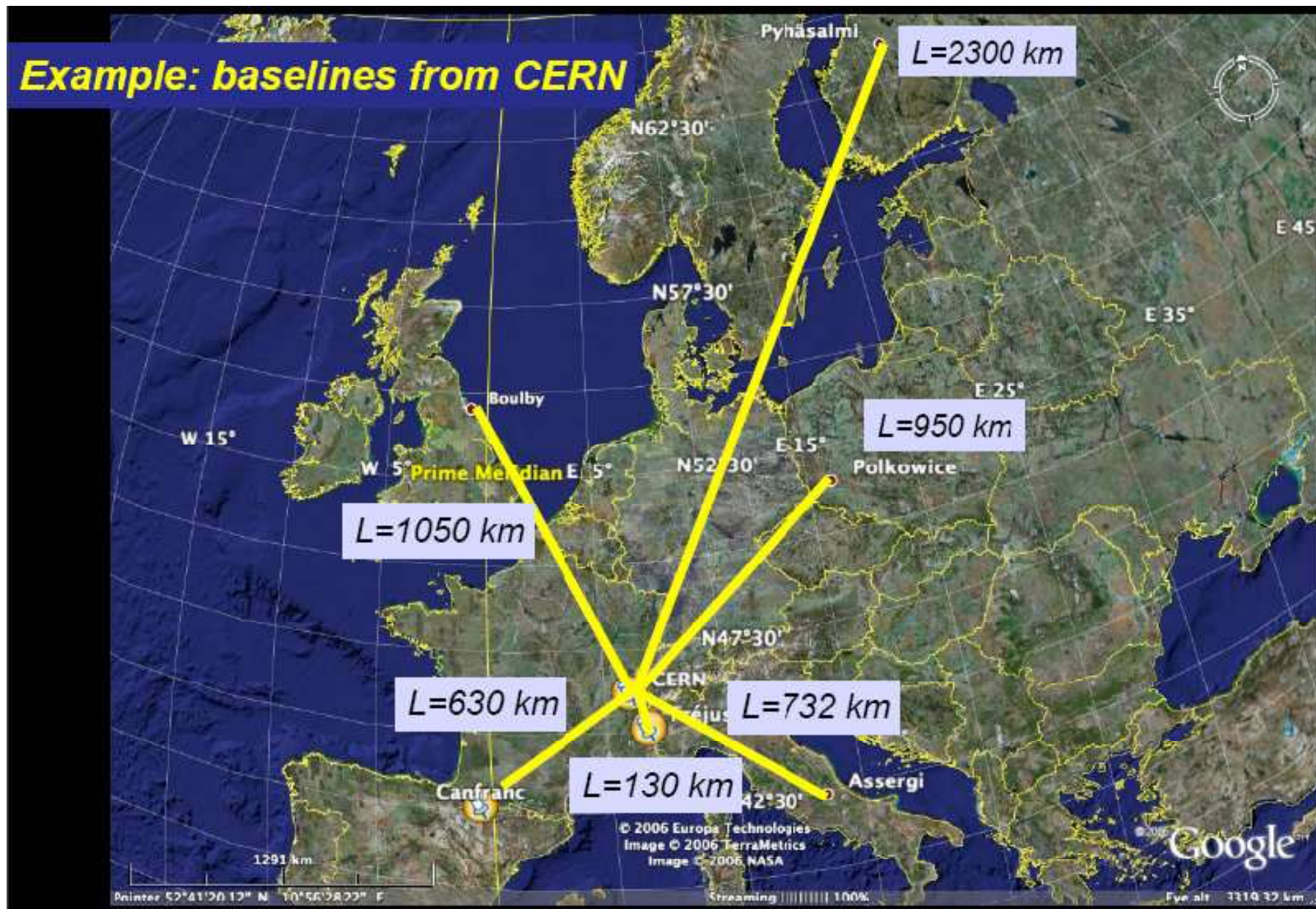


Location	$\nu$ ( $10^9$ 1/m <sup>2</sup> s)
Pyhäsalmi	40
Gran Sasso	54
Frejus	175
Canfranc	196
Boulby	190
Kamioka	408
Sudbury	100
Soudan	33
Pylos	12

2005

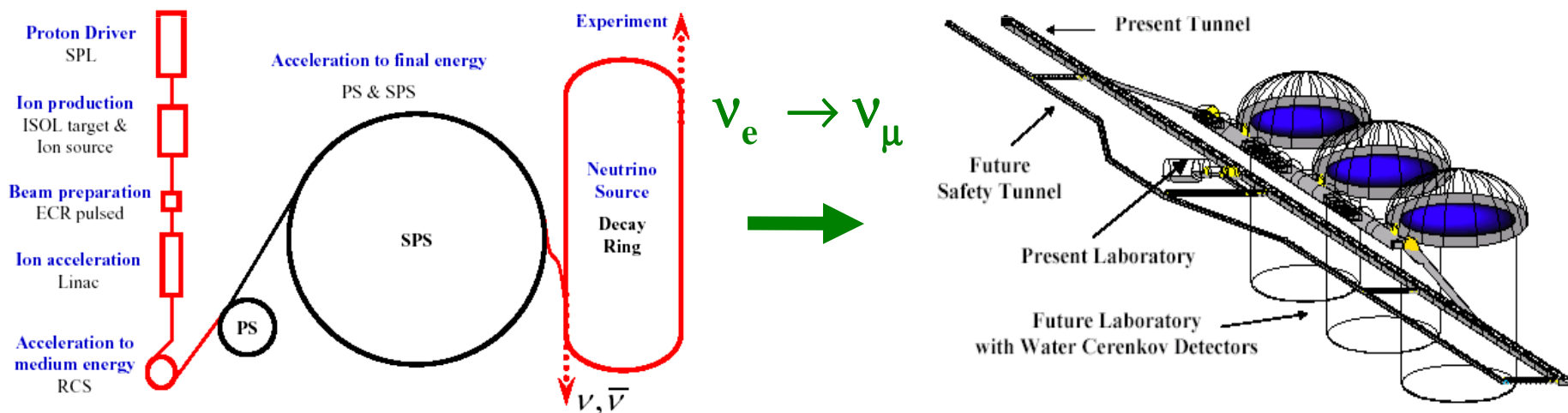


# Odległość od CERN-u (akceleratorzy)



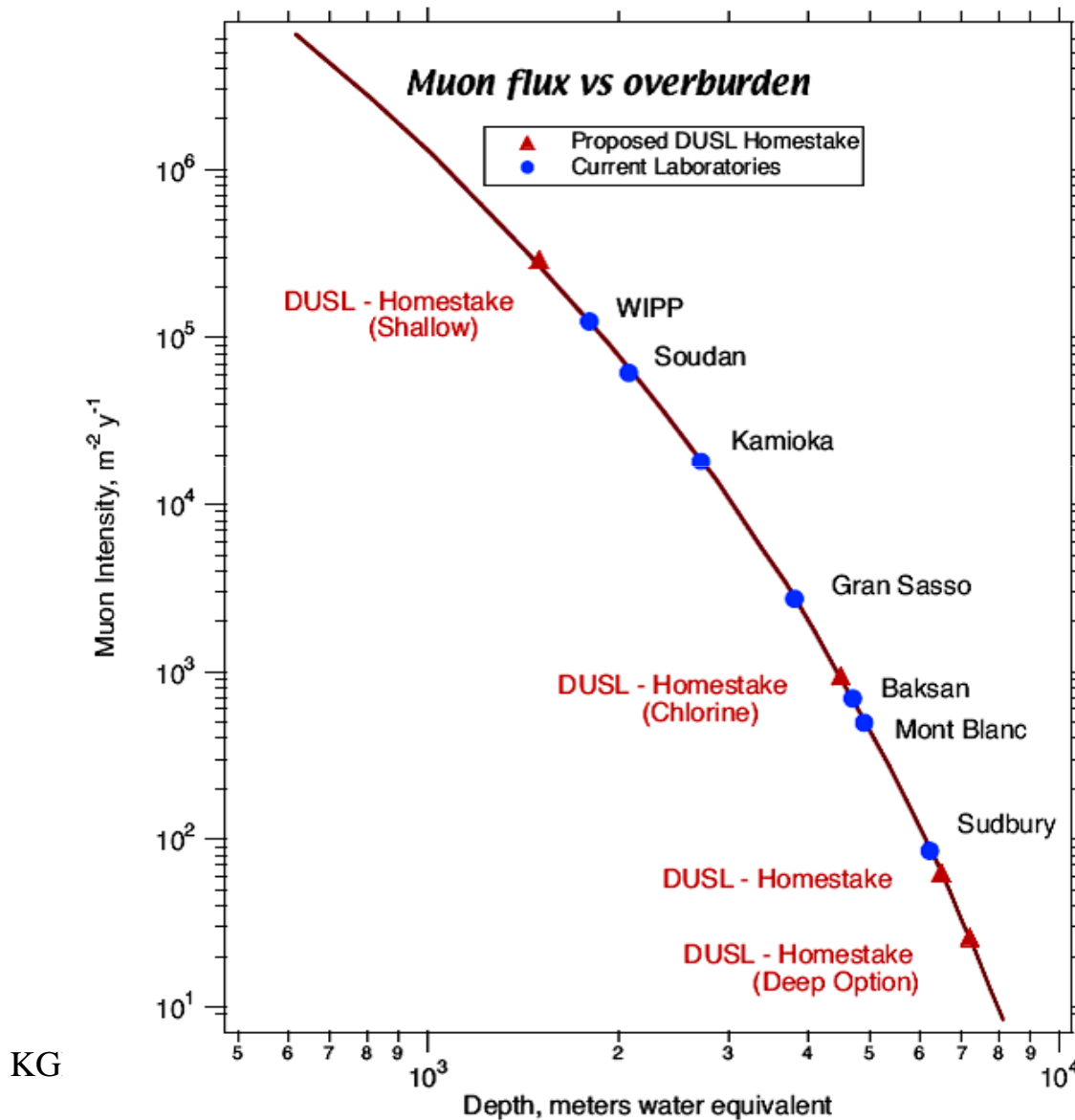
# Neutrino z wiązki $\beta$ – MEMPHYS

- Przyspieszanie jąder  ${}^6\text{He}$  (źródło antyneutrin) i  ${}^{18}\text{Ne}$  (źródło neutrin), R&D w ramach programu EURISOL DS. (FP6)
- Synergia z programem rozbudowy CERN-owskich akceleratorów, potrzebny ogromny detektor o niskiej gęstości i krótka baza pomiarowa  $\rightarrow$  MEMPHYS, wady: małe, źle zmierzone i źle rozumiane przekroje czynne, badania oscylacji bez czułości na znak  $\Delta m^2_{23}$





# Natężenie mionów kosmicznych w funkcji głębokości pod ziemią



KG

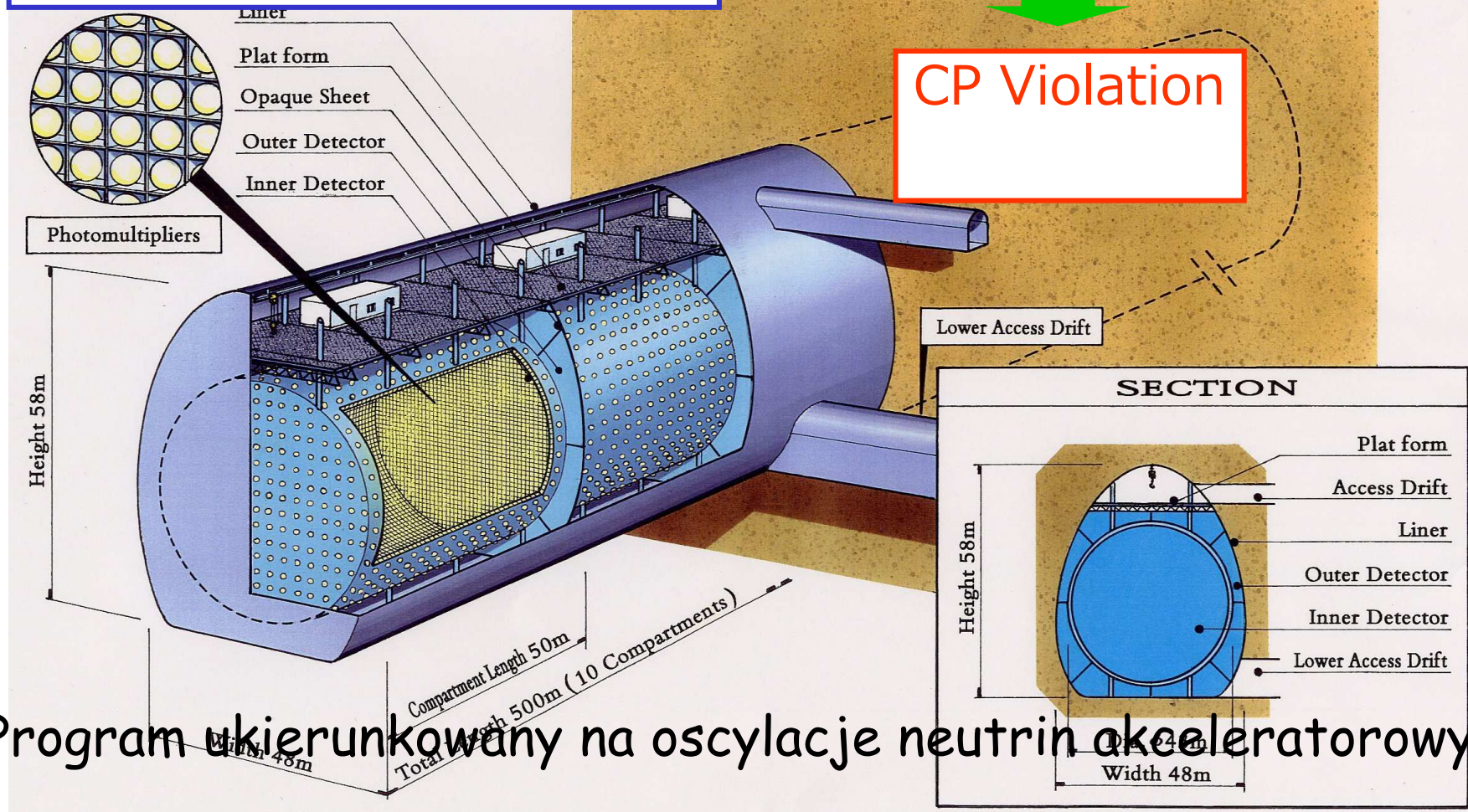
# Co się dzieje poza Europą? Japonia - faza2 T2K

Akcelerator: 0.77 MW  $\rightarrow$  4 MW

Detektor HiperKamiokande  
(1Mtona wody)

$10^6$  przypadków  
(razem  $\nu_\mu$  i anti- $\nu_\mu$ )

CP Violation



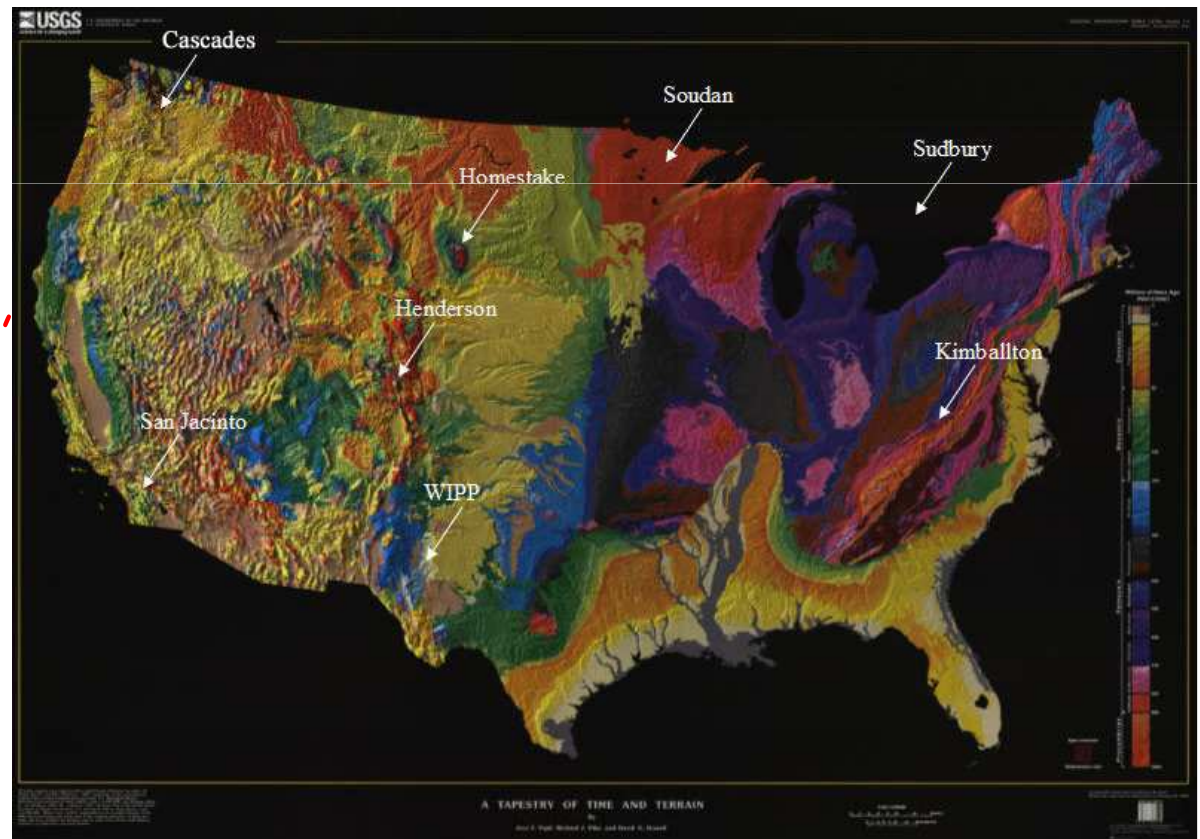
Program ukierunkowany na oscylacje neutrin akceleratorowych

# Co się dzieje poza Europą? USA - DUSEL

DUSEL - Deep Underground Science and Engineering Laboratory

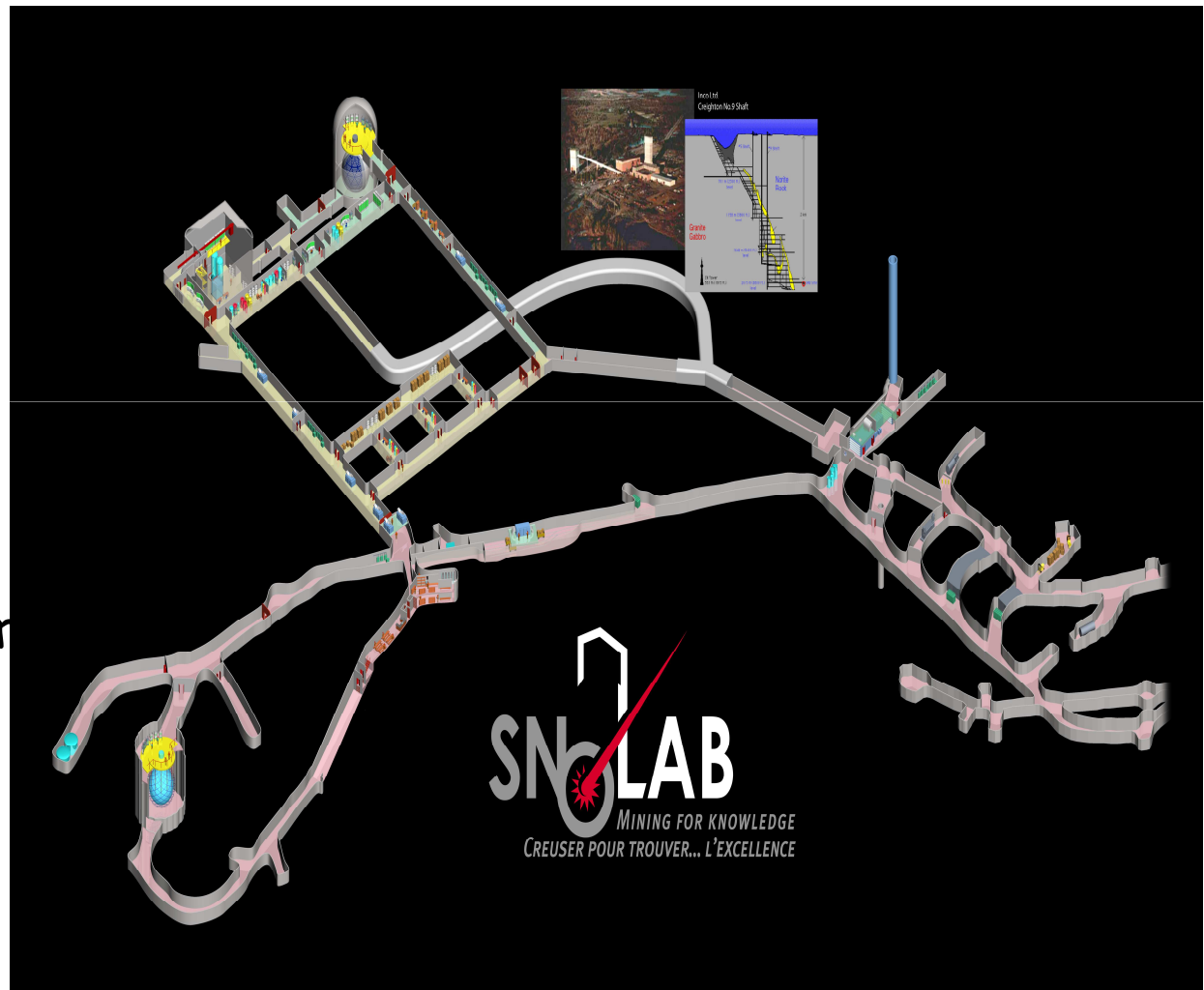
Bardzo bogaty interdyscyplinarny program - od fizyki, poprzez biologię i nauki inżynierskie do kształcenia młodzieży i popularyzacji nauki

Sześć rozważanych lokalizacji, (Homestake, Henderson mine, Soudan, Cascades, San Jacinto, Kimbalton), w lipcu 2007 wskazanie na Homestake



# Co się dzieje poza Europą? Kanada - SNOLAB

- Poważna rozbudowa laboratorium
  - planowany szereg eksperymentów, w tym kriogenicznych
- Detektor SNO napętniony zostanie ciekłym scyntylatorem
  - kontynuacja badań neutrin słonecznych



---

## Wizyta w SNOLAB - 3-4.03.2008

---



W budynku SNOLAB  
- przed zjazdem pod ziemię



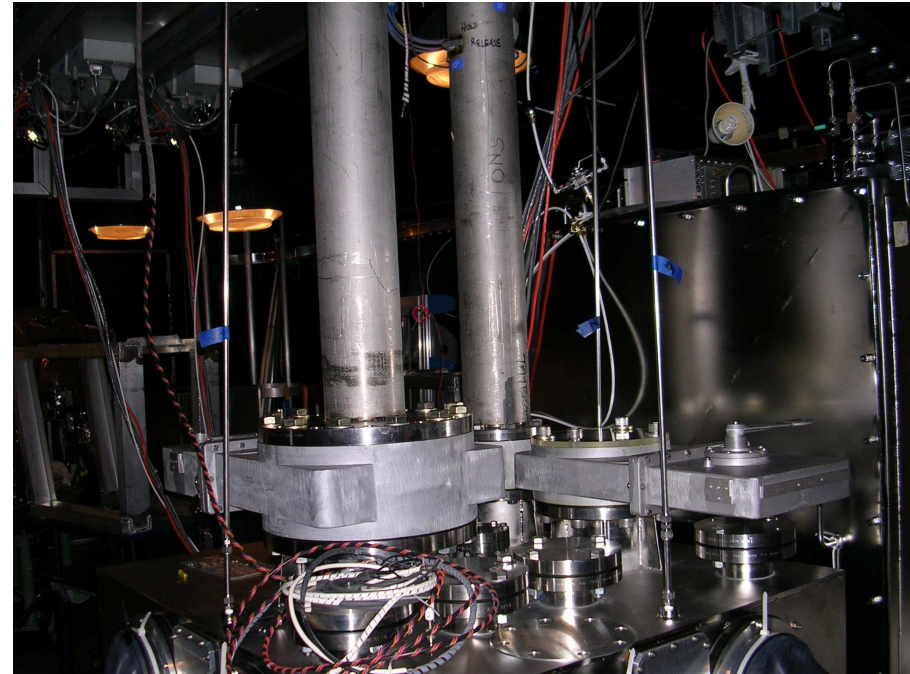
Rozbudowa laboratorium  
- przy komorze dla dużego  
detektora kriogenicznego



---

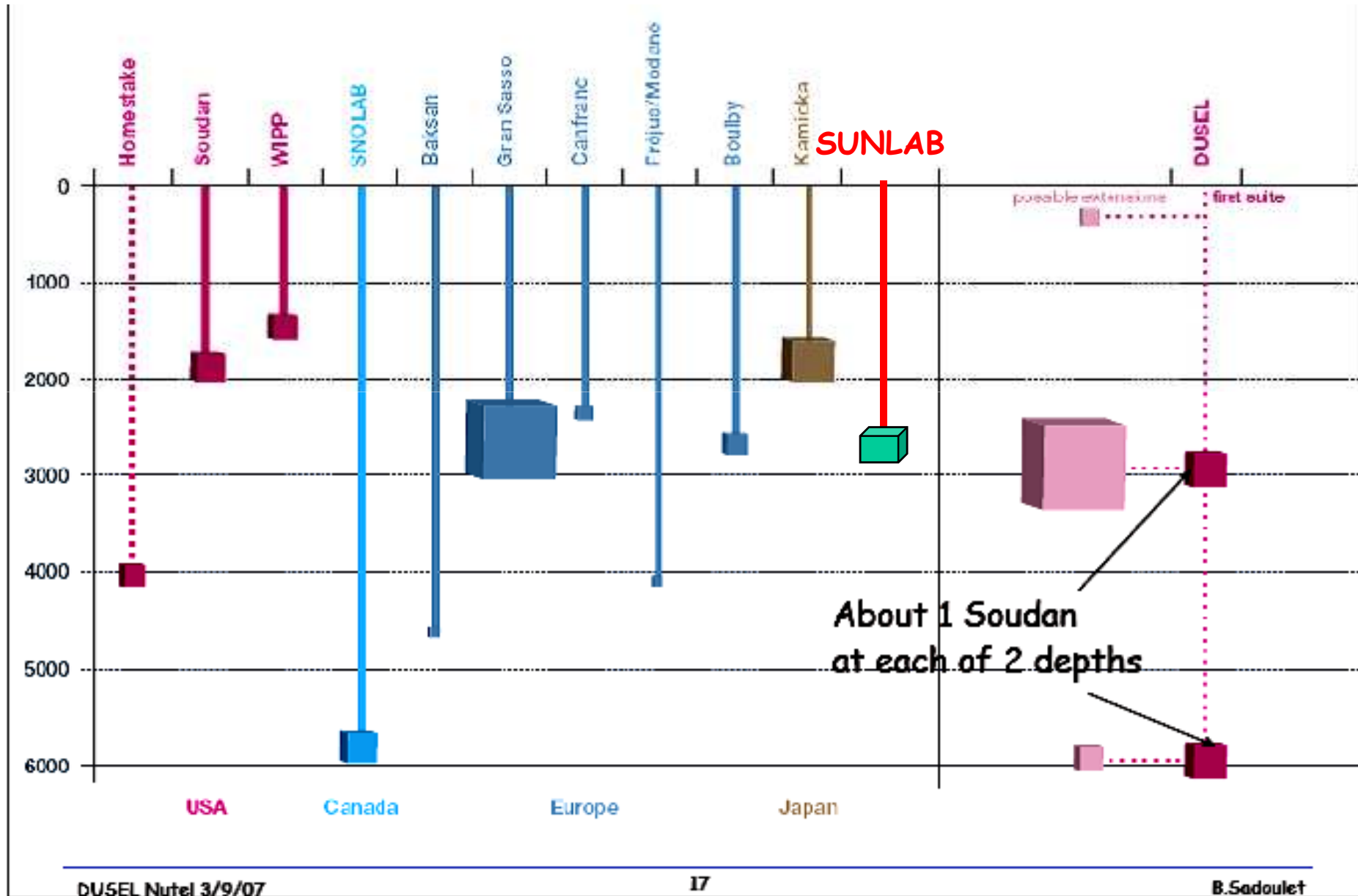
# Wizyta w SNOLAB - 3-4.03.2008

---



Przy instalacji detektora SNO

# SUNLAB - Sieroszowice Underground LABORatory?



## ***Sieroszowice mine (Poland) - big salt cavern***



Copper - 6<sup>th</sup> position  
in the world's exploitation  
ranking

Silver - 2<sup>nd</sup> position  
But also Salt

A. Zalewska

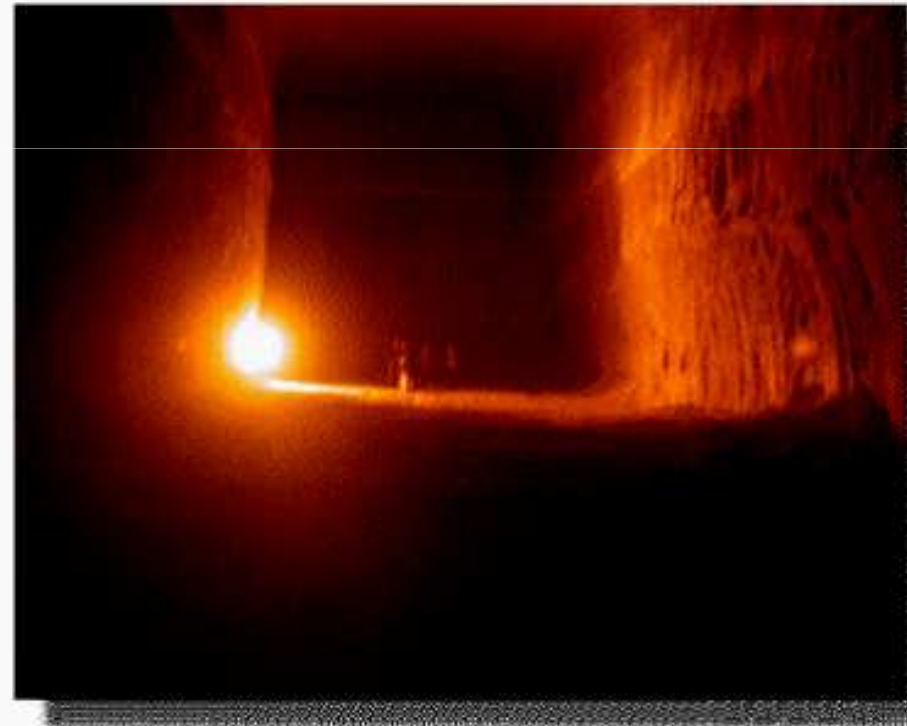
Volume (100x15x20) m<sup>3</sup>

Depth ~950 m from a surface

Salt layer ~70 m thick

Temperature ~35°C

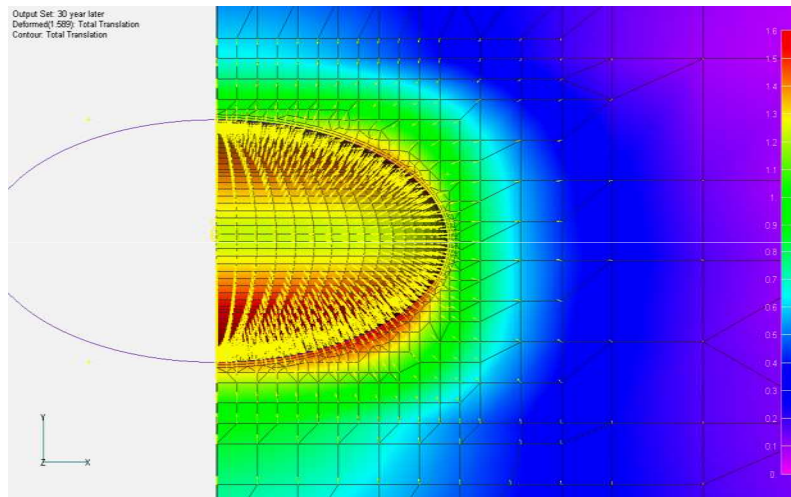
Very good radioactive  
background conditions



# Stabilność komory - podstawowa sprawa

Wstępne symulacje geomechaniczne:

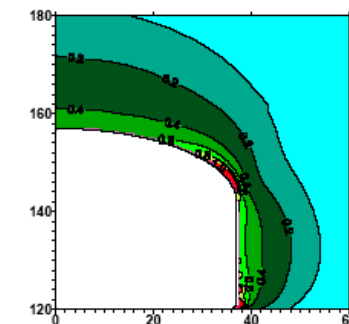
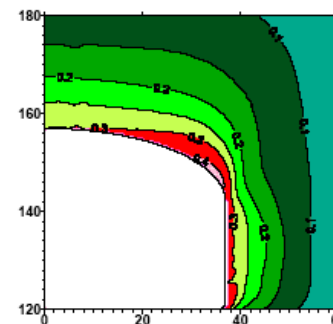
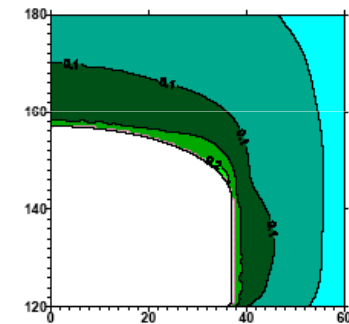
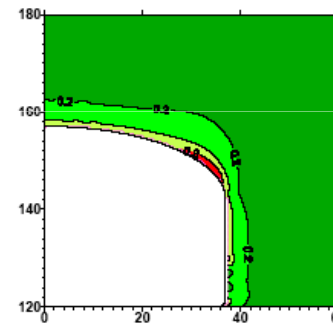
W.Pytel (Wrocław), J.Ślizowski, K.Urbańczyk (Kraków)



Zaciskanie się komory: 1.5 m po 30 latach - by 1.5 m, 0.145 m zaraz po wykonaniu komory

KGHM, 28.07.2008

Effort coefficient distribution (after 30 years)  
Rozkład współczynników wyężenia (po 30 latach)  
model 2/700



# Tło od naturalnej promieniotwórczości

J. Kisiel et al., University of Silesia, Katowice



Integral background counting rates  
50 – 2700 keV  
[ CPS/keV\*kg]

**Sieroszowice 2.30 (0.02)**

**Gran Sasso 57.68 (0.02)**

**Modane 66.06 (0.03)**

**Boulby 23.83 (0.05)**

---

## Co się dzieje w sprawie laboratorium w Sieroszowicach?

---

- Jest na liście laboratoriów LAGUNY → trzeba walczyć o wejście na krótką listę w 2010 roku → wtedy wystąpienie o duże pieniądze europejskie
- Jest w programie ILIAS-Next - moja proszona prezentacja na zebraniu CoMag ILIAS w listopadzie 2007, pozytywna decyzja przed B.N. 2007, wkład do wystąpienia - luty 2008, wystąpienie do EU 29.02.2008 - wiadomo, że małe szanse na finansowanie
- Pomysł wystąpienia o szwajcarsko-polskie pieniądze (w 2008 roku) na testy małego prototypu detektora argonowego w Sieroszowicach (w duchu transferu technologii)
- Pieniądze z polskiej sieci astrofizycznej na stworzenie zaczątku laboratorium - plastikowy „kiosk”, pomiar neutronów

---

## LAGUNA - najbliższy okres

---

- 10 wrzesień - zebranie w Paryżu - przedstawienie planu pracy dla każdej proponowanej lokalizacji w ramach WP2
- Annex do GA zawiera listę indykatywną pytań, na które dobrze byłoby odpowiedzieć w czasie trwania projektu