

# Przyszłość polskiej fizyki neutrin

Agnieszka Zalewska  
Instytut Fizyki Jądrowej PAN  
im. H.Niewodniczańskiego

W imieniu Polskiej Grupy Neutrinowej  
(Katowice, Kraków, Warszawa, Wrocław)  
(D.Kiełczewska, J.Kisiel, E.Rondio, J.Sobczyk, M.Wójcik, A.Zalewska)

Warszawa, 15.11.2005

---

# Polacy w badaniach neutrin

---

**Obecnie:**

D.Kiełczewska + doktoranci w eksperymencie SuperKamiokande i K2K

M.Wójcik + doktoranci w eksperymentach Gallex, GNO i Borexino

Ponad 20-osobowa polska grupa w eksperymencie ICARUS

→ polska grupa neutrinowa

# Fundamentalne pytania fizyki neutrin A.D.2005

## Eksperymenty oscylacyjne:

- Znacznie dokładniejszy pomiar parametrów oscylacji, szczególnie kąta mieszania  $\theta_{13}$  - pytanie o ewentualną nową symetrię Przyrody
- Pytanie o istnienie dodatkowych, „sterylnych” neutrin
- Zachowanie czy łamanie symetrii CP dla neutrin

## Eksperymenty nieoscylacyjne:

- Bezwzględna wartość masy neutrin (rozpad  $\beta$  trytu, pomiary kosmologiczne, podwójny bezneutrinowy rozpad  $\beta$ )
- Cząstka Diraca czy Majorany (podwójny bezneutrinowy rozpad  $\beta$ )

## Bardzo silny związek z astrofizyką:

- Badania Słońca i wybuchów Supernowych
- Poszukiwania cząstek ciemnej materii
- Poszukiwania punktowych źródeł emisji wysokoenergetycznych neutrin we Wszechświecie

## Pytanie o stabilność protonu

# Oscylacje neutrin

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = U \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

5 parametrów oscylacyjnych: dwie niezależne różnice kwadratów mas, trzy kąty mieszania, faza odpowiedzialna za zachowanie/łamanie symetrii CP

neutrino atmosferyczne

faza łamiąca CP

neutrino słoneczne

$$U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13}e^{i\delta} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13}e^{-i\delta} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

wiąże sektor atmosferyczny i słoneczny

Kąt  $\theta_{23} = 45^\circ$  (maksymalny),  $\theta_{12} = 33^\circ$  (duży),  $\theta_{13} < 10^\circ$  (mały), inaczej niż dla kwarków → **nowa symetria Przyrody?**

Łamanie symetrii CP dla kwarków nie wystarcza dla wyjaśnienia asymetrii między materią i antymaterią → **jaka jest w tym rola neutrin?**

---

# Przyszły program badań oscylacji

---

Pierwsza generacja eksperymentów (rozpoczęte lub bliskie realizacji)

- lata 2005-2010:

- Eksperyment MINOS na wiązce NuMi
- • Eksperymenty OPERA (i ICARUS) na wiązce CNGS
- Eksperymenty Borexino (słoneczny) i Double-CHOOZ (reaktorowy)

Druga generacja eksperymentów (w trakcie zatwierdzania i finalnych dyskusji) - lata 2010-2015:

- • Eksperyment T2K w Japonii na super-wiązce z Tokai do Kamioki
- Eksperyment NO $\nu$ A na wiązce (potem super-wiązce) NuMi
- Eksperymenty reaktorowe nowej generacji

Trzecia generacja eksperymentów (w realizacji tylko programy R&D)

- po 2015:

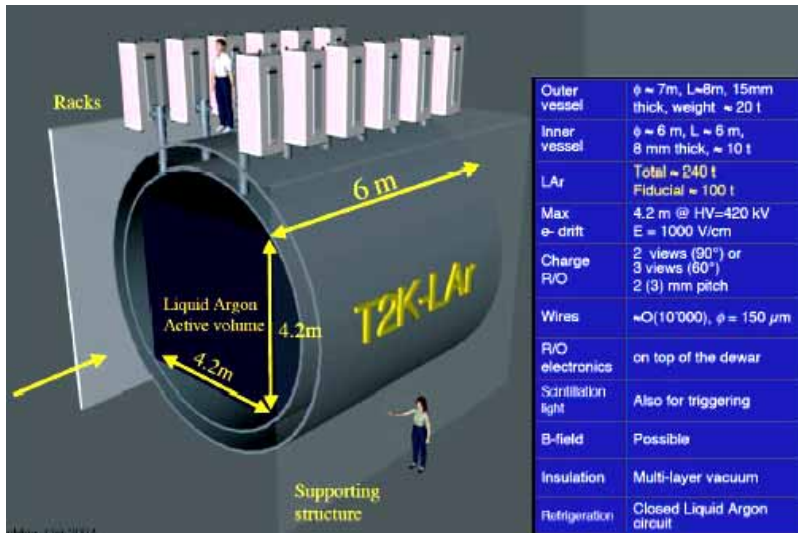
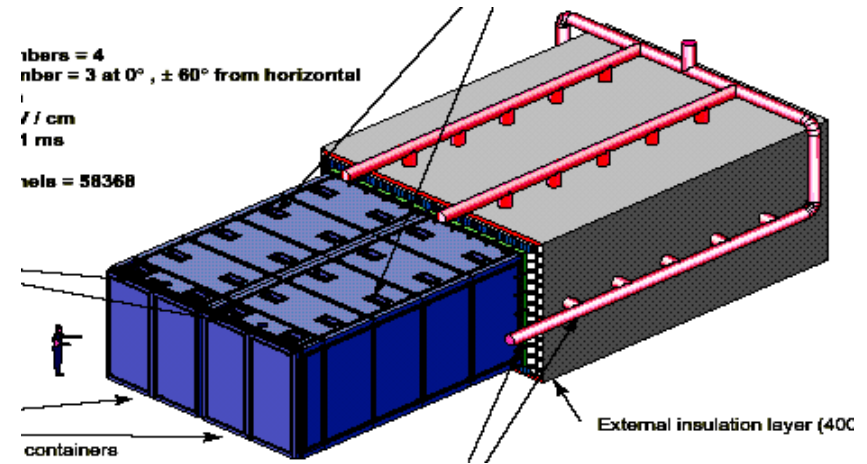
- • Eksperymenty na wiązках z fabryki neutrin lub wiązках  $\beta$
- • Gigantyczne detektory, bardzo długie bazy pomiarowe

# Co stanowi łącznik polskich zainteresowań?

Technika detektorowa - wielkie komory TPC wypełnione ciekłym argonem:

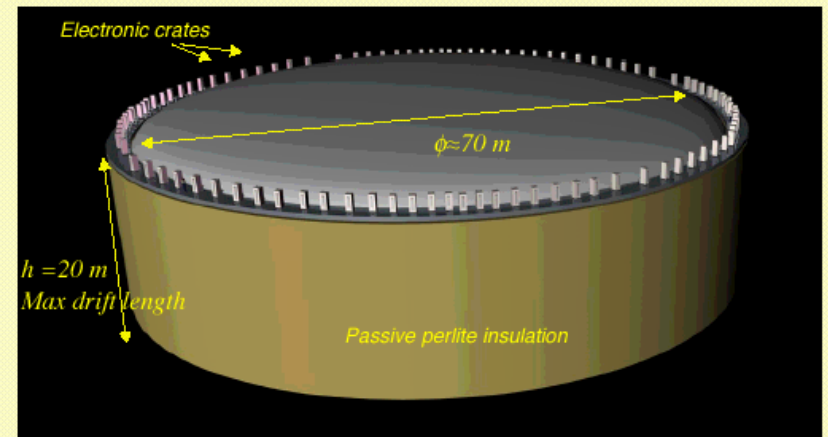
Detektor ICARUS w Gran Sasso (600 ton, w fazie instalacji, R&D dla detektora ~5-10 kton))

Pośredni detektor T2K w JPARC (list intencyjny)



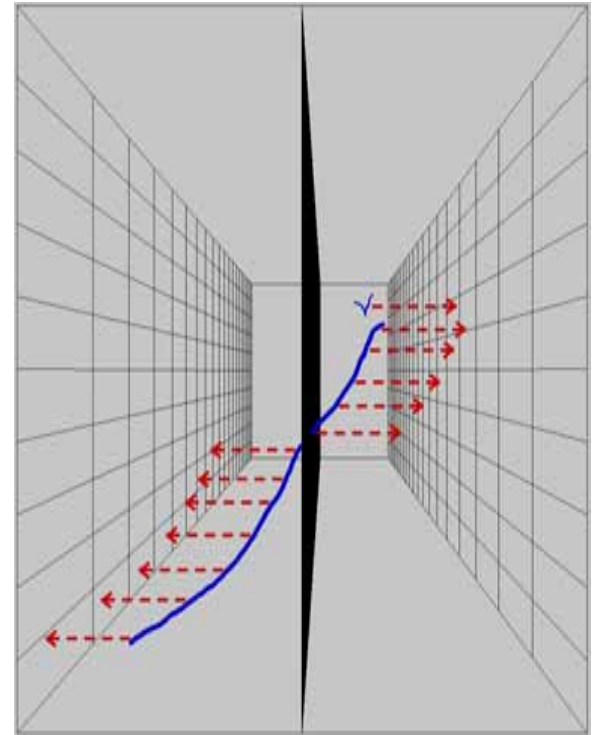
Rok 2020? (obecnie R&D)

A 100 kton liquid Argon TPC detector



# „Elektroniczna komora pęcherzykowa”

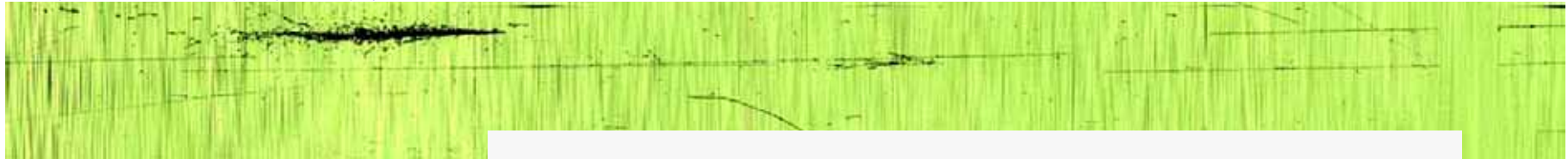
- Wykorzystywane zjawisko jonizacji w ciekłym argonie wzdłuż torów cząstek naładowanych, trójwymiarowy obraz przypadku oddziaływania w oparciu o pomiar sygnałów na drutach (dwie współrzędne) i o pomiar czasu dryfu (trzecia współrzędna).
- Uniwersalny detektor dla fizyki neutrin, pozwalający na równoczesne rejestrowanie oddziaływań neutrin słonecznych, atmosferycznych i neutrin z wiązki, jak i dla poszukiwań rozpadu protonu (ale musi być duży!)



# T600-dane z testów pierwszej komory TPC

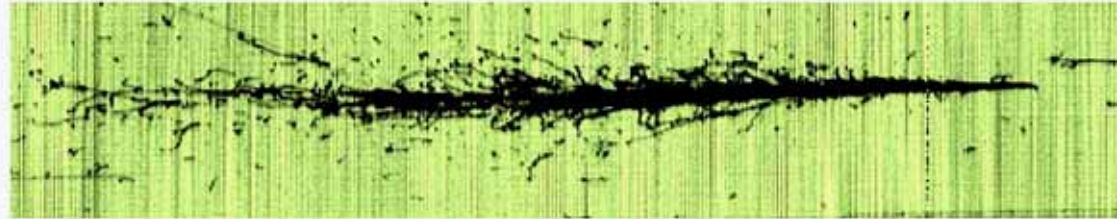
Nowatorska technika eksperymentalna: całkowicie elektroniczny detektor, dający trójwymiarowy obraz przypadku oddziaływania o jakości porównywalnej z obrazami z komór pęcherzykowych oraz bardzo dobry pomiar energii w oparciu o  $dE/dx$  na drutach.

Przykładowy przypadek:

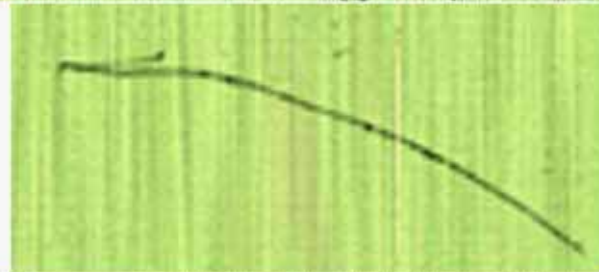


Długi tor mionu (14m)  
oraz

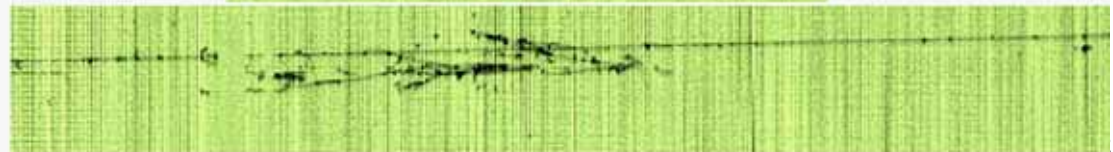
kaskada fotonowa



rozpad mionu



widoczne elektrony  
delta wzdłuż toru mionu





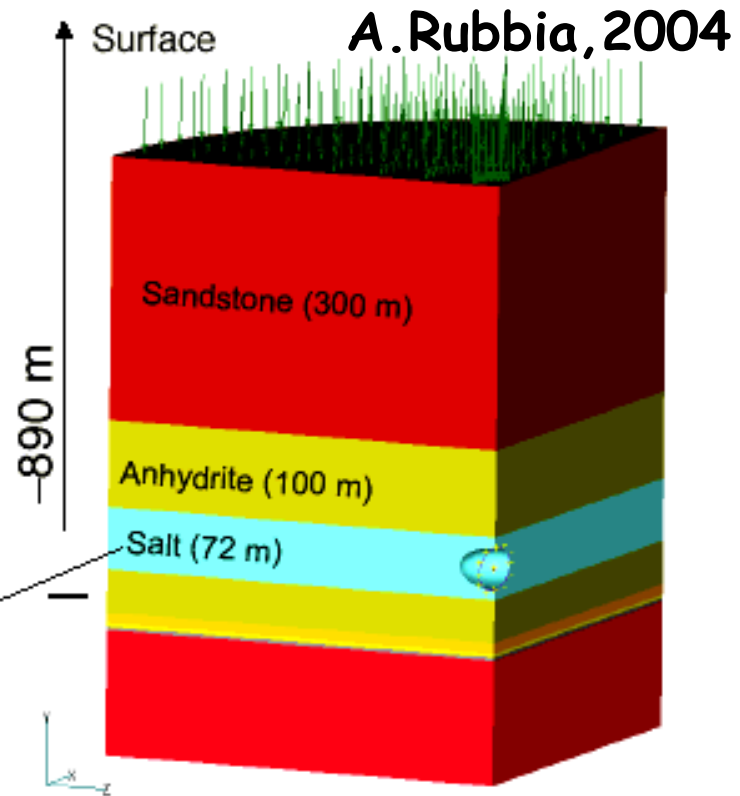
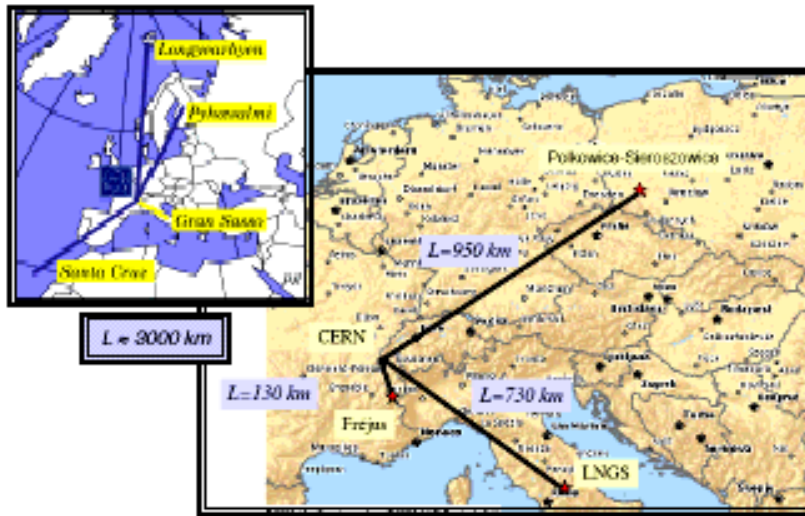
# Polskie laboratorium „drutowe”



Wynik wspólnej pracy zespołów z Katowic, Krakowa, Warszawy i Wrocławia w ramach eksperymentu ICARUS

# Lokalizacja wielkiego detektora - może w Polsce?

## Possible European CERN-LBL sites



**Example:** Salt mine in Europe: Copper mines (owned by KGHM, one of the largest producers of copper and silver in the world). Salt layer at 1000 underground (dry) Very large caverns already exist (from mine exploitation).

Wstępna analiza geomechaniczna  
W. Pytel-Cuprum/Pol. Wrocławska

Niezależna analiza:  
J. Ślizowski, K. Urbańczyk-Kraków

# Naturalne tło promieniotwórcze

- Pomiary naturalnego tła promieniotwórczego: zapoczątkowane przez J.Kisiela i J.Dorę z U.Śl, dokładna analiza próbek w IFJ (J.W.Mietelski, E.Tomankiewicz, S.Grabowska)

**Tabela 1. Wyniki stężenia substancji radioaktywnych w badanych próbkach soli z kopalni Sieroszowice.**

Radionuklid	1	2	3	4
	[Bq/kg]			
$^{238}\text{U}$	$0.40\pm 0.06$	$0.34\pm 0.05$	$0.10\pm 0.02$	$0.14\pm 0.02$
$^{234}\text{U}$	$0.38\pm 0.06$	$0.33\pm 0.05$	$0.14\pm 0.02$	$0.14\pm 0.02$
$^{230}\text{Th}$	$0.29\pm 0.05$	$0.34\pm 0.06$	$0.10\pm 0.03$	$0.19\pm 0.03$
<i>Średnio sz. U</i>	<i>0.357</i>	<i>0.337</i>	<i>0.113</i>	<i>0.157</i>
$^{232}\text{Th}$	$0.09\pm 0.03$	$0.08\pm 0.02$	$0.03\pm 0.02$	$0.11\pm 0.02$
$^{235}\text{U}$	$0.015\pm 0.006$	$0.015\pm 0.007$	$<0.005$	$0.008\pm 0.004$
$^{40}\text{K}$	nd	nd	nd	$2.1\pm 0.3$

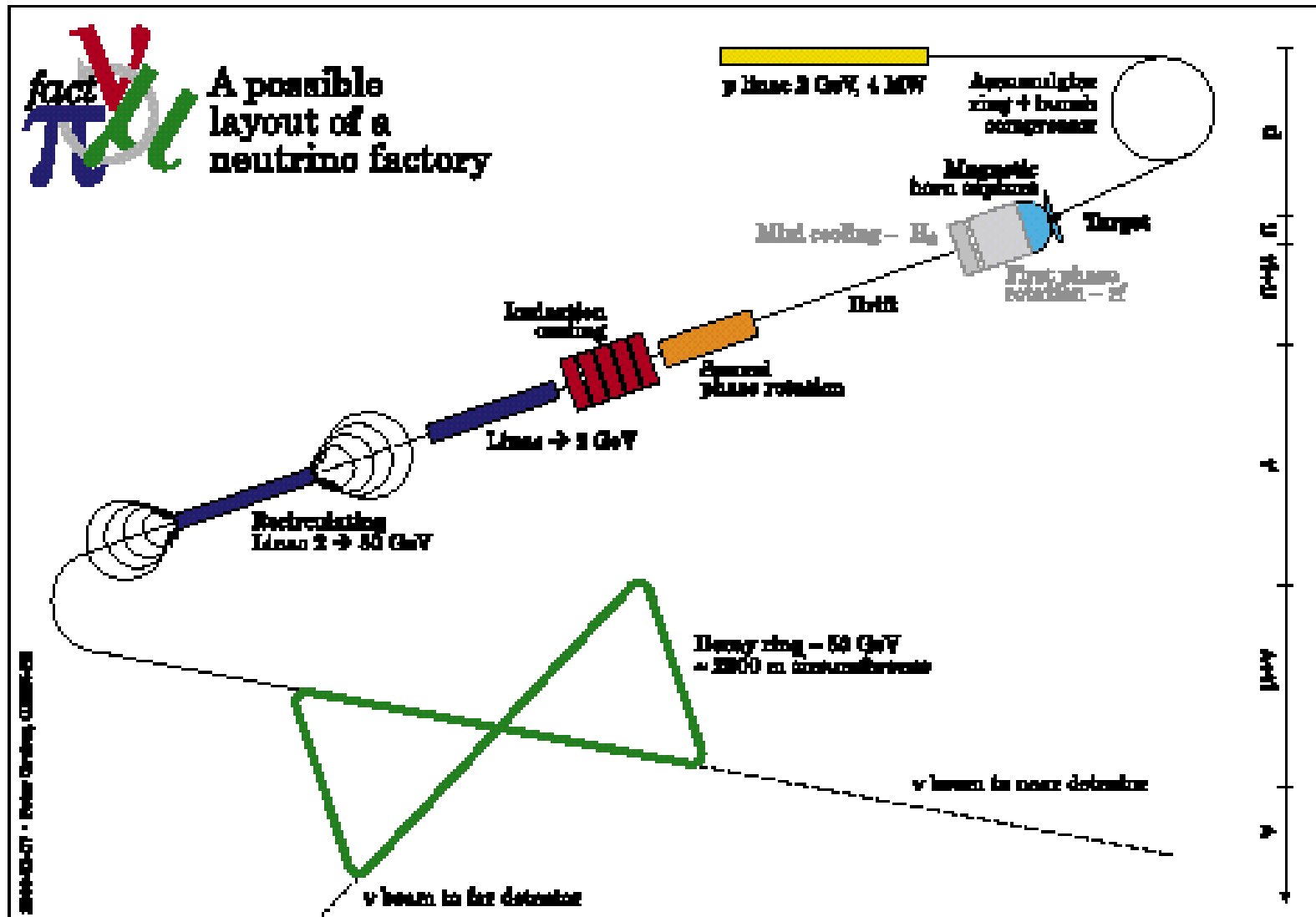
→ Pomiary są kontynuowane, ale już widać, że tło jest bardzo niskie

# Wielki Czwartek 2005 w Sieroszowicach



Komora solna na głębokości 950 m  
od powierzchni ziemi, kubatura  
(15x15x100) m<sup>3</sup>

# CERN-owska koncepcja fabryki neutrin



# CERN-owska koncepcja wiązek $\beta$

