

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

---

SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZU DAT PROJEKTU CZELTA

Petr Kouba

Pardubice 2011

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

---

Obor SOČ: 18. Informatika

*SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ A ANALÝZU DAT PROJEKTU CZELTA*  
*SOFTWARE FOR PROJECT CZELTA DATA PROCESSING AND ANALYSING*

**Autor:** Petr Kouba

**Škola:** Gymnázium Pardubice,  
Dašická 1083

**Konzultant:** RNDr. Vladimír Vícha

Pardubice 2011

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V ..... dne .....

Podpis: .....

## Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kdo mi s prací na projektu pomáhají. Především panu RNDr. Vladimíru Víchovi, který tomuto projektu věnuje mnoho času a úsilí a bez jehož nápadů a připomínek by toto nebylo možné.

## Anotace

Tato práce popisuje můj přínos k projektu CZELTA. Cílem práce je tvorba programu pro zpracování a analýzu dat získaných pozorováním kosmického záření. Program má přívětivé uživatelské rozhraní a mimo analýzu dat CZELTA umožňuje i porovnávání těchto dat s gama záblesky a meteodaty.

Program umožňuje běžnou analýzu fungování stanice (histogramy TDC, ADC, souřadnicové) a další pokročilejší funkce jako analýzu chybovosti stanice a vlivu počasí. Hlavním pokročilým modulem je hledání koincidencí. Koincidence s GRB můžeme brát jako krátkodobou nebo dlouhodobou. Obsaženy jsou i součásti umožňující korekce pomocí metody Monte Carlo (náhodné analýzy).

Práce obsahuje i shrnutí zajímavých výsledků, kterých bylo za pomoci programu pro analýzu dat dosaženo. Tyto zahrnují koincidence s GRB, koincidence 2 stanic v Opavě, analýzu chybovosti stanic a závislost toku spršek na atmosférickém tlaku.

V závěru je naznačen směr vývoje programu, nové funkce, které budou implementovány, a jak lze v projektu CZELTA pokračovat.

**Klíčová slova:** CZELTA; analýza; GRB; koincidence; kosmické záření

## Anotation

This paper summarises my contribution to the CZELTA project. The aim of the project was to create a software program for processing and analysing data recorded by detection stations of project CZELTA. The program has a user-friendly interface and it allows user to perform data analysis. Moreover the program is able to match CZELTA data together with gamma-ray observation data or meteodata.

The program is able to analyze basic functioning of CZELTA detection station (histogram of TDC, ADC, coordinates) and to perform some advanced functions such as detection error analysis or weather impact on detection. The main advanced module is focused on search for coincidence. Coincidence with gamma-rays can be taken from 2 perspectives: long-time and short-time. Monte Carlo methods for random analysis or expected background generation are also included.

This paper also includes a summary of interesting results obtained by working with the created software. These include the Opava experiment (coincidence of 2 stations, stations positioned on top of each other), coincidence with gamma-rays, analysis of detection errors and event flux dependence on atmospheric pressure.

At the end, a way forward in software development is proposed along with planned functions of the program. A proposal of future development of project CZELTA is also mentioned.

**Key words:** CZELTA; analysis; GRB; coincidence; cosmic rays

## Obsah

Prohlášení .....	3
Poděkování.....	4
Anotace .....	5
Anotation .....	6
Obsah.....	7
Základní pojmy.....	9
1) Tabulka zkratk a pojmů.....	9
2) CZELTA.....	9
a) Projekt CZELTA.....	9
b) Kosmické záření.....	1
c) Detekční stanice projektu CZELTA .....	10
d) Primární částice.....	11
3) Záblesky gama – GRBs .....	11
a) Záblesk gama – GRB .....	11
i) Nejjasnější záblesk – GRB 080319B .....	11
ii) Nejdelší záblesk – GRB 060218 .....	12
b) Družice detekující GRB.....	12
i) SWIFT .....	12
ii) FERMI.....	13
iii) INTEGRAL .....	13
c) Zdroje dat o GRB .....	14
i) grb.sonoma.edu .....	14
ii) grblog.org .....	15
Software pro zpracování a analýzu dat projektu CZELTA.....	17
1) Motivace.....	17
2) Cíle.....	17
3) Použitý software .....	17
a) Vývojové prostředí a programovací jazyk.....	17
i) Visual Studio 2010 .....	17
ii) Visual Basic .NET .....	18
b) Další použité programy.....	18
i) ROOT.....	18
ii) GNU Plot .....	19
4) Program pro zpracování a analýzu dat.....	19
a) GUI – Hlavní obrazovka.....	20
b) Kód - Hlavní definované třídy .....	21
i) SPRSKA.....	21
ii) GRB.....	21

iii)	METEODATA .....	21
c)	Funkce programu .....	21
i)	AUTOMATICKÝ UPDATE A KONTROLA VERZE .....	21
ii)	NAČÍTÁNÍ DAT O SPRŠKÁCH .....	23
iii)	FILTRACE DAT .....	24
iv)	KOPÍROVÁNÍ DAT .....	25
v)	TVORBA GRAFŮ .....	25
vi)	KOINCIDENCE 2 STANIC .....	26
vii)	HLEDÁNÍ CLUSTRŮ .....	26
viii)	ANALÝZA CHYBOVOSTI STANICE .....	27
ix)	ANALÝZA METEODAT .....	28
x)	ZÍSKÁVÁNÍ METEODAT .....	29
xi)	ZÁKRYT MĚSÍCEM A SLUNCEM .....	30
xii)	VIDITELNOST GRB .....	30
xiii)	GENEROVÁNÍ NÁHODNÝCH GRB .....	31
xiv)	KRÁTKODOBÁ KOINCIDENCE S GRB .....	32
	Autorun interface .....	33
xv)	DLOUHODOBÁ KOINCIDENCE S GRB – METODA I .....	34
	Autorun interfacce .....	35
xvi)	DLOUHODOBÁ KOINCIDENCE S GRB – METODA II .....	37
	Autorun interfacce .....	38
xvii)	ZOBRAZENÍ ZAMĚŘENÍ STANICE .....	39
xviii)	VIZUALIZACE PŘÍCHODU SPRŠEK .....	40
xix)	NÁPOVĚDA .....	42
xx)	O APLIKACI .....	43
5)	Výsledky výzkumu koincidence s GRB .....	44
a)	Výsledky krátkodobé koincidence .....	44
b)	Výsledky dlouhodobé koincidence .....	45
i)	METODA I .....	45
(1)	CELKOVÉ VÝSLEDKY .....	45
ii)	METODA II .....	45
(1)	CELKOVÉ VÝSLEDKY .....	46
6)	Další zajímavé výsledky .....	46
a)	Koincidence 2 stanic v Opavě .....	46
b)	Chybovost stanic .....	47
c)	Závislost toku spršek na teplotě .....	47
d)	Přibližná chyba stanice v určení směru spršky .....	48
7)	Závěr .....	48
	Seznam zdrojů .....	49
	Seznam obrázků .....	50
	Seznam příloh .....	52



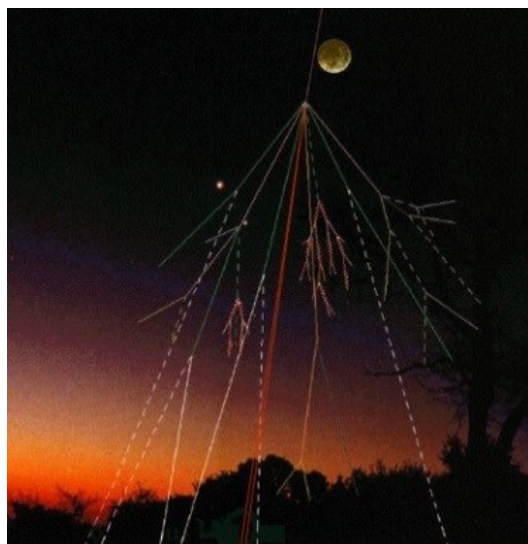
## Základní pojmy

### 1) Tabulka zkratek a pojmů

<i>Zkratka</i>	<i>Celými slovy</i>	<i>Význam</i>
CZELTA	CZEch Large Time Coincidence Array	celý název projektu CZELTA
GRB	Gamma Ray Burst	označení záblesku gama
VB.NET	Visual Basic .NET	programovací jazyk
ROOT	-	framework pro zpracování dat, vývoj zajišťuje CERN
eV	elektronvolt	jednotka energie
ČVUT	České Vysoké Učení Technické	vysoká škola
UTEF	Ústav Technické a Experimentální Fyziky	vědecký ústav
C#.NET	C sharp .NET	programovací jazyk
instance	-	„hlavní okno“ programu
TDC	Time to Digital Converter	informace o čase
ADC	Analog to Digital Converter	informace o energii
MC	Monte Carlo	typ náhodné analýzy
BAT	Burst Alert Telescope	přístroj pro detekci GRB na družici Swift

## 2) CZELTA

### a) Projekt CZELTA

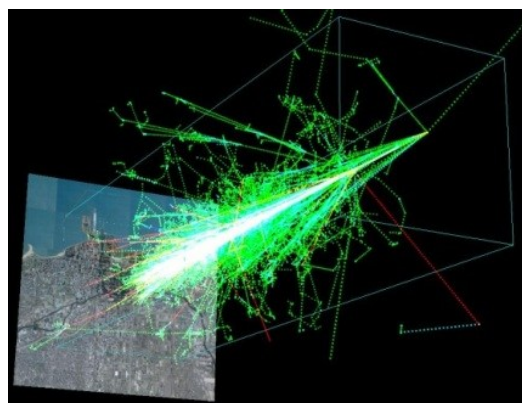


Obrázek 1 – Modelová sekundární sprška

Dosud jediný vědecký projekt zaměřený na detekci sekundárních spršek vysokoenergetického kosmického záření v České republice rozběhl v roce 2004 Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT v Praze (UTEF) v úzkém svazku s kanadskou univerzitou v Albertě. Ta dodala stanici (detektory, elektroniku), jejíž prototyp poprvé zkušebně uvedla roku 1998. Stanice byla nainstalována na střechu pražského ústavu. Kromě vědeckých účelů má projekt CZELTA pedagogický význam. Studenti středních škol mají možnost zapojit se do výzkumu takřka na vrcholu lidského poznání částicové astrofyziky. Zároveň je možné dosažené výsledky prezentovat a srovnávat s dalšími zapojenými školami, a to jak v České republice, tak i v zahraničí.

## b) Kosmické záření

Kosmické záření je proud energetických částic pocházejících z kosmu, pohybujících se vysokou rychlostí a dopadajících do zemské atmosféry. Jedná se především o protony (85 až 90 procent) a jádra hélia (9 až 14 procent). Zbytek tvoří elektrony, jádra jiných atomů, gama fotony a další elementární částice.



Obrázek 2 – Simulace sekundární spršky

V roce 1912 objevil rakouský fyzik Victor Franz Hess záření, jehož intenzita roste s nadmořskou výškou. Usoudil proto, že záření je kosmického původu. V roce 1938 objevil francouzský astronom Pierre Auger spršky atmosférického kosmického záření, které vzniká jako sekundární záření vyvolané dopadem primárních částic z vesmíru a jejich interakcí s atomy vysoko v atmosféře. Energie primárních částic může dosáhnout až  $10^{20}$  elektronvoltů.

Původ kosmického záření není dosud zcela objasněn. Proto byla v roce 2004 v Argentině uvedena do provozu Observatoř Pierre Auger, která se stala největším detektorem kosmického záření na světě. Na projektu se podílejí také vědci z Fyzikálního ústavu Akademie věd České republiky.

## c) Detekční stanice projektu CZELTA

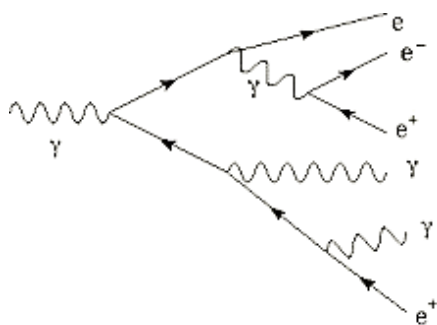


Obrázek 3 – Stanice CZELTA

Stanice a její příslušenství jsou zajiště základním stavebním kamenem projektu. Pomocí ní získáváme data o počtech událostí, časech příchodu, energiích spršek a teplotě. Jedná se o poměrně rozsáhlou konstrukci, kterou bychom mohli rozdělit na 2 části: detekční část na střeše, vyhodnocovací a zaznamenávací aparatura uvnitř budovy.

Tři detektory na střeše jsou umístěny ve vrcholech rovnostranného trojúhelníka se stranou přibližně 10 metrů. Stanice detekuje sekundární spršky způsobené primárními částicemi s energiemi většími než  $10^{14}$  eV. Každý z detektorů je schopný zaznamenat čas zásahu s přesností 25 ps. Díky tomu je možné rekonstruovat směr příchodu sekundární spršky.

#### d) Primární částice



Jedná se především o protony (85 až 90 procent) a jádra hélia (9 až 14 procent). Zbytek tvoří elektrony, jádra jiných atomů a další elementární částice jako gama fotony.

Fotony jsou zajímavé tím, že je neovlivňují magnetická pole, a proto se šíří vesmírem téměř přímočaře.

Obrázek 4 – Modelová sekundární sprška

### 3) Záblesky gama – GRBs

#### a) Záblesk gama – GRB



Obrázek 5 – Umělecké ztvárnění gama záblesku

Gama záblesk je označení pro jev, při kterém se uvolní nesmírné množství energie ve formě gama záření, což na Zemi pozorujeme jako záblesk v gama oboru. Jde o co do svítivosti nejvýraznější fyzikální jev doposud známý v astronomii. Trvá řádově od zlomku sekundy do 100 sekund a bývá doprovázen následným několikadenním dosvitem rentgenového a ultrafialového záření nebo viditelného světla.

#### i) Nejjasnější záblesk – GRB 080319B



Obrázek 6 – GRB 080319B, vlevo rentgenové spektrum, vpravo optické pozorování

Tento záblesk byl detekován misí Swift v 06:12 UTC 19/03/2008 a byl doprovázen dosvitem ve viditelném oboru. S magnitudou 5,8 překonal dosavadní rekord – nejvzdálenější objekt viditelný lidským okem. Dosvit trval asi 30 sekund.

## ii) Nejdelší záblesk – GRB 060218

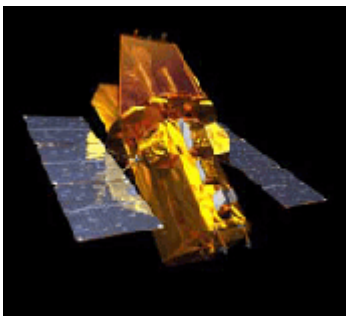


Obrázek 7 – GRB 060218, optické pozorování

Tento záblesk byl detekován misí Swift 18/02/2006. Doba trvání tohoto záblesku je téměř 2000 sekund a zrodil se v galaxii 440 milionů světelných let od Země. Přestože šlo o poměrně blízký záblesk, byl podprůměrně jasný.

### b) Družice detekující GRB

#### i) SWIFT



Obrázek 8 – Družice Swift

Swift je inovativní misí určenou zvláště pro studium gama záblesků. Swift obsahuje 3 zařízení, které spolu spolupracují, aby sledovaly GRB a dosvity v optickém, gama a rentgenovém spektru. Burst Alert Telescope (BAT) monitoruje celou oblohu, aby zachytil GRB a vypočítal jeho souřadnice. Se znalostí souřadnic GRB se Swift automaticky zaměří na GRB nejpozději za 90 sekund.

## ii) FERMI



Obrázek 9 – Družice Fermi

Hlavním cílem družice Fermi je pomoci nám pochopit mechanismus akcelerace v aktivních galaktických jádrech, neutronových hvězdách a pozůstatcích supernov za účelem vyřešení rozmístění GRB na obloze a determinace chování vysoce energetických GRB a také zkoumáním temné hmoty a velmi mladého vesmíru.

## iii) INTEGRAL

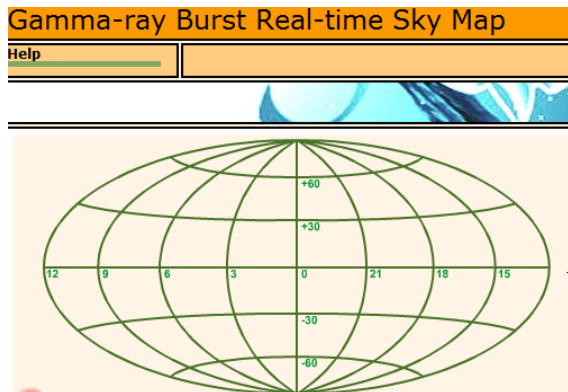


Obrázek 10 – Družice INTEGRAL

Cílem vyslání této družice na oběžnou dráhu byla detekce zvláště silných gama záblesků a následná analýza jejich zdrojů. Družice detekovala přibližně 1 gama záblesk za měsíc. Projektu INTEGRAL vedeného Evropskou kosmickou agenturou se účastnil i Astronomický ústav AV ČR.

## c) Zdroje dat o GRB

### i) [grb.sonoma.edu](http://grb.sonoma.edu)

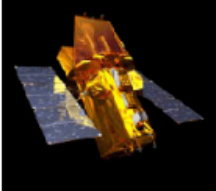


Obrázek 11 – Hvězdná mapa pro GRB

GRB mapa oblohy v reálném čase je aplikace designovaná pro sdělování posledních updatů o GRB zjištěných detekčními satelity NASA a ESA.

The image shows a screenshot of the 'Gamma-ray Burst Real-time Sky Map' application. The title bar at the top reads 'Gamma-ray Burst Real-time Sky Map'. Below the title bar is a navigation menu with buttons for 'Details', 'Star Chart', 'Star Field Image', 'Mission Dossier', 'Printable Page', and 'Home'. The 'Details' button is currently selected. The main content area is divided into several sections:

- Burst Details:**
  - GRB ID: GRB 110223B
  - Mission: Swift
  - Date: 2011/02/23
  - Time: 21:25:48 UTC
- Coordinates:**
  - Right ascension: 10:00:56.02
  - Declination: -68:18:05.6
  - Galactic Lon.: 288.18°
  - Galactic Lat.: -10.46°
  - Constellation of: Carina
- Optical Afterglow:**

none has been reported.
- Detecting Mission : Swift:**
- Burst Description:**

"The light curve for this burst was double-peaked and lasted about five seconds. Swift slewed immediately to the burst and began UVOT observations 72 seconds after the trigger. A fading, uncatalogued x-ray source was seen. Corresponding UVOT images did not detect any optical afterglow candidate, though this could have been caused by confusion due to the large number of optical sources in the optical field, which saturated the satellite telemetry.

Observers using the GROND multi-band imager with the 2.2 MPI/ESO telescope at La Silla, Chile reported the detection of a possible optical afterglow in data obtained 2.7 hours after the burst. The single object seen within the XRT error circle had a magnitude of  $r' = 22.1 \pm 0.1$ . The magnitude was calibrated against the GROND zero-points. It was not clear of the source was fading over the course of the observations (GCN 11756)."

Obrázek 12 – Webové stránky [grb.sonoma.edu](http://grb.sonoma.edu), detaily gama záblesku

Tato stránka poskytuje základní informace o gama záblescích (levý horní roh): ID, Misi, Datum, Čas, Souřadnice. Dále informace o optickém dosvitu, pokud byl pozorován (levý dolní roh). Vpravo jsou informace citované z reportu o gama záblesku z různých zdrojů.

ii) [grblog.org](http://grblog.org)



Obrázek 13 – Logo GRBlog.org

Účel webu GRBlog je shromažďovat všechna data o pozorování GRB v jedné databázi a poskytovat vědcům data spojená s GRB jednoduchým a dostupným způsobem. Cílem je získávat data z reportů o pozorování jako z oběžníku GCN a poskytovat jednoduchou službu pro členy komunity kolem GRB.

A screenshot of the GRBlog website interface. The page has a purple header with the "GRBlog" logo and the text "Blog for Gamma Ray Bursts". Navigation links on the left include FAQ, Tour, Home, Search, Links, and Post. The main content area shows search results for "GRB 031203A".

Search matched 1 bursts (refine search) Displaying Bursts 1 to 1		
GRB 031203A		
Burst Time	14:01:28	GCN2459
RA	08:02:30.36	GCN2481
DEC	-39:51:00.10	GCN2481
Radius	0.300"	GCN2481
Peak Flux (20–200 keV)	1.3e-07 erg cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	GCN2460
Duration (20–200 keV)	30 s	GCN2460
OT?	yes (plot data)	IAUC8250
Filter:	in 0 of 0 obs	
Filter: H	in 2 of 5 obs	
Filter: I	in 1 of 9 obs	
Filter: J	in 4 of 8 obs	
Filter: K'	in 0 of 1 obs	
Filter: Ks	in 3 of 6 obs	
Filter: R	in 7 of 7 obs	
Filter: V	in 0 of 2 obs	
RT?	yes (plot data)	GCN2473
Freq: 8.50 GHz	in 2 of 2 obs	
XT?	yes (plot data)	GCN2522
Range: – keV	in 0 of 7 obs	
Range: 2–10 keV	in 1 of 1 obs	
Host I mag	19.13	GCN2486
Redshift	0.105	GCN2482

Below the table are buttons for "Grab a 5.0" x 5.0" FITS" (with a "DSS Image" button) and "Or see the 300" JHK<sub>s</sub> band" (with a "2MASS images" button). A navigation bar at the bottom of the main content area lists: GRB | IR | OPTICAL | OTHER | RADIO | SPECTRA | THEORY | XRAY.

At the bottom of the page, there is a section for "SUPERNOVA 2003lw AND GRB 031203" by Tagliaferri et al. (IAUC 8308.1), posted by Daniel W. E. Green on 04/03/19 00:00:00 GMT.

Obrázek 14 – Webová stránka GRBlog.org, detaily gama záblesku

Tato stránka poskytuje snad všechny dostupné informace o gama záblescích. Najdeme zde, jak základní informace, tak i další informace například o toku částic či rudém

posuvu. Navíc tato stránka poskytuje další zajímavé funkce jako pokročilé možnosti filtrace, dle specifických vlastností – např. dosvit, a zobrazení, list nebo tabulka.



# Software pro zpracování a analýzu dat projektu CZELTA

## 1) Motivace

Projekt CZELTA se za poslední roky rozrostl, v provozu je nyní celkem 5 stanic a šestá bude brzy spuštěna. Díky tomu se zvýšil počet dat a je zapotřebí kvalitní software pro zpracování a analýzu, který by si poradil se stovkami megabytů dat.

## 2) Cíle

Primárním cílem je vytvořit program s uživatelsky přívětivým rozhraním, který umožní snadnou práci s daty projektu CZELTA. Měl by obsahovat množství základních funkcí jako:

- načítání dat - CZELTA z více zdrojů, GRB, metoodat
- filtrace chybných dat
- filtrace dle jakýchkoliv parametrů
- grafy – histogramy TDC, ADC, souřadnicové, časové a další
- grafy – tok spršek v závislosti na čase a další

Dále pak množství pokročilých funkcí zaměřených na podporu konkrétního výzkumu jako například koincidence stanic v Opavě a koincidence detekovaných spršek s gama záblesky:

- analýza koincidence 2 stanic vzdálených < 300 km
- krátkodobá koincidence spršek s gama záblesky
- dlouhodobá koincidence spršek s gama záblesky
- analýza vlivů počasí na detekci spršek
- analýza chybovosti stanice na teplotě
- detekce clusterů, seskupení spršek

## 3) Použitý software

S ohledem na to, že projekt bude celkem rozsáhlý, je třeba použít programy, které celý proces vývoje výrazně zrychlí, jako Visual Studio 2010, a programy, které poskytují požadované funkce, namísto jejich programování od nuly.

### a) Vývojové prostředí a programovací jazyk

#### i) Visual Studio 2010



Obrázek 15 – Logo Visual Studio 2010

Microsoft Visual Studio je integrované prostředí, které zjednodušuje celý proces vývoje od návrhu až po nasazení. Psaní kódu je rychlejší, využijete své dosavadní

dovednosti, prostředí si můžete přizpůsobit podle svých zvyklostí a hotové aplikace lze provozovat na různých platformách (včetně SharePoint a Cloud), jejichž počet stále narůstá. Výkonné nástroje pro vytváření prototypů, modelování a design vám dovolí plně uplatnit tvůrčí schopnosti a přeměnit vize ve skutečnost. Integrované nástroje pro testování a ladění šetří čas, umožňují dobrou spolupráci celého týmu, od návrhářů přes vývojáře až po testery, pomáhají snadno a rychle odhalit a opravit chyby a zajišťují tak vysokou kvalitu hotových aplikací.

## ii) Visual Basic .NET

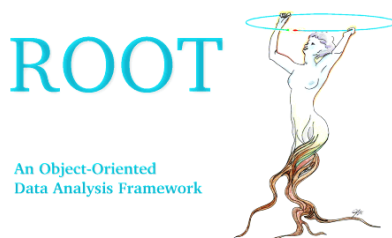


Obrázek 16 – Logo Visual Basic .NET

Visual Basic .NET je plnohodnotný moderní objektově orientovaný programovací jazyk, který má stejné možnosti jako jeho největší rival C# .NET. Je o poznání jednodušší na naučení, obsahuje totiž mnoho klíčových slov a jak začátečník, tak i programátor, který jej v životě neviděli, jsou schopni rozumět kódu, pokud umí anglicky. Současná verze jazyka (rok 2010/11) je verze Visual Basic 10.

## b) Další použité programy

### i) ROOT



Obrázek 17 – Logo ROOT

ROOT je objektově orientovaný program s knihovnou vyvinutý v CERNU. Původně byl určen pro analýzu dat částicové fyziky a proto obsahuje několik specifických funkcí tohoto oboru fyziky, ale také je užíván v jiných odvětvích jako v astronomii a dalších.

Z tohoto programu používám funkce pro počítání směrodatných limit pro analýzu velmi malých signálů v poissonovském pozadí. Jmenovitě třídy TRolke, TFeldmanCousins.

## ii) GNU Plot

# GNUPLOT

Obrázek 18 – Logo GNUPlot

Gnuplot je program pro generování dvou- a trojdimenzionálních grafů funkcí či dat. Program běží na všech hlavních platformách a operačních systémech. Výsledek vykresluje na obrazovku, do grafického souboru popř. do textového souboru.

Tento program je používán pro fitování histogramů TDC, respektive zpoždění kabelů vedoucích k detektorům.

## 4) Program pro zpracování a analýzu dat



Obrázek 19 – Uvítací splashscreen programu pro analýzu dat

Nyní už k samotnému programu. Začneme u hlavní obrazovky, která se ukáže po spuštění programu jako první.

## a) GUI – Hlavní obrazovka

Projekt CZELTA - Česká Republika - Soubor: sprsky.txt - Zaměření: Gymnázium Dašická - Pardubice (od 4.4.2008)

Program Spršky GRB Analýza - Grafy Meteorologie Comparison module Visualization Filtration Kopírování dat Nápověda

Load showers Copy Filter Graph Coincidence Clusters Error Meteorodata GRBs Shading Help + Info

**Spršky** Zobrazují 2.33% (9826 z 422528 Spršek)

Date y/m/d	Time h.m.s	Time ns	TDC0	TDC1	TDC2	ADC0	ADC1	ADC2	T0	T1	T2	T3	SAzimuth	Altitude	RAscension
2010/01/01	00:32:08	365663910,2	3397	1664	3774	141	337	178	10	10	68	21	250,2	58,7	174,1
2010/01/01	00:57:44	344007644,6	2289	1270	3777	2047	944	1425	10	10	68	21	13,7	60,6	123,6
2010/01/01	01:28:58	76524872,7	3187	1923	3776	216	103	774	10	10	68	21	287,7	55,7	177,7
2010/01/01	01:59:05	764463120,3	2160	1405	3770	622	170	129	9,5	10	68	20,5	7,8	47,2	140,9
2010/01/01	02:27:59	73482715,1	2677	475	3778	807	456	670	9,5	10	68	21	135,8	58,4	98,8
2010/01/01	02:56:52	896457415,9	3733	1320	3763	175	194	193	9,5	10	68	21	213,4	34,7	270,1

**GRB** Zobrazují 100,00% (868 z 868 GRB)

Date y/m/d	Time h.m.s	ID	Mise	SAzimuth	Altitude	RAscension	Declination	GLongitude	GLatitude
2010/10/24	11:39:29	GRB 101024A	Swift	9,90	-61,43	66,46	-77,35	-34,13	290,55
2010/10/23	22:50:12	GRB 101023A	Swift	30,72	-38,36	317,99	-65,32	-38,88	328,89
2010/10/20	23:40:41	GRB 101020A	Swift	209,56	-11,85	189,65	22,92	85,04	265,26
2010/10/17	10:32:47	GRB 101017A	Swift	293,64	-26,54	291,64	-34,95	-21,74	3,46
2010/10/14	04:11:53	GRB 101014A	Femi	44,47	-29,59	26,93	-50,99	-63,85	282,92
2010/10/11	16:58:35	GRB 101011A	Swift	320,69	-54,77	48,13	-65,89	-45,37	283,3
2010/10/08	16:43:15	GRB 101008A	Swift	275,11	56,22	328,88	37,24	-13,66	88,16

**Meteorodata** Zobrazují 16,66% (7820 z 46925 Meteorodat)

Date y/m/d	Time h.m.s	Atmosferický tlak	Vlhkost	Teplota	Vítr	Rychlost větru	Comment
2005/07/01	07:00:00	1010	93,9	18	proměnlivý	1	oblačno
2005/07/01	13:00:00	1011	93,8	17	JZ	3	zataženo
2005/07/01	19:00:00	1013	100	16	ZSZ	3	zataženo, slaběprší
2005/07/02	02:00:00	1015	93,7	15	Z	4	zataženo, slaběprší
2005/07/02	08:00:00	1018	100	15	ZSZ	4	zataženo, slaběprší
2005/07/02	14:00:00	1020	77,8	20	ZSZ	4	oblačno
2005/07/02	20:00:00	1021	93,8	17	Z	3	žádná oblačnost

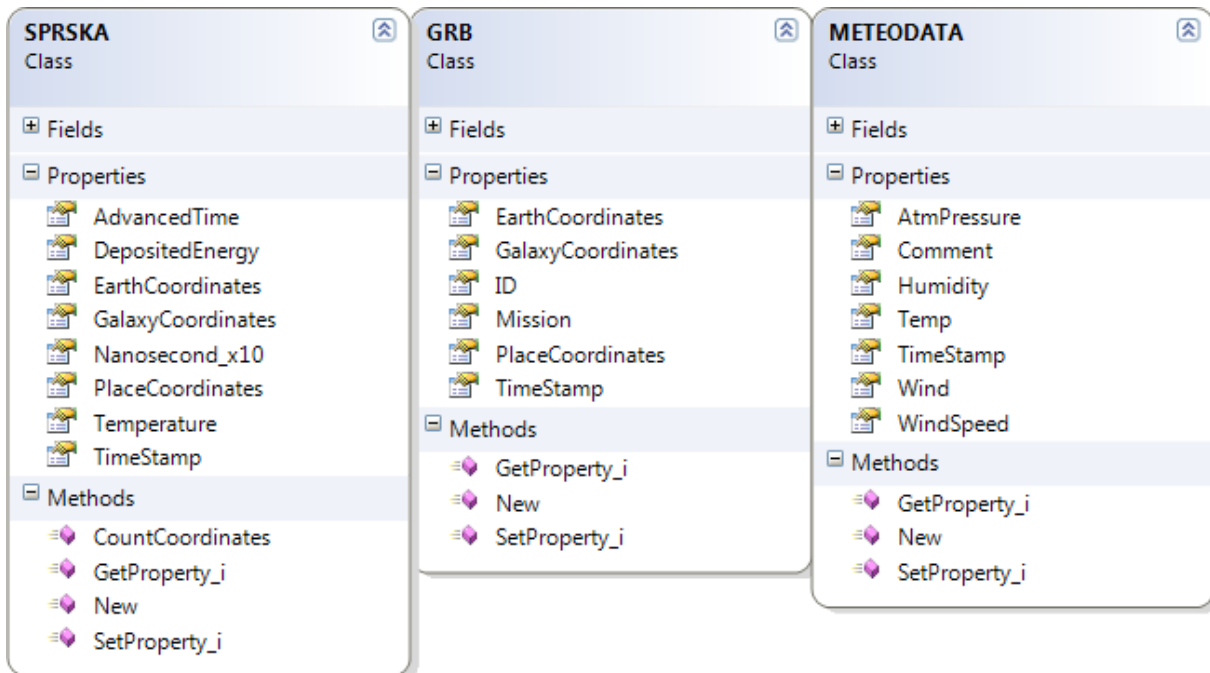
Process name: xx % - ETA yy s

Obrázek 20 – Hlavní obrazovka programu

Uživatelské rozhraní je vytvořeno tak, aby bylo i pro nového uživatele srozumitelné. Po načtení souboru se sprškami se automaticky změní hlavička hlavního okna. Zobrazí se jméno načteného souboru a použité zaměření stanice, což je důležité, pokud pracujeme s více instancemi programu najednou. Dále je použita klasická menu nabídka doplněná panelem ikon pro rychlé spuštění hlavních funkcí programu.

Hlavní formulář obsahuje 3 datové listy. Všechny jsou přehledem načtených dat: spršky, gama záblesky, meteorodata. Okno se při změně rozměrů přizpůsobí novým rozměrům.

## b) Kód - Hlavní definované třídy



Obrázek 21 – Hlavní definované třídy

### i) **SPRSKA**

Třída prozatím poskytuje metodu pro výpočet souřadnic, jinak slouží ve své podstatě jako lepší struktura pro ukládání dat o sprškách s rozšiřitelností pro budoucí použití. Užitečné jsou především metody pro získávání a zadávání dat spršky na základě indexu.

### ii) **GRB**

Třída slouží ve své podstatě jako lepší struktura pro ukládání dat o GRB s rozšiřitelností pro budoucí použití. Užitečné jsou především metody pro získávání a zadávání dat GRB na základě indexu.

### iii) **METEODATA**

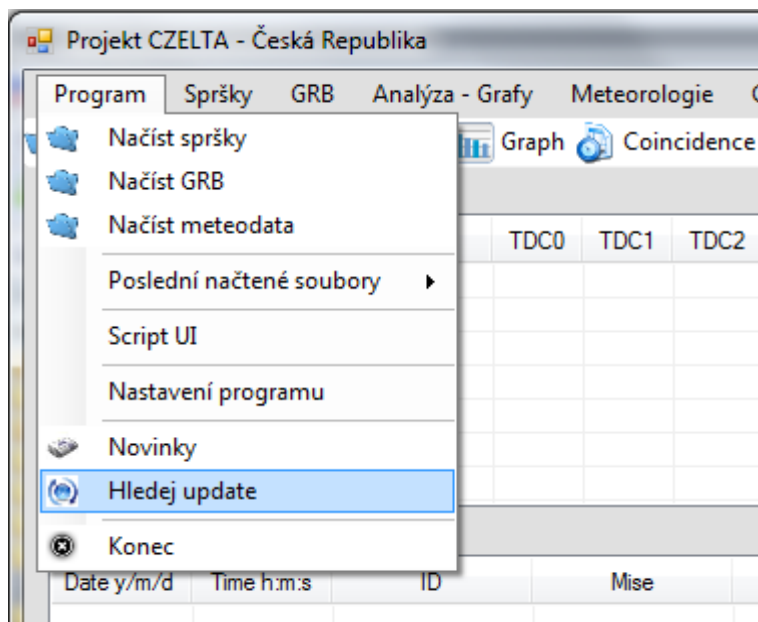
Třída slouží ve své podstatě jako lepší struktura pro ukládání meteodat s rozšiřitelností pro budoucí použití. Užitečné jsou především metody pro získávání a zadávání meteodat na základě indexu.

## c) **Funkce programu**

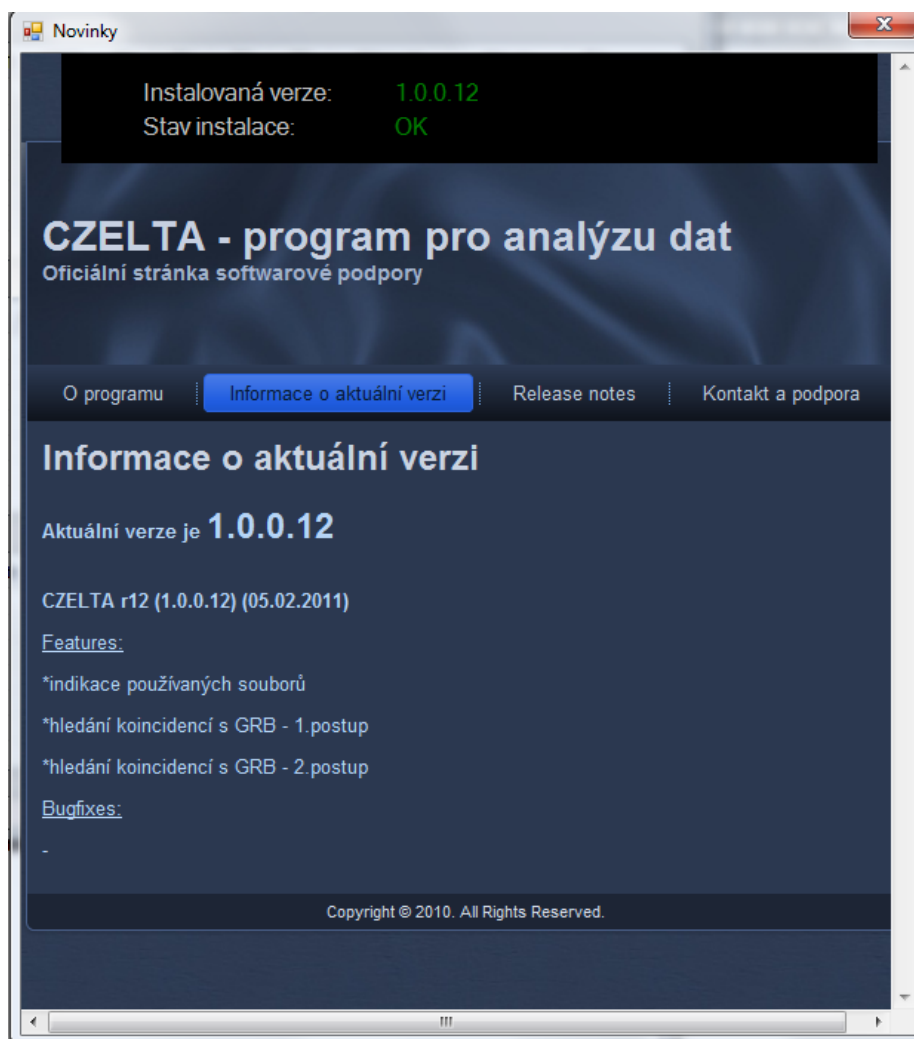
### i) **AUTOMATICKÝ UPDATE A KONTROLA VERZE**

Při spuštění program spustí vlastní built-in web browser. Zobrazí se stránka, kde je napsáno jaká verze programu je aktuální a co se změnilo při posledním updatu. Lze zobrazit i historii aktualizací. Verze programu je automaticky zkontrolována a v případě zjištění

novější verze je na ni uživatel upozorněn. Update lze poté provést z hlavního menu v hlavním okně.



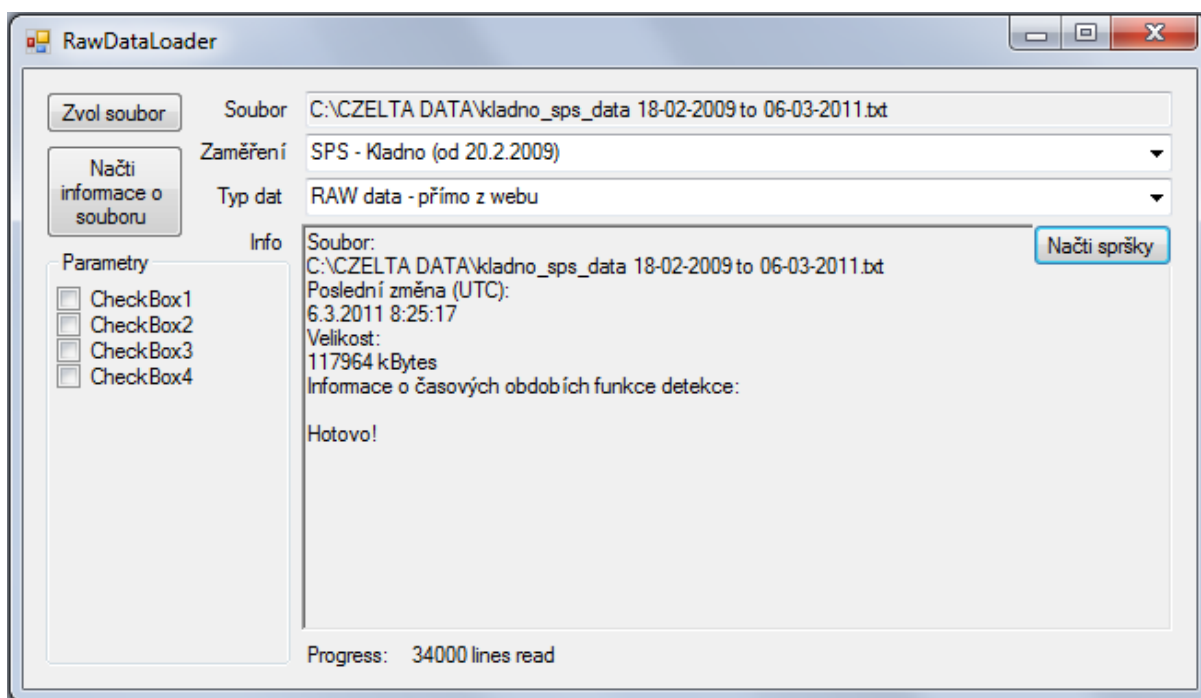
Obrázek 22 – Jak se dostat k automatickému updatu



Obrázek 23 – Informace o novinkách a updatech

## ii) NAČÍTÁNÍ DAT O SPRŠKÁCH

Program umožňuje načítání dat o sprškách ze 2 hlavních zdrojů a to přímo ze souborů stažených z webu <http://czelta.utef.cvut.cz/> nebo data zpracovaná konzolovým programem, který vytvořil Jan Hubík před 2 roky. Před načtením dat je třeba zadat jedno z dostupných zaměření stanice, aby došlo ke správnému výpočtu souřadnic příchodu spršek. Před načítáním lze také zjistit informace o souboru. Při načítání lze sledovat průběh pomocí čítače, který nám říká, kolik bylo načteno linek ze souboru. Pro budoucí vylepšení jsou připravena zaškrťovací políčka ovlivňující další možné parametry načítání.

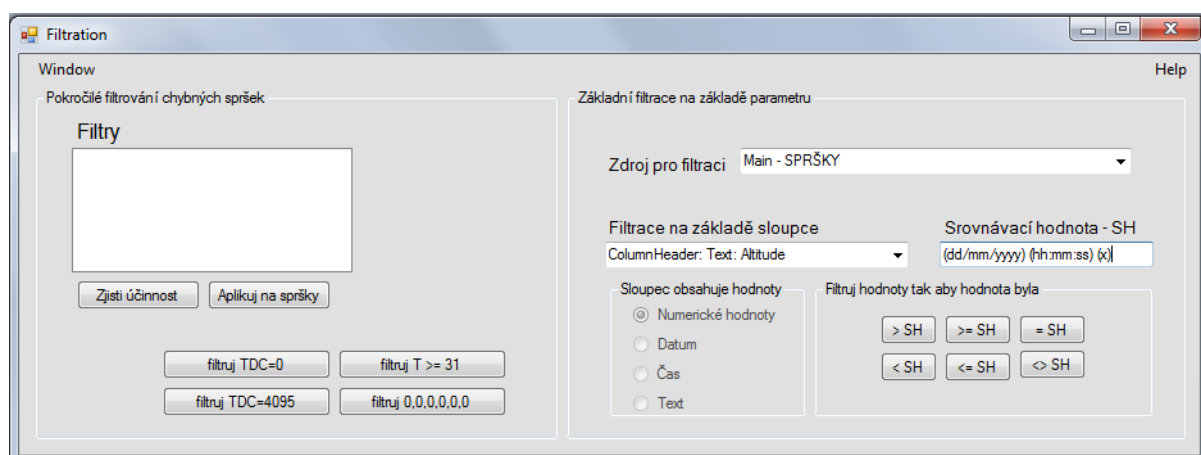


Obrázek 24 – Načítání souboru se sprškami

### iii) FILTRACE DAT

Filtrace je nepostradatelnou funkcí při práci s velkým objemem dat. Je možné filtrovat veškerá načtená data podle téměř jakéhokoliv kritéria (hodnoty v daném sloupci). Jsou zde obsaženy základní filtrace chybných dat jako  $TDC = 0$ , 4095 a 0,0,0,0,0 (sprška přišla z pod obzoru, což není možné, má všechny souřadnice = 0).

Budoucím vylepšením je možnost filtrace pokročilým filtrem, který si bude moci uživatel přednastavit a toto nastavení uložit. Např. chci filtrovat spršky  $TDC = 0$  a zároveň souřadnice výšky musí být  $> 60^\circ$  - tato filtrace bude možná stisknutím jednoho tlačítka pokud bude přednastavená.

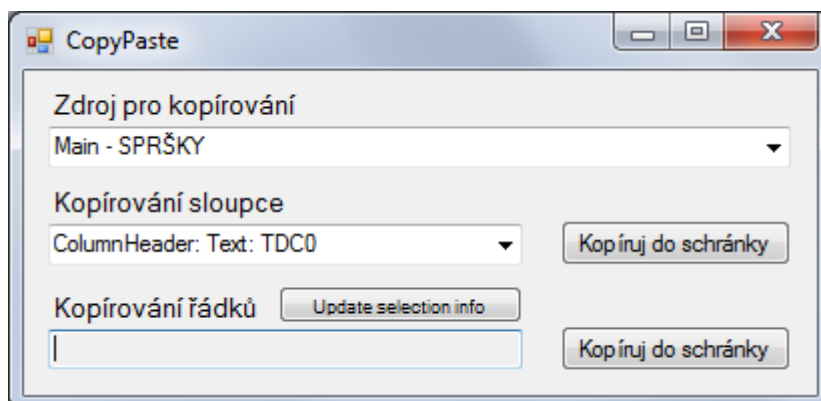


Obrázek 25 – Okno pro filtraci dat



#### iv) KOPÍROVÁNÍ DAT

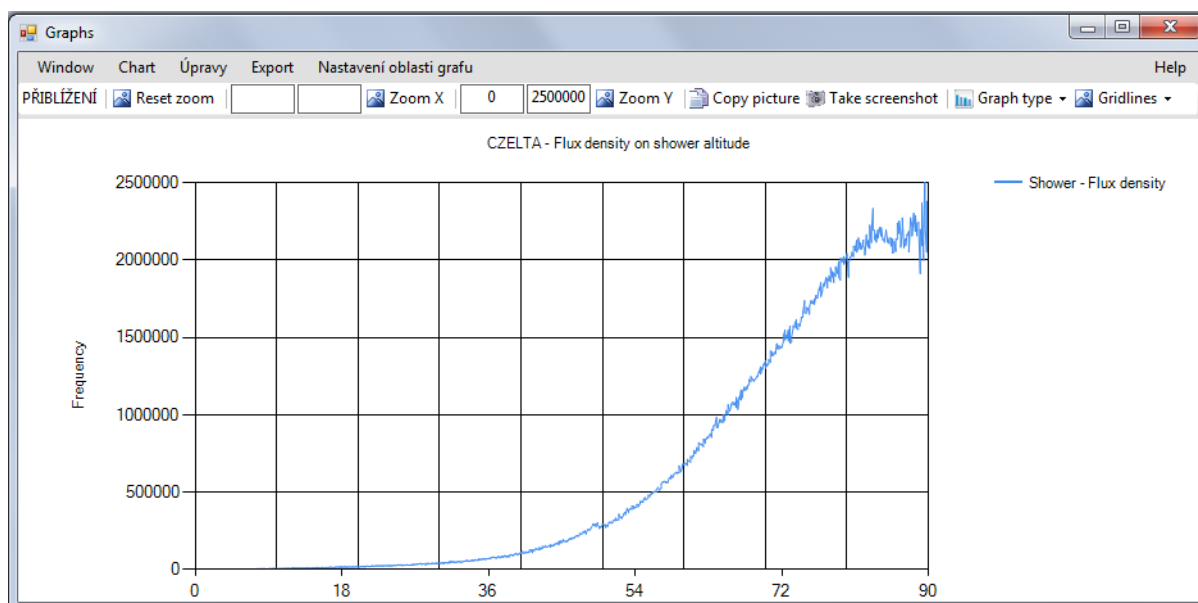
Program by nebyl použitelný, kdyby nešlo data exportovat. Exportovat lze data z jakéhokoliv významnějšího listu, a to buď jako daný sloupec, nebo jako vybrané řádky. Řádky lze vybrat jako rozsah podržením klávesy shift, toto lze libovolně kombinovat s vybíráním jednotlivých řádků pomocí podržení klávesy ctrl.



Obrázek 26 – Okno pro kopírování dat

#### v) TVORBA GRAFŮ

Analýza dat je spojená s tvorbou grafů. Program umožňuje tvorbu nejrůznějších grafů. S grafy je možno pracovat. Je možné nastavit mřížku, případně přiblížit konkrétní část grafu, nebo změnit typ grafu. Lze nastavit 4 velikosti grafu dle rozlišení: 1920\*1080, 1280\*720, 640\*480 nebo aktuální velikost okna. Grafy lze ukládat na disk ve formě obrázku \*.png. Dále je možné aktuální data z grafu exportovat (kompatibilní s kopírováním do excelu).



Obrázek 27 – Okno pro tvorbu grafů

## vi) KOINCIDENCE 2 STANIC

V programu je možné zkoumat koincidence 2 stanic. Ke koincidenci dojde, pokud je časový rozdíl 2 časově blízkých spršek (sprška z jedné stanice a sprška z druhé stanice) menší než určitý malý okamžik – 2000 ns.

Program dokáže vyhodnotit mnoho věcí jako např. kolik procent spršek bylo koincidenčních nebo jaký byl průměrný rozdíl v určení směru, ze kterého přišly. K těmto údajům lze vytvořit grafy – většinou histogramy, některé s chybovými úsečkami.

The screenshot shows the 'Coincidence' software interface. The 'File input' section is titled 'Files to compare' and includes a table with two rows:

Station	File
1 - Slezská Univerzita 1 (stará) - Opava	C:\CZELTA\2010-opava_su_data.bt
2 - Slezská Univerzita 2 (nová) - Opava	C:\CZELTA\2010-opava_su2_data.bt

Below the table are buttons for 'Delete', 'Add', and 'Compare'. The 'Coincidence results' section shows 'Coincidence files - Total 2 files' and a table with the following data:

File	Events total	Coincidental	%	Not coincidental	%
C:\CZELTA\2010-opava_su_data.bt	99597	43995	44,2	55602	55,8
C:\CZELTA\2010-opava_su2_data.bt	154265	43995	28,5	110270	71,5

Below this is 'Coincidence events - Total 43995 events' and a table with columns: Date y/m/d, Time h:m:s, Avg. - Time ns, Dif. - Time ns, Avg. - Azimuth, Dif. - Azimuth, Avg. - Altitude, Dif. - Altitude. The first three rows of data are:

Date y/m/d	Time h:m:s	Avg. - Time ns	Dif. - Time ns	Avg. - Azimuth	Dif. - Azimuth	Avg. - Altitude	Dif. - Altitude
2010/05/31	15:07:23	714066592	32	172,4	8,8	61,4	9,7
2010/05/31	15:08:46	726429536	32	150	13,4	57,2	2,3
2010/05/31	15:08:47	225098048	16	323,9	36,2	72,7	10,8

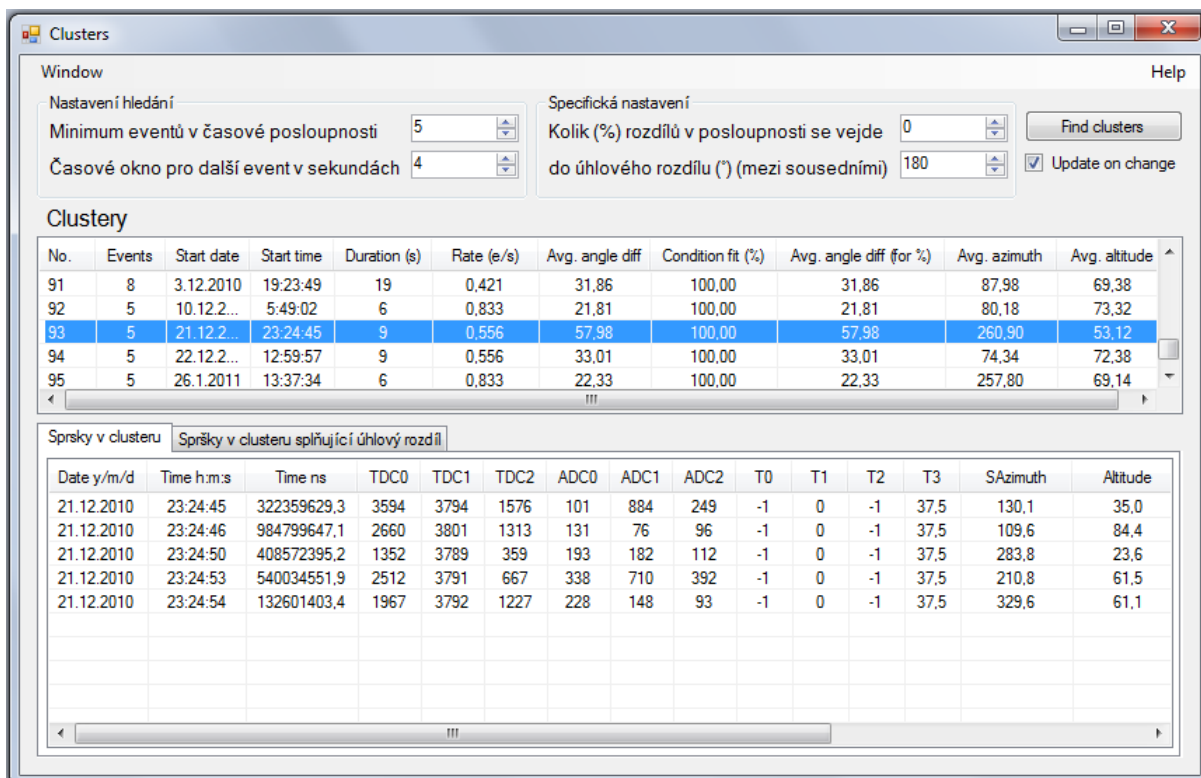
At the bottom, there are summary statistics:

Average time difference	30	ns	Coincidental events	20,96	%
Average azimuth difference	24,92	°	Non-coincidental events	79,04	%
Average altitude difference	6,6	°	Average angle difference	10,62	°

Obrázek 28 – Okno koincidence 2 a více stanic CZELTA

## vii) HLEDÁNÍ CLUSTRŮ

Zajímavým jevem v experimentu CZELTA je cluster spršek. Cluster spršek je velké množství spršek přicházejících ze stejného směru s výrazně vyšší četností než je obvyklé. Program dokáže v datech tyto clustery odhalit při zadaných parametrech: minimální počet událostí v clusteru a maximálním časem pro příchod další spršky, aby se ke clusteru přiřadila. Dalším možným parametrem je možnost volby, kolik procent spršek se může odchýlit od směru vzatého z průměru všech přiřazených spršek o určitý zadaný počet stupňů prostorového úhlu.



Obrázek 29 – Okno hledání clusterů

#### viii) ANALÝZA CHYBOVOSTI STANICE

Důležitou součástí programu je analýza chybovosti stanice se zaměřením na chybovost ovlivněnou teplotou. Program vyhodnotí, kolik spršek při dané teplotě elektroniky splňuje definici chyby, a na základě procent chybných spršek rozhodne, zda je daná teplota v pořádku, či ne. V případě vysokých teplot není správnost dat garantována a program sám nabídne filtraci nespolehlivých teplot a napíše, kolik procent dat bude vyfiltrováno. Případně může uživatel sám vybrat teploty k filtraci nebo změnit hranici chybovosti pro automatickou filtraci.

Definice chyby detekce:

Pokud je  $ADC = 0$  nebo 2047 v libovolném kanálu, je sprška považována za chybnou.

Pokud je  $TDC = 0$  nebo 4095 v libovolném kanálu, je sprška považována za chybnou.

*U  $ADC = 2047$  není jasné, zda jde o chybnou spršku, protože detekovaná energie může být mimo měřící rozsah. Nicméně, když je procento spršek s  $ADC = 2047$  neúměrně velké je to signál, že se něco děje – nejpravděpodobnější je přehřátí elektroniky.*

Údaje o chybovosti stanice

Temp (T3)	Events	%	TDC error count	%	ADC error count	%	Total error count	%
41	32962	3,1	487	1,5	2155	6,5	2642	8,0
42	68212	6,5	1059	1,6	6836	10,0	7895	11,6
43	14051	1,3	212	1,5	3394	24,2	3606	25,7
44	83610	8,0	1202	1,4	58778	70,3	59980	71,7
45	16518	1,6	225	1,4	15837	95,9	16062	97,2
46	26125	2,5	380	1,5	25963	99,4	26343	100,8
47	3747	0,4	72	1,9	3747	100,0	3819	101,9
48	8329	0,8	149	1,8	8329	100,0	8478	101,8
49	735	0,1	17	2,3	735	100,0	752	102,3
50	186	0,0	6	3,2	186	100,0	192	103,2

Výsledky doporučené filtrace

Vynechání teplot: 25, 29, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50  
 Vyřazení eventů: 153348  
 Vyřazení eventů (%): 14,64

Výsledky z vybraných teplot

Vynechání teplot:   
 Vyřazení eventů:   
 Vyřazení eventů (%):

Obrázek 30 – Okno analýzy chybovosti stanice na teplotě elektroniky

### ix) ANALÝZA METEODAT

Bylo zjištěno, že tok spršek je ovlivněn aktuálním stavem počasí, proto je esenciální, aby program obsahoval modul, který umožní hledat významné fluktuace v meteodatech, konkrétně hlavně v atmosférickém tlaku. Tyto fluktuace jsou hledány na základě 2 parametrů – časového intervalu a hodnoty fluktuace, je možné zobrazit je grafem.

Hledání fluktuace proměnné

Proměnná: Atmosférický tlak

Dosáhne v časovém úseku: 4 dní

rozdílu maxima a minima hodnot alespoň: 30 jednotek

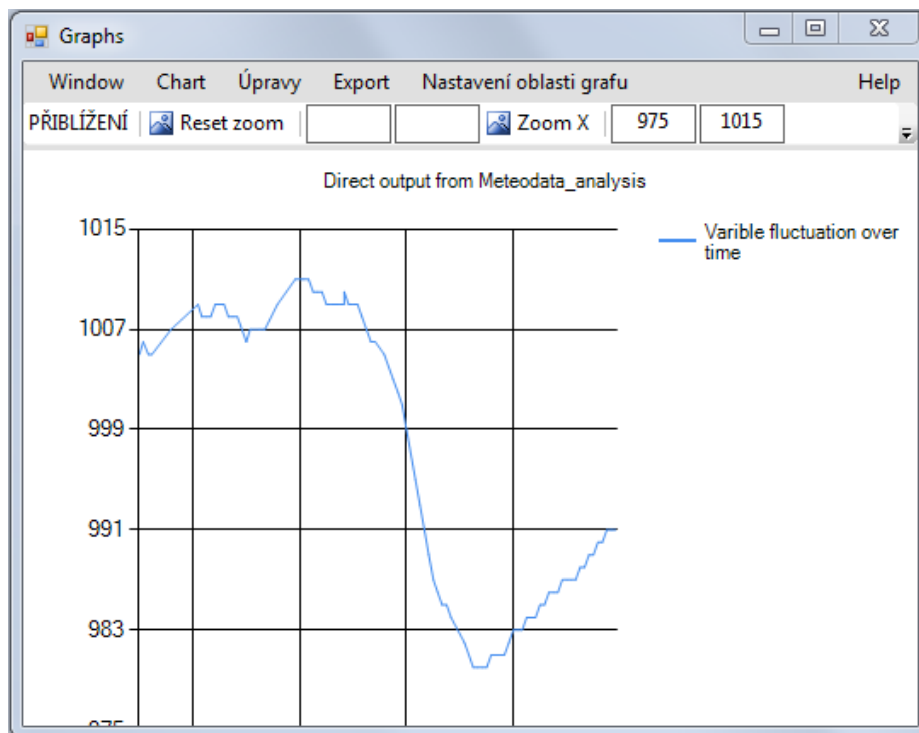
Fluktuace proměnné

No.	Start date	End date	Duration (days)
12	28.2.2008	4.3.2008	4
13	18.3.2008	22.3.2008	4
14	26.10.2008	30.10.2008	4
15	23.11.2008	27.11.2008	4
16	22.1.2009	27.1.2009	4
17	2.3.2009	6.3.2009	4

Meteodata dané fluktuace

Date y/m/d	Time h.m.s	Atmosférický tlak	Vlhkost	Teplota	Větr	Rychlost větru	Comment
18.3.2008	12:00:00	1005	44,4	4	Z	11	oblačno
18.3.2008	12:50:00	1006	74,7	2	ZSZ	8	zataženo,sněhovápřeháňka
18.3.2008	13:00:00	1006	80,3	1	SZ	6	zataženo,sněhovápřeháňka
18.3.2008	14:00:00	1005	60,2	4	ZSZ	6	oblačno
18.3.2008	14:47:00	1005	64,6	3	ZSZ	6	oblačno,slaběnsněhovápřeháňka
18.3.2008	19:06:00	1007	100	-1	Z	3	oblačno
19.3.2008	1:09:00	1009	86,2	-1	ZSZ	2	žádnáoblačnost
19.3.2008	2:00:00	1008	86,2	-1	Z	5	oblačno
19.3.2008	3:00:00	1008	92,9	-1	ZSZ	4	zataženo
19.3.2008	4:00:00	1008	86,2	-1	Z	4	oblačno

Obrázek 31 – Okno hledání fluktuací v meteodatech



Obrázek 32 – Okamžité zobrazení zvolené fluktuace

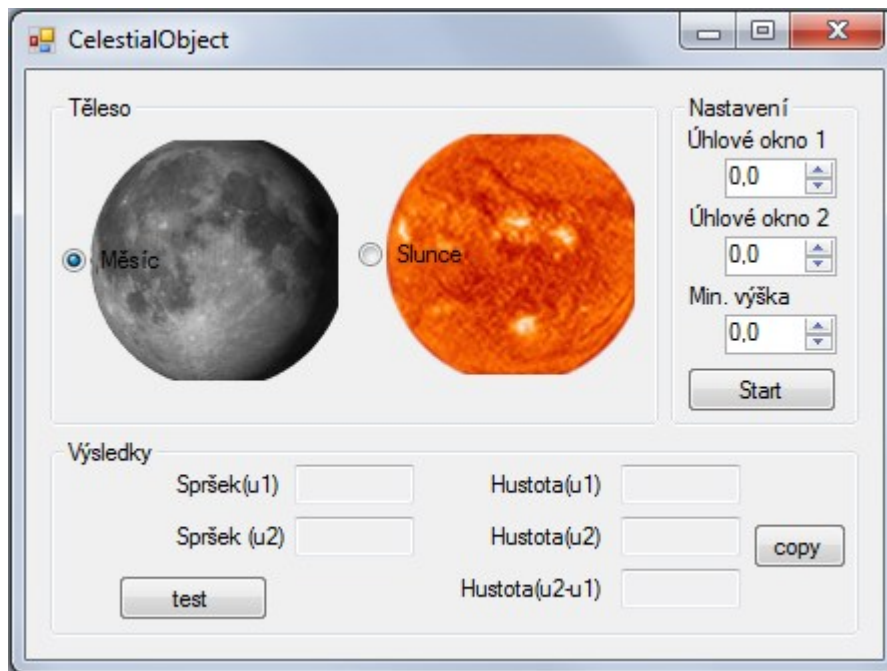
### x) ZÍSKÁVÁNÍ METEODAT

Meteodata je třeba někde získat, protože meteostanice není na všech stanicích projektu CZELTA a také neměří pořád. Výhodou jsou data z letišť. Konkrétně z Prahy, Pardubic a Ostravy, od stanic nejsou vzdáleny víc než 50 km a jsou tedy dostatečně přesná. Meteodata jsou získávána ze stránky <http://pocasi.divoch.cz/>. V programu se nastaví časové období a webová adresa. Pro meteodata z konkrétní lokace je třeba nahradit „LKPD“ kódem daného místa. Dále je třeba si ohlídat, aby stanice měřila (byla v historii data) ve zvoleném intervalu. Většinou stačí zkontrolovat začátek intervalu.

Obrázek 33 – Okno získávání meteodat z pocasi.divoch.cz

### xi) ZÁKRYT MĚSÍCEM A SLUNCEM

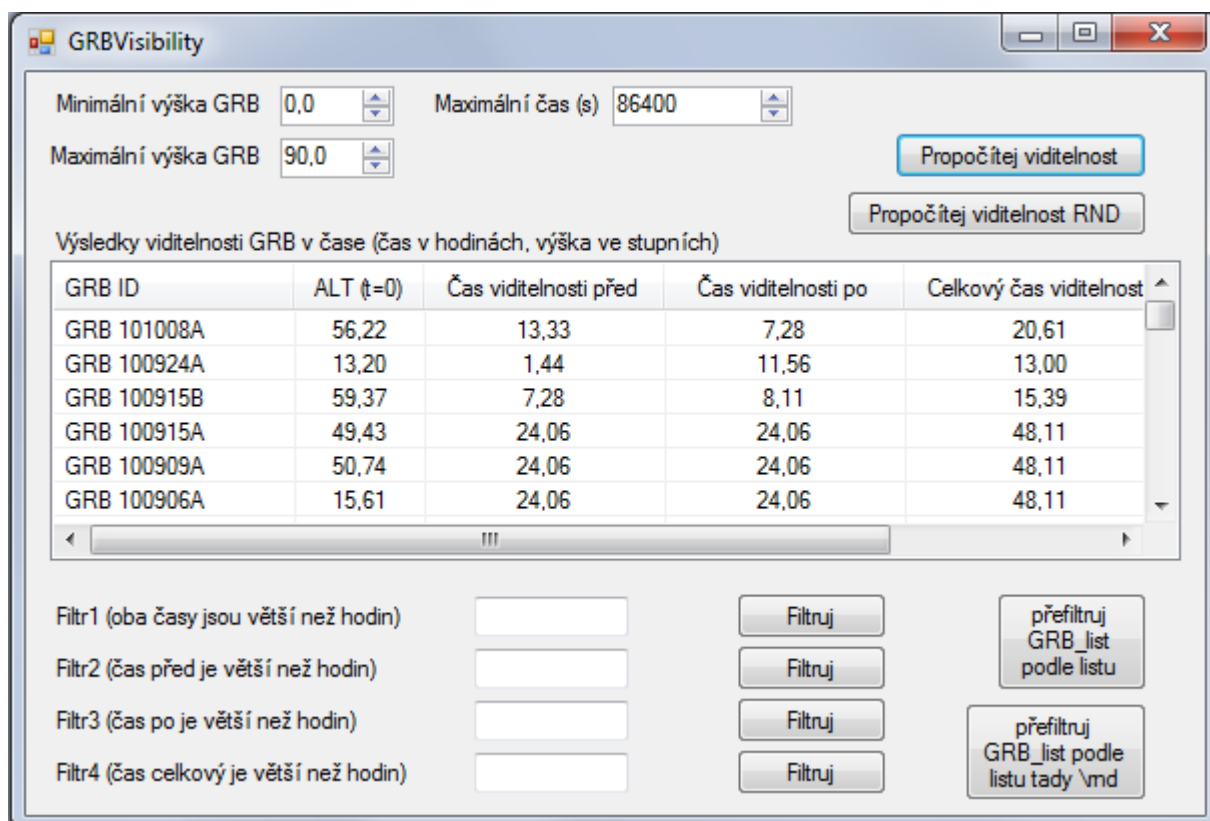
Tato funkce není kompletně hotová. Výsledkem by mělo být potvrzení, či vyvrácení hypotézy, že zakrytí části oblohy vesmírným tělesem má vliv na detekovaný tok spršek.



Obrázek 34 – Okno zákrytu nebeskými tělesy

### xii) VIDITELNOST GRB

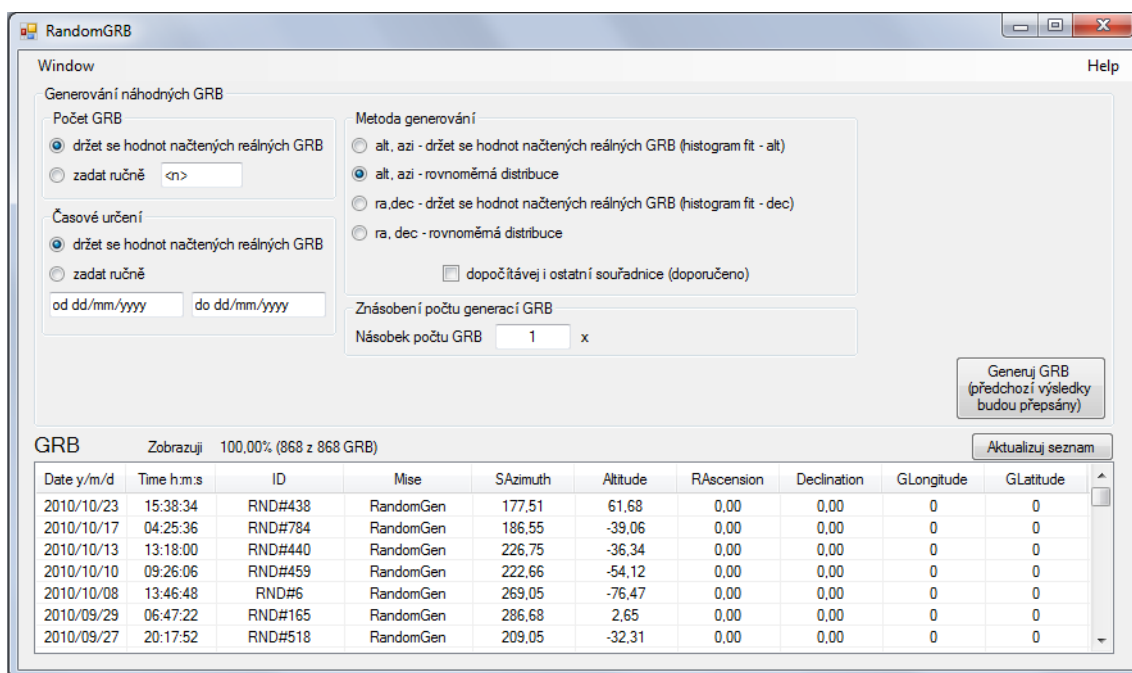
Při analýze koincidence spršek detekovaných stanicemi CZELTA a GRB bylo třeba zjistit, které záblesky „zapadají“ a které „nezapadají“ – jsou z naší pozice na Zemi stále viditelné nad horizontem. Další zajímavý údaj je, kolik hodin je daný záblesk (pokud zapadá) viditelný a nebo, které nejvyšší a které nejnižší výšky nad horizontem dosáhne v daném časovém úseku.



Obrázek 35 – Okno zjišťování viditelnosti GRB

### xiii) GENEROVÁNÍ NÁHODNÝCH GRB

Analýza s korekcí pomocí metody Monte Carlo vyžaduje velké množství náhodně voleného statistické chyby zbařeného pozadí, proto je třeba často generovat 1000x tolik náhodných „GRB“ než reálných GRB. Lze volit z více parametrů generování.



Obrázek 36 – Okno generování náhodných GRB

#### xiv) KRÁTKODOBÁ KOINCIDENCE S GRB

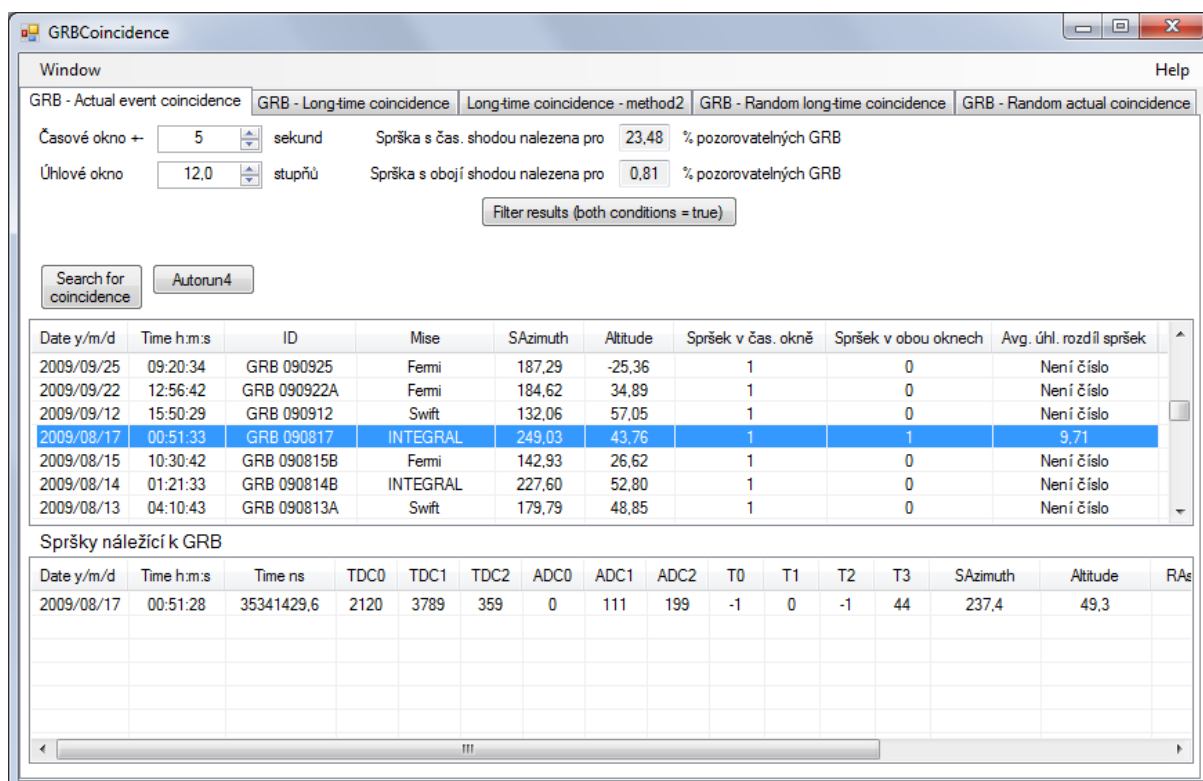
Nejdříve je třeba zmínit, co to vlastně krátkodobá koincidence s GRB je. Ke krátkodobé koincidenci s GRB dojde, pokud je nalezena sprška, která splňuje 2 parametry: vejde se do časového okna kolem GRB a zároveň se vejde do úhlového okna prostorového úhlu kolem směru GRB.

Lze manipulovat s parametry jako velikost časového a úhlového okna. S časovým oknem ale musíme nakládat opatrně, protože pozice GRB se na obloze mění s časem a krátkodobá koincidence toto nezohledňuje. Lze pracovat s časovým oknem až do 1000 s, kdy chyba v úhlu činí max 5°.

Po vyhodnocení krátkodobé koincidence se dozvíme, kolik procent záblesků, které byly pozorovatelné (pozorovatelné = měly k sobě nalezenou spršku v okně plus minus 1000 s, tj. stanice měřila), k sobě našlo spršku jak v časovém, tak úhlovém okně. Výsledky lze filtrovat pouze na ty, které k sobě mají spršku, která splňuje obě podmínky.

Obdobný nástroj je dostupný pro analýzu náhodných GRB (Monte Carlo), aby se provedla korekce případné špatné metody a nebo vygenerovaly hodnoty náhodného pozadí, které je zbaveno statistické chyby.





Obrázek 37 – Okno krátkodobé koincidence

## Autorun interface

Tento nástroj obsahuje autorun (samoběh) pro ušetření práce. Jsou zde přednastaveny 2 typy delších runů, které se za delší dobu vyhodnotí a poskytnou uživateli výsledky ve formě kopírovatelných dat do excelu.

Dostupné jsou 2 typy runů, oba zkoumají, jak se mění procento nalezených spršek k viditelným GRB s úhlovým oknem 12°, 15° a 18° prostorového úhlu. První run toto zkoumá v okně 1 s až 250 s s krokem 1 s a druhý v okně 1 s až 1000 s taktěž s krokem 1 s.

time_window	C1	C2
1	8,10	0,00
2	12,55	0,40
3	17,00	0,40
4	19,84	0,40
5	23,48	0,81
6	27,94	0,81
7	30,36	0,81
8	34,41	0,81
9	36,84	1,21
10	41,30	1,21
11	44,94	1,21

Obrázek 38 – Autorun krátkodobé koincidence

#### xv) DLOUHODOBÁ KOINCIDENCE S GRB – METODA I.

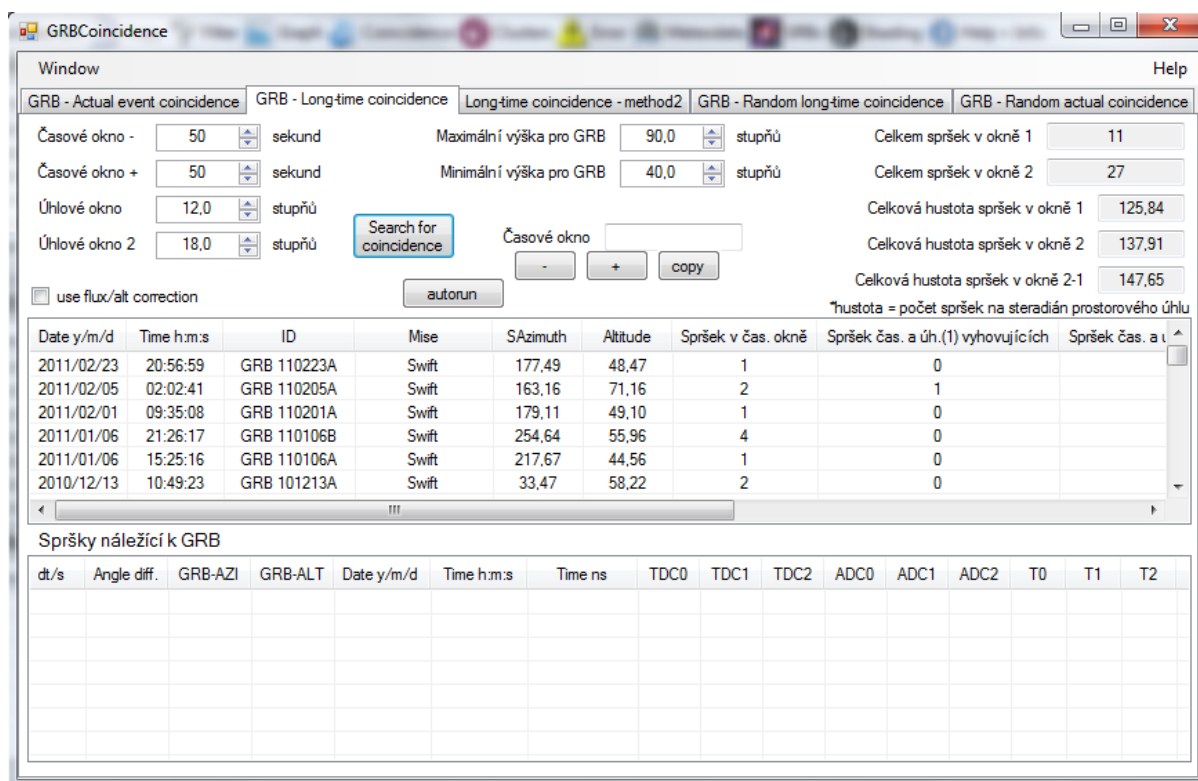
Dlouhodobá koincidence je nastavba na metodu krátkodobé koincidence, odstraňuje její nedostatky, hlavně změnu polohy GRB s časem, protože pro každou spršku počítá novou polohu GRB – souřadnice jsou tak aktuální. Díky tomu můžeme pomocí dlouhodobé koincidence zkoumat GRB po dlouhou dobu v řádu dní či desítek dní.

Dlouhodobá koincidence by měla prokázat či vyvrátit fakt, že ze směru GRB pravidelně přicházejí detekovatelné částice častěji než je obvyklé. Tento jev by se měl projevit jako přebytek v menším úhlovém okně kolem GRB oproti pozadí vzatému jako „mezikruží“ mezi větším a menším úhlovým oknem.

V nastavení dlouhodobé koincidence uživatel zvolí, kolik sekund před a po „výtrysku“ záblesku se má dané pohybující se místo na obloze sledovat, a také zvolí velikosti 2 úhlových oken. Dále lze také omezit prostor sledování GRB na pásmo výšek. Toto je výhodné, když chceme zanedbat výšky  $< 40^\circ$ , ve kterých není stanice CZELTA tak přesná v určování směru. Volitelným parametrem je „flux/alt fix“, který zajistí kompenzaci toku spršek ze všech výšek, respektive počet spršek z nižších výšek nad obzorem bude vynásoben příslušným koeficientem podle grafu „histogram výšky detekovaných spršek“.

Po vyhodnocení koincidence uživatel získá přehled, kolik bylo detekováno koincidenčních spršek v okně 1 a okně 2. Dále získá přehled o hustotách v úhlových oknech přepočítaných na 1 steradián prostorového úhlu, tak se dají mezi sebou různě velká úhlová okna porovnávat.

Obdobný nástroj je dostupný pro analýzu náhodných GRB, aby se provedla korekce případné špatné metody a nebo se vygenerovaly hodnoty náhodného pozadí.



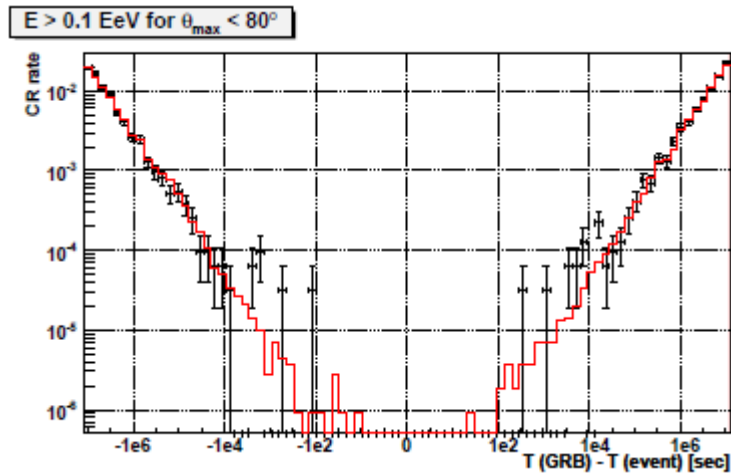
Obrázek 39 – Okno 1. metody dlouhodobé koincidence s GRB

## Autorun interfacce

Tento nástroj obsahuje autorun (samoběh) pro ušetření práce. Jsou zde přednastaveny 3 typy delších runů, které se za delší dobu vyhodnotí a poskytnou uživateli výsledky ve formě kopírovatelných dat do excelu.

Tento nástroj umožňuje spustit 3 typy runů a zadat 2 parametry.

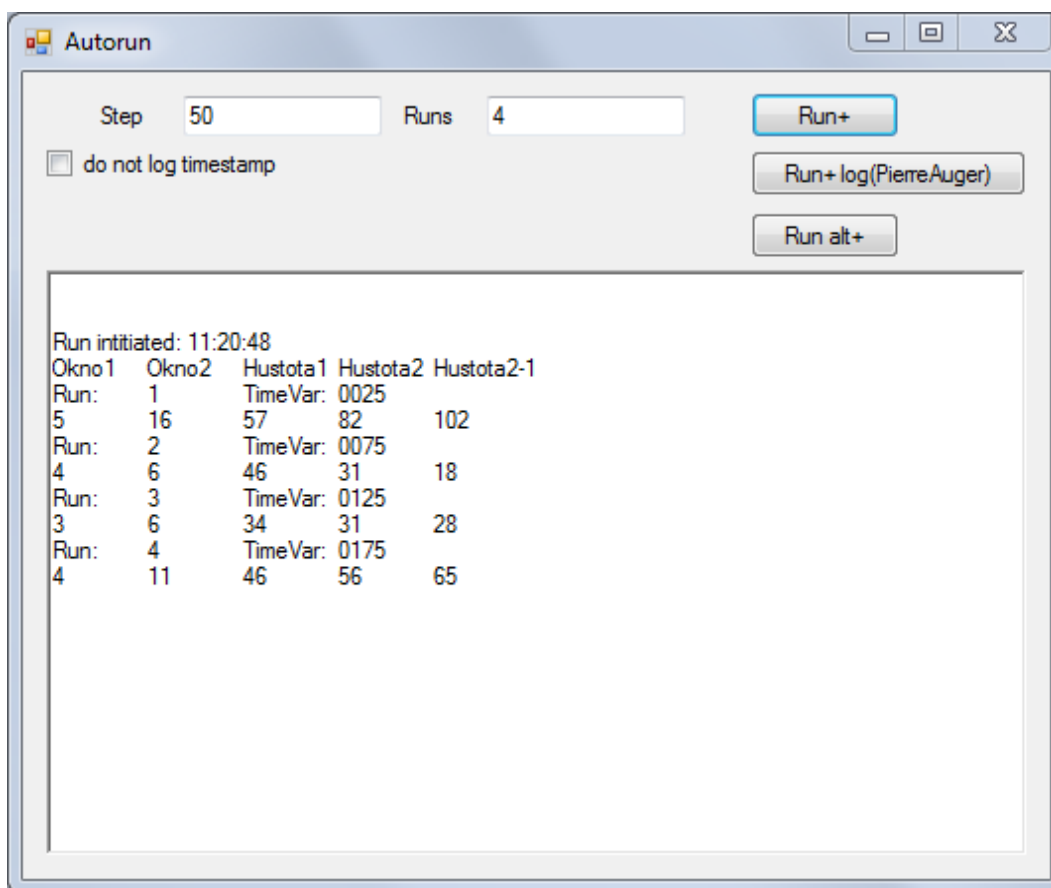
Při použití 1. typu „Run+“ se časové okno posunuje směrem do + (času po „výtrysku“) o daný interval (step) a toto je opakováno x-krát (runs). Pro každý run se vypíší informace o počtu detekovaných spršek a hustotách v úhlových oknech.



Obrázek 40 – Analýza nezapadajících GRB observatoře Pierre Auger

Při použití 2. typu „Pierre Auger“ se nebere ohled na zadané parametry a vytvoří se data pro graf podobný tomu ze zprávy z Pierre Auger, kde byl zkoumán podobný jev a žádný přebytek spršek detekován nebyl. Musíme ale vzít v úvahu, že observatoř Pierre Auger detekuje energie až od pěti řádů výše než stanice projektu CZELTA.

Při použití 3. typu „Alt+“ se nebere ohled na zadané parametry a vypočítá se koincidence postupně pro všechny „jednostupňové“ pásy výšky, tedy obloha se „nekouskuje“ na 89 pásků, vždy po 1°. Tento run je důležitý pro zjištění, zda-li funguje korekce „flux/alt fix“, a hodí se také k určení, kolik spršek detekujeme v jakých výškách při koincidenci s GRB.

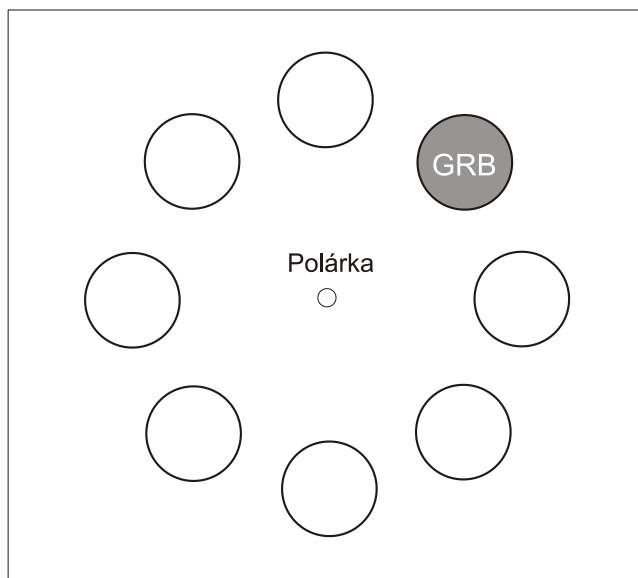


Obrázek 41 – Autorun 1. metody dlouhodobé koincidence

xvi) **DLOUHODOBÁ KOINCIDENCE S GRB – METODA II.**

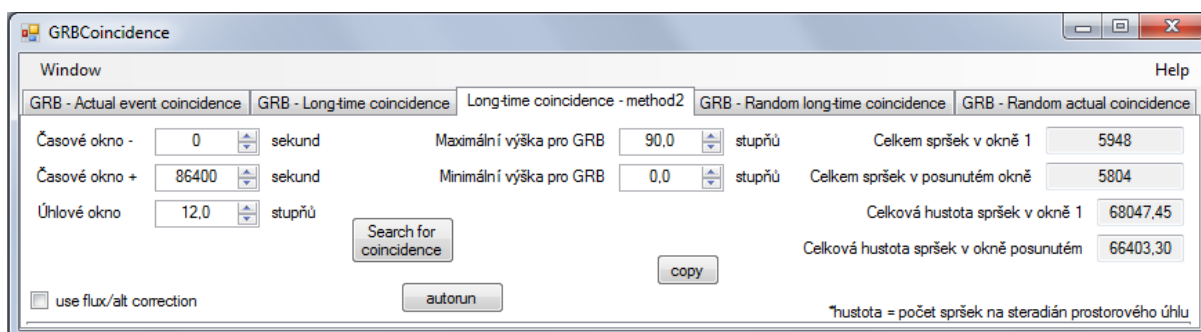
Jelikož se ukázalo, že původní metoda dlouhodobé koincidence je sama o sobě zatížena vcelku velkou chybou, která je způsobena tím, že tok spršek se s výškou nemění lineárně, bylo třeba vyvinout metodu novou.

Pozadí se neurčuje z mezikruží kolem GRB, ale ke každému okolí GRB se vytvoří ještě 7 dalších kruhů o stejné velikosti, stejné deklinaci, ale jiné rektascenzi – jsou posunuté o  $-180^\circ$ ,  $-135^\circ$ ,  $-90^\circ$ ,  $-45^\circ$ ,  $+45^\circ$ ,  $+90^\circ$ ,  $+135^\circ$ .



Obrázek 42 – Okno kolem GRB a 7 posunutých oken - pozadí

Všechny kruhy konají denní pohyb kolem Polárky (stejná deklinace) a za celý počet dní se dostávají do míst vysoko nad horizontem, kde CZELTA zachytává velký tok spršek, i do míst nízko nad horizontem, kde zachytává malý tok spršek. Z těch sedmi kruhů lze vyhodnotit ke každému GRB jeho pozadí.



Obrázek 43 – Okno 2. metody dlouhodobé koincidence s GRB

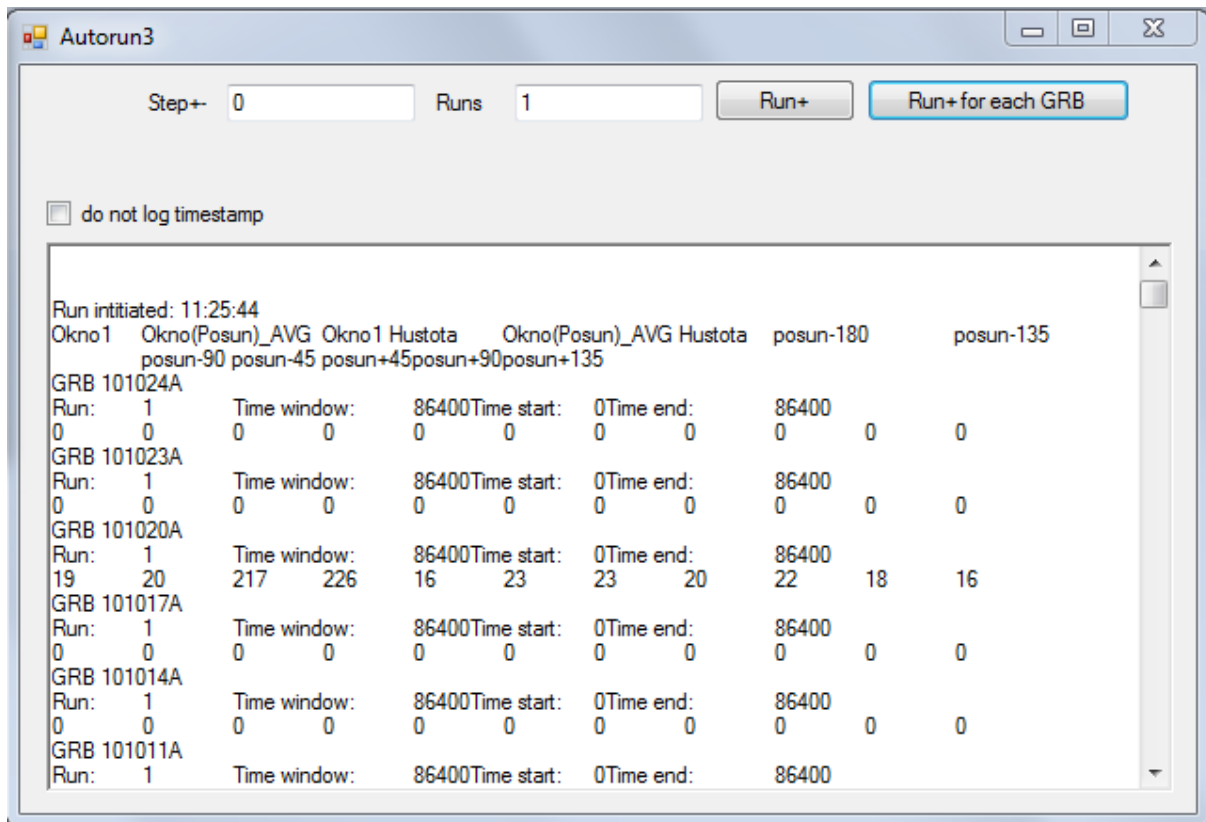
### Autorun interfacce

Tento nástroj obsahuje autorun (samoběh) pro ušetření práce. Jsou zde přednastaveny 2 typy delších runů, které se za delší dobu vyhodnotí a poskytnou uživateli výsledky ve formě kopírovatelných dat do excelu.

Volba „Run+“ rozšiřuje dané časové okno o daný počet sekund (step) a toto provede x-krát (runs). Data, která získáme po vyhodnocení koincidence, zahrnují počet spršek v okně kolem záblesku, průměrný počet spršek kolem sedmi posunutých „GRB“. Dále získáme počet spršek kolem jednotlivých „GRB“ ze sedmi posunutých.

Volba „Run+ for each“ vyžaduje zadání specifických parametrů, aby fungovala. Parametr step musí být nastaven na 0 a parametr runs na 1. Data, která získáme po

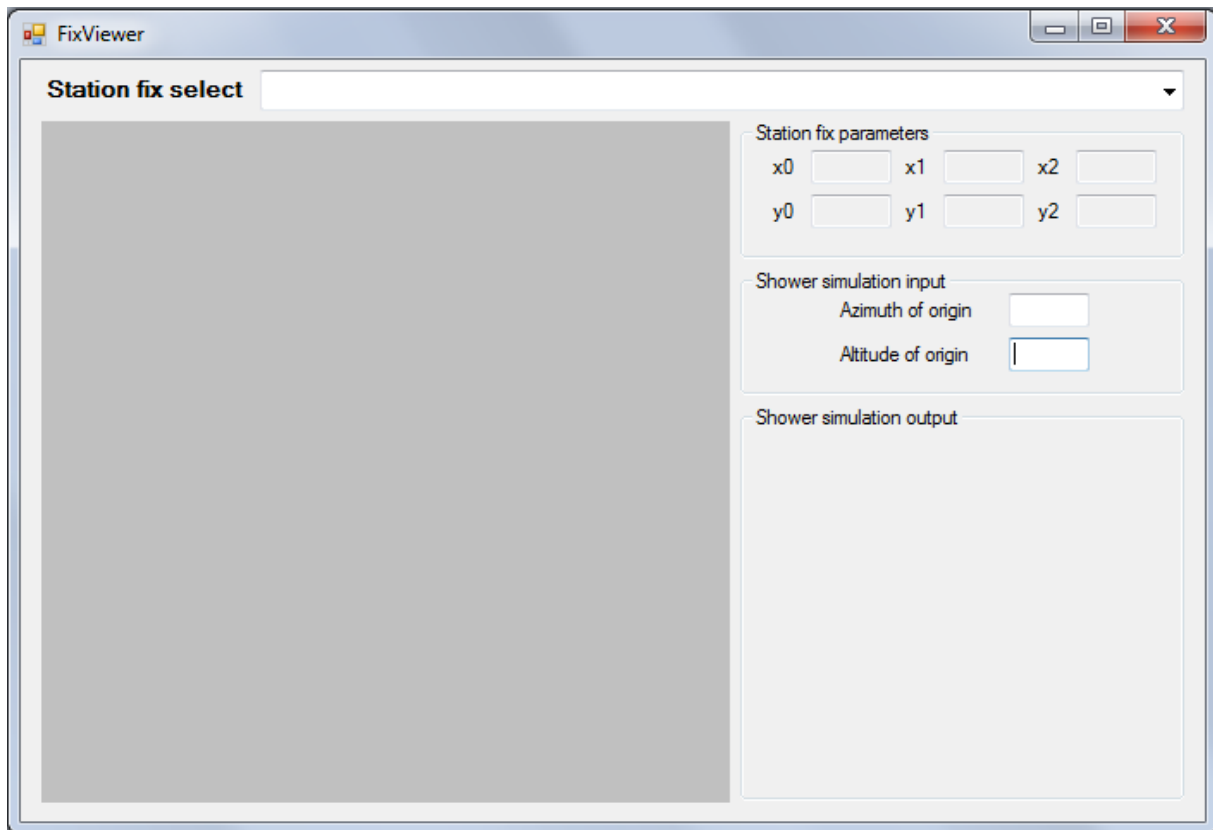
vyhodnocení koincidence zahrnují informace o detekovaných koincidenčních sprškách a porovnávacího pozadí pro každý GRB pro zvolený časový úsek. Tato metoda je esenciální pro odhalování specifických GRB s přebytkem spršek oproti svému pozadí.



Obrázek 44 – Autorun 2. metody pro koincidence s GRB

### xvii) ZOBRAZENÍ ZAMĚŘENÍ STANICE

Funkce, která není dokončená. V budoucnosti bude možné nechat si zobrazit zaměření konkrétní stanice v orientované ose souřadnic  $xy$ , orientované se severem. Dále zde bude možné nechat si zobrazit zpoždění kabelů elektroniky a simulovat spršku při zadání směru, ze kterého přišla. Tato simulace by měla zahrnovat popis funkce elektroniky, respektive hodnoty čítačů TDC.

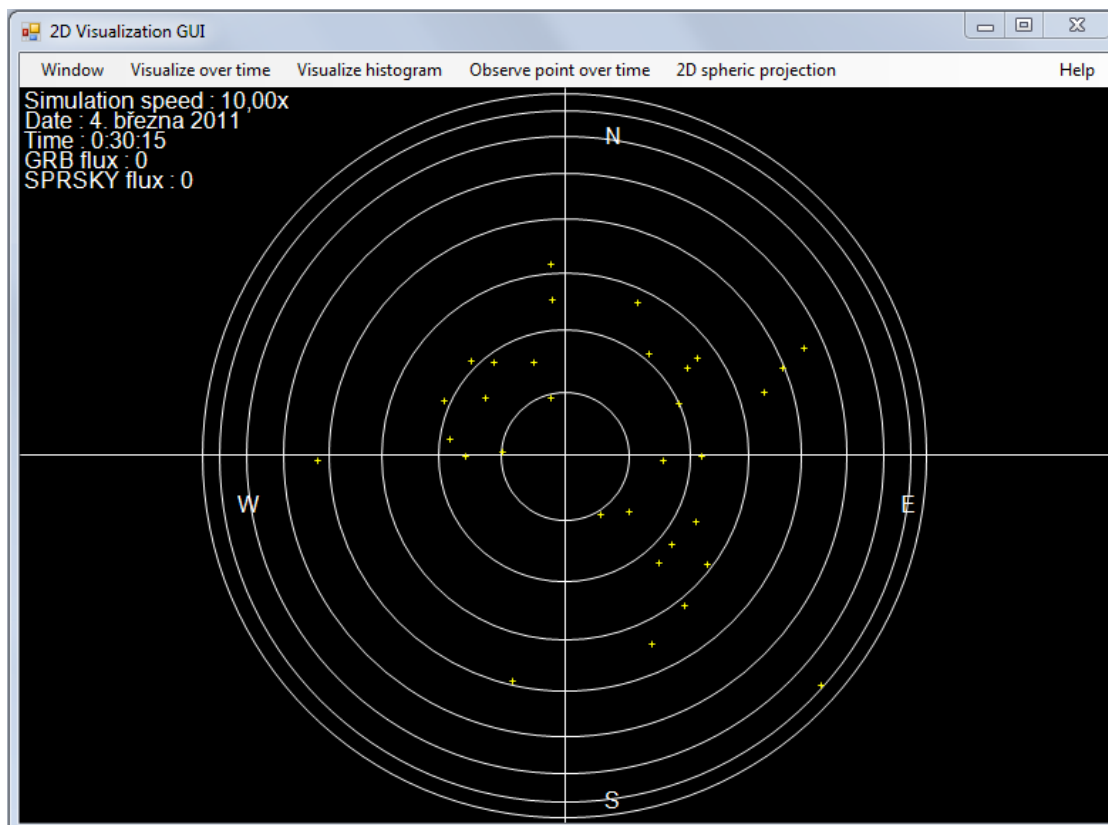


Obrázek 45 - Okno zobrazení zaměření stanice

### xviii) VIZUALIZACE PŘÍCHODU SPRŠEK

Stanice CZELTA detekuje poměrně velké množství spršek, proto by bylo dobré mít alespoň jednoduché zobrazení příchodu spršek na čase. Tato část programu je pouze experimentální.

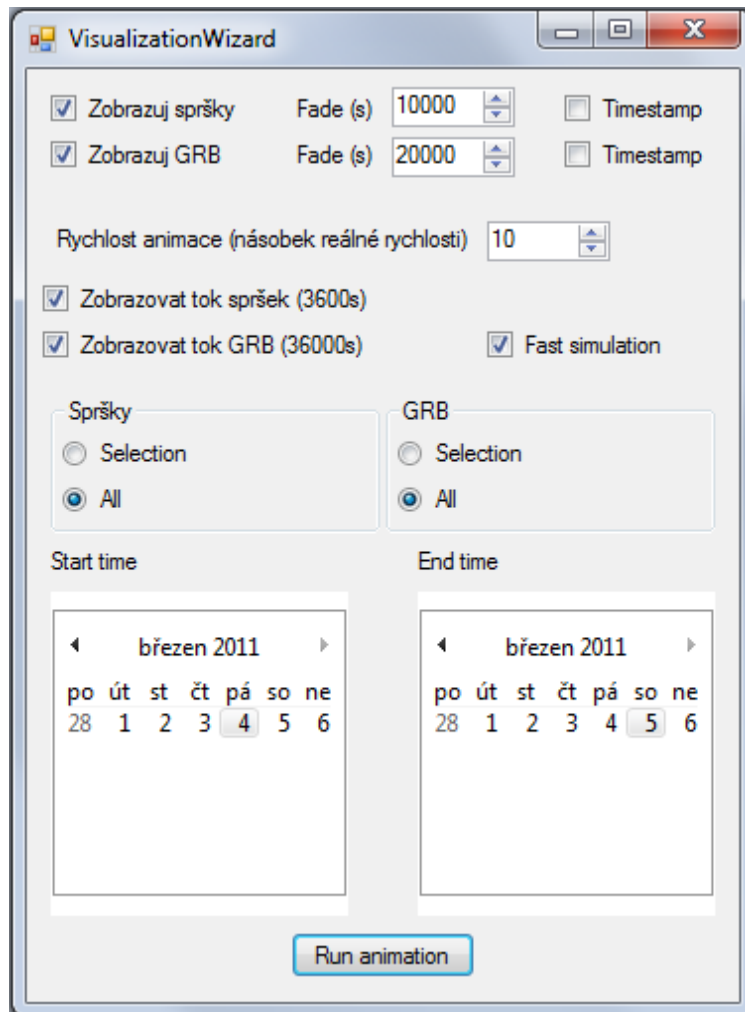




Obrázek 46 – Okno vizualizace příchodu spršek

Projekce spršek je realizována pomocí průmětu polokoule symbolizující viditelnou oblohu v azimutárních souřadnicích do roviny. Spršky jsou symbolizovány žlutými tečkami, GRB červenými. Rychlost simulace je zatím výrazně omezena možnostmi vykreslování GDI+, ale v budoucnu bude akcelerována pomocí DirectX.

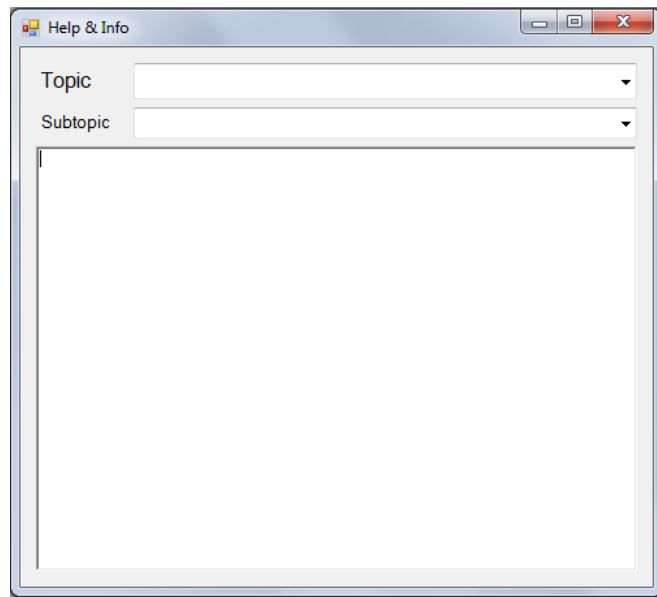
V ovládacím panelu je možné nastavit mnoho parametrů jako datum od kdy do kdy se mají vzít data, dále pak jestli zobrazovat spršky, či GRB, a jak dlouho je zobrazovat poté, co byly zachyceny.



Obrázek 47 – Nastavení zobrazení příchodu spršek

### xix) NÁPOVĚDA

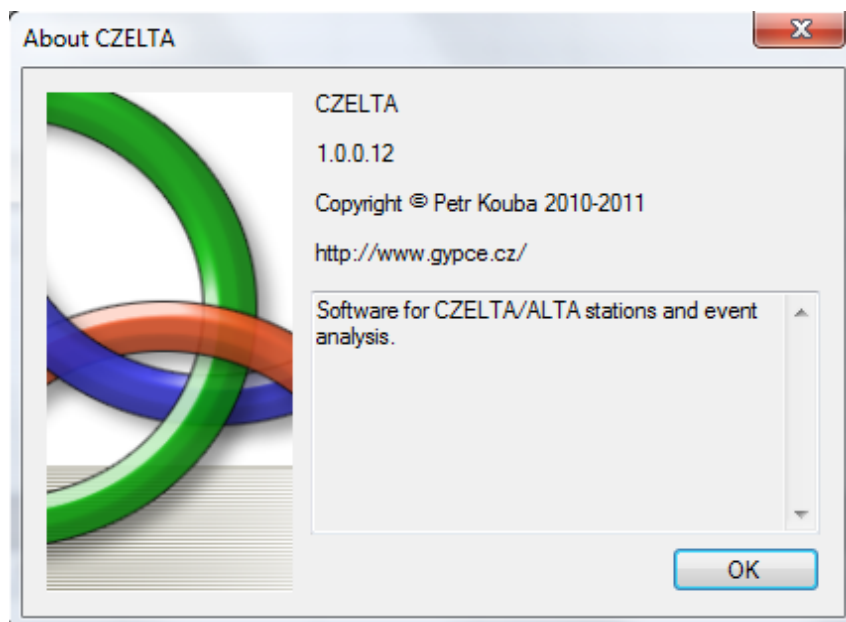
Nedokončená část programu, kde budou k nalezení informace o jednotlivých funkcích programu. Funkce budou detailně popsány – bude zmíněna časová náročnost některých funkcí a budou zde uvedeny příklady použití.



Obrázek 48 – Okno nápovědy

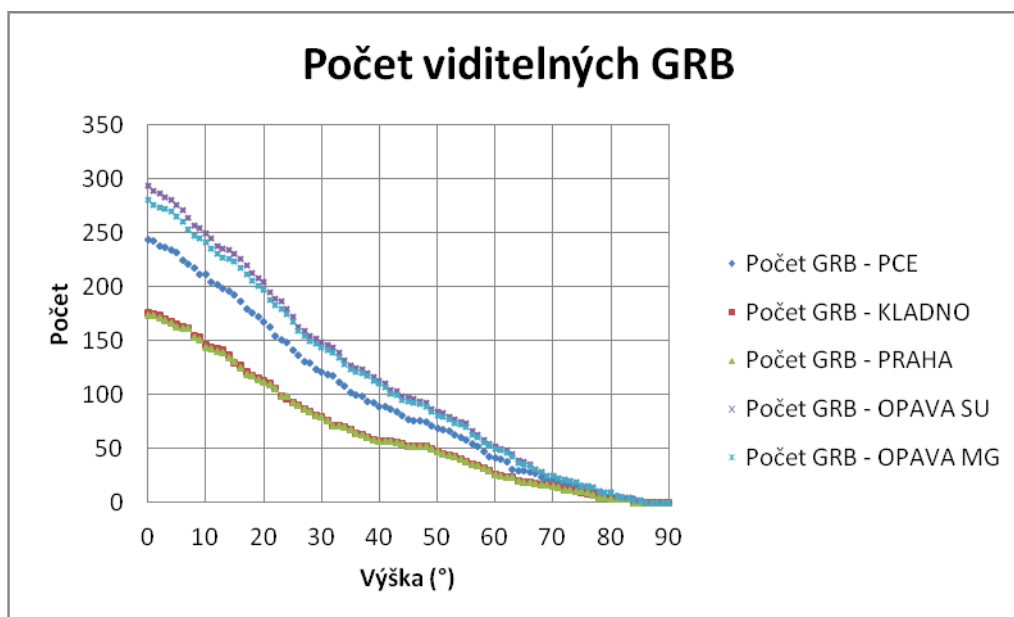
## xx) O APLIKACI

Základní informace o aplikaci jako verze, copyright a popis.



Obrázek 49 – Aboutbox

## 5) Výsledky výzkumu koincidence s GRB



Obrázek 50 – Závislost počtu viditelných GRB na výšce

Pro koincidence s GRB je důležité vědět, kolik GRB je vidět – je pozorovatelných, když omezíme výšku nad obzorem. Počty GRB jsou pro dobu od zaměření dané stanice do března 2011.

### a) Výsledky krátkodobé koincidence

	PRAHA-UTEF		PARDUBICE-GD		KLADNO-SPS		OPAVA-SU		OPAVA-MG	
	Počet GRB (č+úhlové okno)	Spršek (č+úhlové okno)	Počet GRB (č+úhlové okno)	Spršek (č+úhlové okno)	Počet GRB (č+úhlové okno)	Spršek (č+úhlové okno)	Počet GRB (č+úhlové okno)	Spršek (č+úhlové okno)	Počet GRB (č+úhlové okno)	Spršek (č+úhlové okno)
RND-5s-12°	0,75	0,76	1,17	1,18	0,70	0,71	1,58	1,60	1,80	1,84
REAL-5s-12°	2,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00
RND-5s-15°	1,11	1,14	1,75	1,77	1,06	1,08	2,37	2,42	2,79	2,87
REAL-5s-15°	3,00	3,00	3,00	4,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00
RND-5s-18°	1,58	1,63	2,47	2,52	1,45	1,49	3,30	3,39	3,90	4,04
REAL-5s-18°	4,00	4,00	5,00	6,00	3,00	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00
RND-60s-12°	6,99	8,22	11,63	13,23	6,46	7,39	14,92	17,05	17,44	20,98
REAL-60s-12°	9,00	11,00	8,00	13,00	10,00	10,00	6,00	7,00	14,00	16,00
RND-60s-15°	9,82	12,51	16,68	20,15	9,25	11,27	21,59	26,34	24,60	32,18
REAL-60s-15°	12,00	16,00	14,00	20,00	13,00	16,00	14,00	16,00	22,00	29,00
RND-60s-18°	12,68	17,57	21,80	28,14	12,13	15,89	28,27	36,82	31,68	45,25
REAL-60s-18°	14,00	21,00	17,00	25,00	16,00	24,00	21,00	27,00	31,00	43,00
RND-120s-12°	11,88	16,32	20,43	26,16	11,27	14,64	26,44	33,94	29,83	42,18
REAL-120s-12°	16,00	24,00	25,00	35,00	18,00	22,00	24,00	30,00	25,00	31,00
RND-120s-15°	15,79	24,91	27,99	39,96	15,33	22,31	36,23	52,28	39,34	64,51
REAL-120s-15°	19,00	31,00	31,00	45,00	21,00	32,00	35,00	47,00	35,00	53,00
RND-120s-18°	19,36	35,09	34,86	55,71	19,15	31,50	44,95	73,20	47,63	90,62
REAL-120s-18°	20,00	43,00	37,00	62,00	24,00	45,00	46,00	72,00	44,00	86,00

Obrázek 51 – Tabulka krátkodobé koincidence s GRB

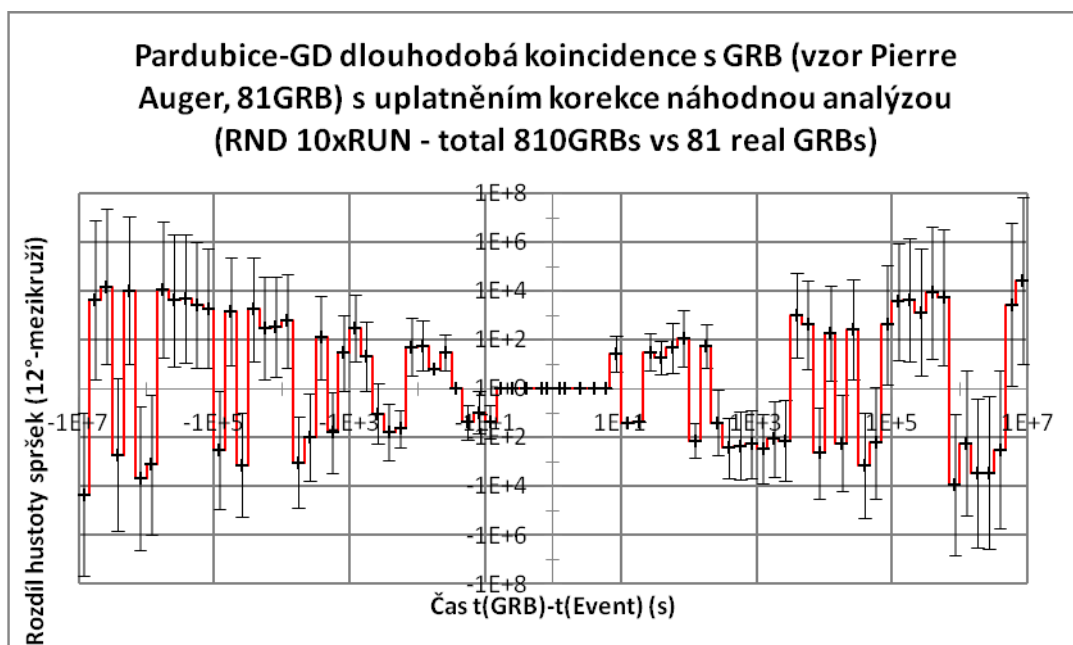
## b) Výsledky dlouhodobé koincidence

### i) METODA I.

Metoda 2 různě velkých úhlových oken kolem směru GRB. Menší okno slouží jako hodnocení zachycených událostí a větší okno slouží jako pozadí.

Bylo zjištěno, že metoda I. obsahuje chybu, která je způsobena tím, že tok spršek s výškou neroste lineárně. Z toho důvodu po zjištění chyby už metoda nebyla používána a byla vytvořena metoda II.

#### (1) CELKOVÉ VÝSLEDKY



Obrázek 52 – Výsledky dlouhodobé koincidence - metoda I.

Celkový graf nezapadajících GRB pro stanici Pardubice-GD na způsob grafu z observatoře Pierre Auger v Argentině. Je vylepšený v tom, že ukazuje hodnotu signálu – přebytek spršek v menším úhlovém okně oproti pozadí. Byla uplatněna korekce pomocí metody Monte Carlo, metoda je tedy zbavena své chyby.

### ii) METODA II.

Metoda tvoření fiktivních GRB s posunutou rektascenzí.

Příklady zajímavých GRB s výrazným přebytkem spršek oproti pozadí. Data jsou utvořena sečtením spršek všech pěti stanic CZELTA za 1 den po záblesku.

Vedle GRB s přebytkem spršek oproti pozadí jsou však i GRB s nižším počtem spršek oproti pozadí.

Gama záblesk	Spršky z kruhu GRB	Spršky z pozadí
GRB 101114A	40	31
GRB 100915B	99	79
GRB 100915A	448	420
GRB 100614A	322	295
GRB 100522A	33	22
GRB 100413A	49	38
GRB 100213A	183	157
GRB 100111A	45	38

Obrázek 53 – Zajímavé GRB dlouhodobé koincidence – metoda II.

### (1) CELKOVÉ VÝSLEDKY

Celkem nebylo prokázáno, že počet GRB, které u sebe mají přebytek spršek je větší, než počet GRB, které tento přebytek nemají. Přebytek u některých GRB vyrovnává úbytek u jiných GRB.

## 6) Další zajímavé výsledky

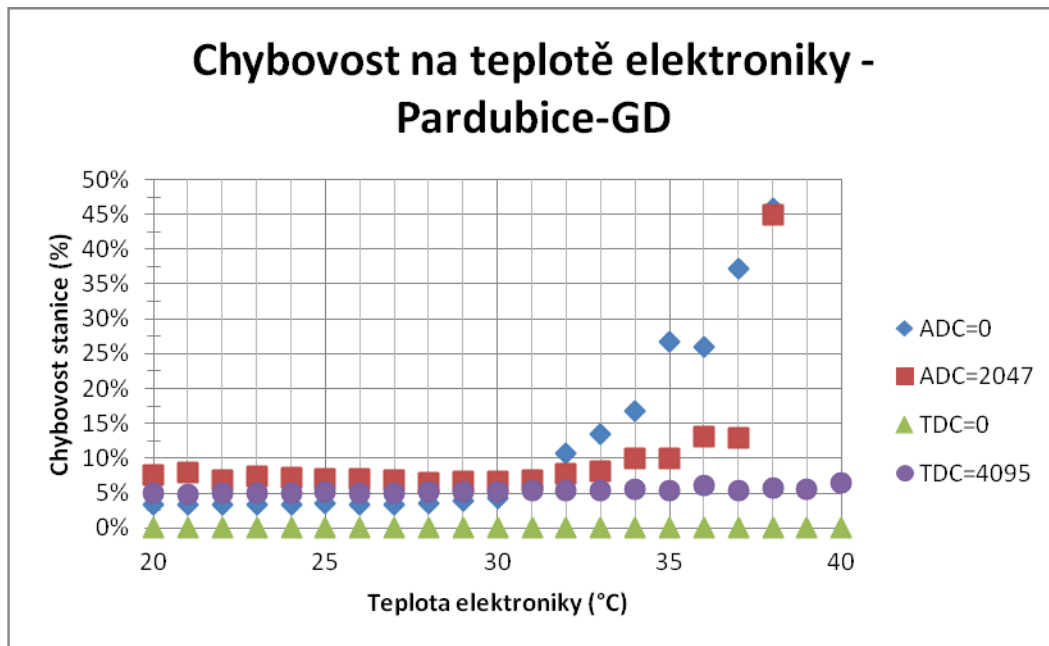
### a) Koincidence 2 stanic v Opavě



Obrázek 54 – Experiment v Opavě – porovnání určení směru

Nejvýznamnější výsledek experimentu v Opavě je graf závislosti chyby určení směru na výšce příchodu spršky. Tímto se potvrdily závěry vyvozené ze simulací programem Corsika a potvrdilo se, že stanice je schopna rekonstrukce směru.

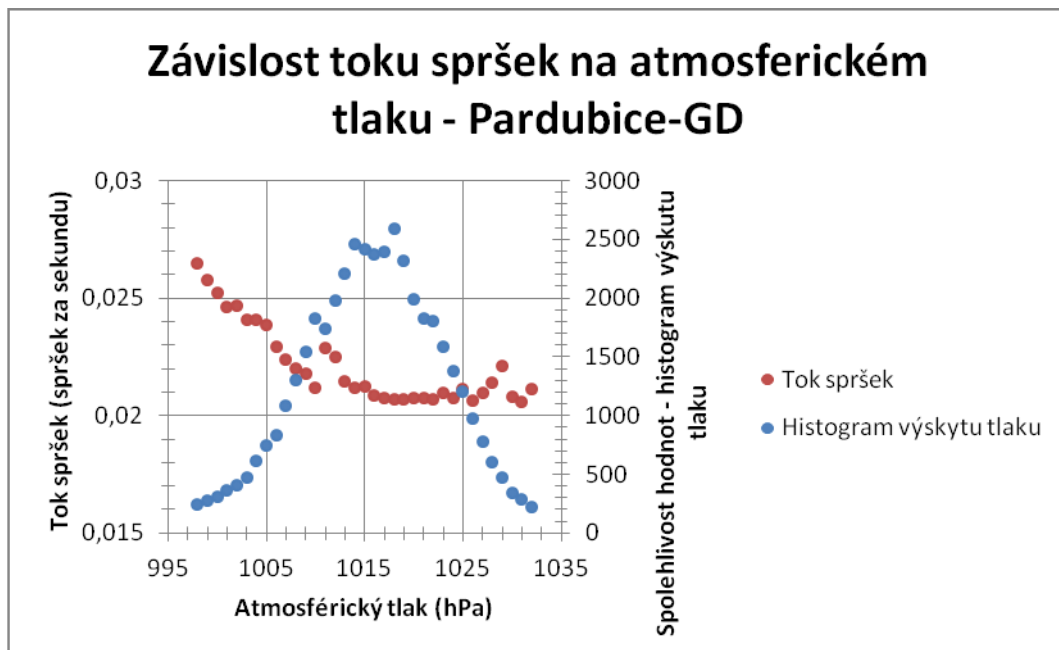
## b) Chybovost stanic



Obrázek 55 – Závislost chybovosti na teplotě

Bylo zjištěno, že stanice CZELTA chybuje, když překročí jistou teplotu. Tato teplota se u jednotlivých stanic liší. Chyba je způsobena špatným převodem signálu na energii – ADC.

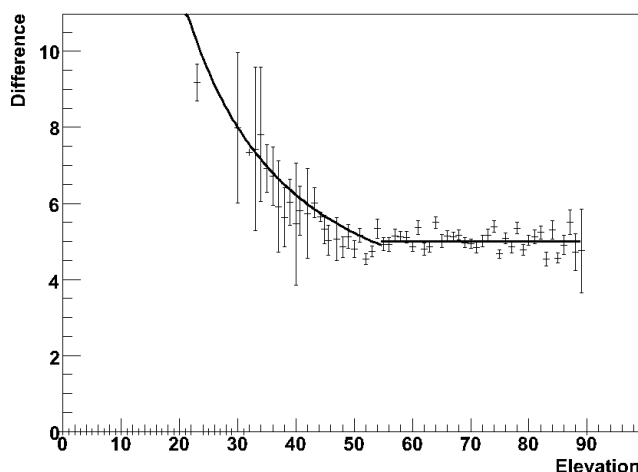
## c) Závislost toku srážek na teplotě



Obrázek 56 – Závislost toku srážek na atmosférickém tlaku (jde o histogram tlaku)

Bylo zjištěno, že tok spršek detekovaný na stanici CZELTA je ovlivňován atmosférickým tlakem. Z grafu je patrné, že při růstu tlaku počet spršek klesá.

#### d) Přibližná chyba stanice v určení směru spršky



Obrázek 57 – Simulace corsika

Simulace provedené v programu Corsika ukázaly, že směrodatná odchylka  $\sigma$  pro výšku nad obzorem  $h > 40^\circ$  je přibližně  $\sigma = 6^\circ$ . Pokud bychom uvažovali gaussovské rozdělení, bude skutečná poloha spršky ležet v okolí  $2\sigma = 12^\circ$  s 95% pravděpodobností.

Výsledky experimentu v Opavě dávají průměrnou odchylku v určení směru dvěma stanicemi  $10,6^\circ$ . To podporuje předchozí úvahu.

## 7) Závěr

Podarilo se vytvořit program pro analýzu dat CZELTA s přehledným uživatelským rozhraním, který je schopný vykonávat mnoho funkcí. Je napsán v přehledném a snadno naučitelném jazyce Visual Basic .NET.

Výsledky, které se dají pomocí programu získat, jsou velice zajímavé a mají velký význam pro fyzikální část projektu CZELTA.

Bylo by vhodné, aby v rozšiřování programu někdo pokračoval. I drobná doplnění a úpravy současného rozsáhlého programu jsou schopná přinést další podstatné výsledky. Na další práci na programu bych se rád dál podílel i já sám.

Plány na budoucí vylepšení programu zahrnují:

- Pokročilé filtrace spršek – tvorba filtrů
- Pokročilá nastavení programu
- Podpora více jazyků
- Interpretovaný programovací jazyk - scriptování



## Seznam zdrojů

- 1) HANÁK, Ján. *Visual Basic 2005 : pro pokročilé*. První vydání. Brno : Zoner Press, 2006. 316 s. ISBN 80-86815-52-8
- 2) REYNOLDS-HAERTLE, Robin. *OOP : objektově orientované programování VB.NET/VC#.NET krok za krokem*. První vydání. Praha : Mobil Media, 2002. 424 s. ISBN 80-86593-25-8
- 3) FELDMAN, Gary; COUSINS, Robert. Unified approach to the classical statistical analysis of small signals. *Physical Review D*. 1998, VOLUME 57, NUMBER 7, s. 1-17.
- 4) HAMILTON, Andrew. *ALTA: Alberta Large Area Time Coincidence Array*. Edmonton, 2006. 125 s. Diplomová práce. University of Alberta
- 5) BROUWER, W. *The ALTA cosmic ray experiment electronics system*. Edmonton, 2004. 11 s. Oborová práce. University of Alberta
- 6) BROUWER, W. *The ALTA global positioning satellite based timing system*. Edmonton, 2002. 11 s. Oborová práce. University of Alberta
- 7) BROUWER, W. *The Canada-Wide Network of Large Area Cosmic Ray Time Coincidence Array Telescopes*. Edmonton, 2001. 3 s. Oborová práce. University of Alberta
- 8) BLASCHKE, F. *CZELTA: An overview of the Czech Large-Area Time Coincidence Array*. Opava, 2010. 4 s. Oborová práce. Univerzita Opava
- 9) PINFOLD, J. *The NALTA project - A North American Network of Sparse Very Large Area Air Shower Arrays*. Alberta, 2003. 13 s. Oborová práce. University of Alberta
- 10) JOHNSTON, Andrew. *Triangulation Procedure for ALTA Cosmic Ray Detectors*. Alberta, 2002. 7 s. Oborová práce. University of Alberta
- 11) BOHÁČOVÁ, M. *Cosmic rays form GRBs and SGR 1806-20*. Argentina, 2006. 8 s. Oborová práce. Pierre Auger Observatory
- 12) SMOLEK, Karel. *Analýza dat ze stanice CZELTA-UTEF*. Praha, 2006. 10 s. Oborová práce. UTEF CVUT
- 13) SMOLEK, Karel. *Základní informace o vysokoenergetickém kosmickém záření*. Praha, 2006. 6 s. Oborová práce. UTEF CVUT
- 14) BENEŠ, Petr. *CZELTA : základní přehled a popis technického vybavení*. Praha, 2006. 14 s. Oborová práce. UTEF CVUT
- 15) *Cosmic Extremes : The Search for the Origin of Cosmic Rays*. *Cosmic Extremes*. 2003, -, s. 1-11
- 16) FAJT, Lukáš. *Gama záblesky*. Pardubice, 2010. 32 s. Oborová práce. Gymnázium Dašická Pardubice
- 17) HUBÍK, Jan. *Hromadné zpracování dat o kosmickém záření*. Pardubice, 2009. 52 s. Oborová práce. Gymnázium Dašická Pardubice
- 18) SLABÝ, Jiří. *Detekce vysokoenergetického kosmického záření CZELTA*. Pardubice, 2008. 76 s. Oborová práce. Gymnázium Dašická Pardubice
- 19) NASA [online]. 2011 [cit. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://www.nasa.gov/>>
- 20) *ALTA Cosmic Ray Experiment* [online]. 2011 [cit. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://csr.phys.ualberta.ca/~alta/>>
- 21) *Wikipedia* [online]. 2011 [cit. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/>>
- 22) *Gamma-ray Burst Real-time Sky Map* [online]. 2011 [cit. 2011]. Dostupné z WWW: <<http://grb.sonoma.edu/>>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Modelová sekundární sprška .....	9
Obrázek 2 – Simulace sekundární spršky .....	100
Obrázek 3 – Stanice CZELTA .....	100
Obrázek 4 – Modelová sekundární sprška .....	111
Obrázek 5 – Umělecké ztvárnění gama záblesku .....	111
Obrázek 6 – GRB 080319B, vlevo rentgenové spektrum, vpravo .....	11
Obrázek 7 – GRB 060218, optické pozorování.....	12
Obrázek 8 – Družice Swift.....	12
Obrázek 9 – Družice Fermi.....	13
Obrázek 10 – Družice INTEGRAL .....	13
Obrázek 11 – Hvězdná mapa pro GRB .....	14
Obrázek 12 – Webové stránky grb.sonoma.edu, detaily gama záblesku .....	14
Obrázek 13 – Logo GRBlog.org .....	15
Obrázek 14 – Webová stránka GRBlog.org, detaily gama záblesku .....	15
Obrázek 15 – Logo Visual Studio 2010 .....	17
Obrázek 16 – Logo Visual Basic .NET .....	18
Obrázek 17 – Logo ROOT.....	18
Obrázek 18 – Logo GNUPlot .....	19
Obrázek 19 – Uvítací splashscreen programu pro analýzu dat.....	19
Obrázek 20 – Hlavní obrazovka programu .....	20
Obrázek 21 – Hlavní definované třídy .....	21
Obrázek 22 – Jak se dostat k automatickému updatu .....	22
Obrázek 23 – Informace o novinkách a updatech.....	23
Obrázek 24 – Načítání souboru se sprškami .....	24
Obrázek 25 – Okno pro filtraci dat.....	24
Obrázek 26 – Okno pro kopírování dat.....	25
Obrázek 27 – Okno pro tvorbu grafů .....	25
Obrázek 28 – Okno koincidence 2 a více stanic CZELTA.....	26
Obrázek 29 – Okno hledání clusterů.....	27
Obrázek 30 – Okno analýzy chybovosti stanice na teplotě elektroniky .....	28
Obrázek 31 – Okno hledání fluktuací v meteodatech .....	28
Obrázek 32 – Okamžité zobrazení zvolené fluktuace .....	29
Obrázek 33 – Okno získávání meteodat z pocasi.divoch.cz.....	29
Obrázek 34 – Okno zákrytu nebeskými tělesy .....	30
Obrázek 35 – Okno zjišťování viditelnosti GRB.....	31
Obrázek 36 – Okno generování náhodných GRB .....	32
Obrázek 37 – Okno krátkodobé koincidence.....	33
Obrázek 38 – Autorun krátkodobé koincidence .....	34
Obrázek 39 – Okno 1. metody dlouhodobé koincidence s GRB .....	35

Obrázek 40 – Analýza nezapadajících GRB observatoře Pierre Auger .....	36
Obrázek 41 – Autorun 1. metody dlouhodobé koincidence.....	37
Obrázek 42 – Okno kolem GRB a 7 posunutých oken - pozadí.....	38
Obrázek 43 – Okno 2. metody dlouhodobé koincidence s GRB .....	38
Obrázek 44 – Autorun 2. metody pro koincenci s GRB.....	39
Obrázek 45 - Okno zobrazení zaměření stanice.....	40
Obrázek 46 – Okno vizualizace příchodu spršek.....	41
Obrázek 47 – Nastavení zobrazení příchodu spršek.....	42
Obrázek 48 – Okno nápovědy .....	43
Obrázek 49 – Aboutbox .....	43
Obrázek 50 – Počet viditelných GRB na výšce .....	44
Obrázek 51 – Tabulka krátkodobé koincidence s GRB .....	44
Obrázek 52 – Výsledky dlouhodobé koincidence - metoda I.....	45
Obrázek 53 – Zajímavé GRB dlouhodobé koincidence – metoda II.....	46
Obrázek 54 – Experiment v Opavě .....	46
Obrázek 55 – Chybovost na teplotě .....	47
Obrázek 56 – Tok spršek na atmosférickém tlaku .....	47
Obrázek 57 – Simulace corsika .....	48

## Seznam příloh

A.0 – elektronická příloha - PROGRAM.ZIP

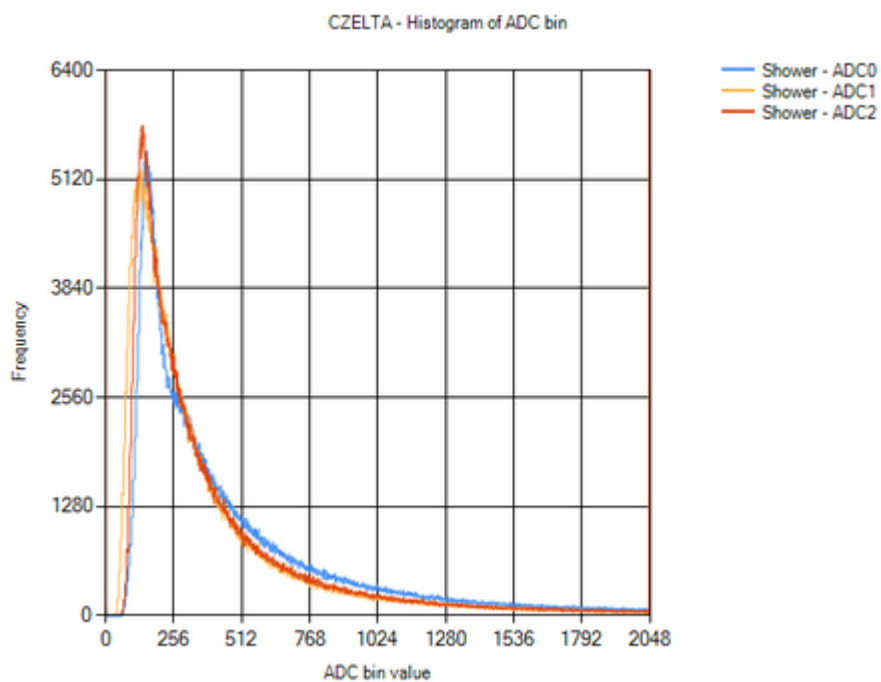
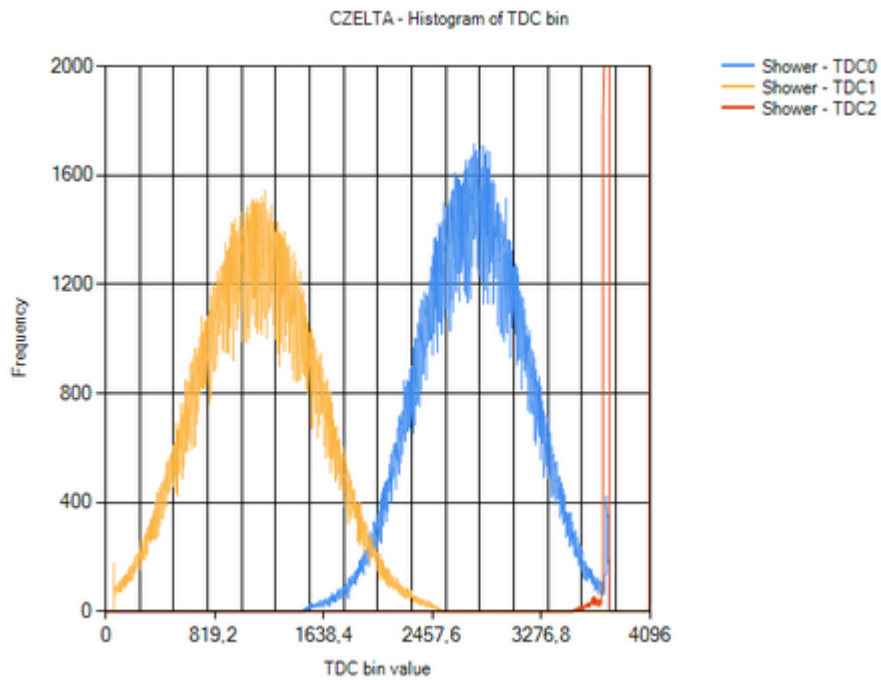
A.1 – ukázka grafů z programu

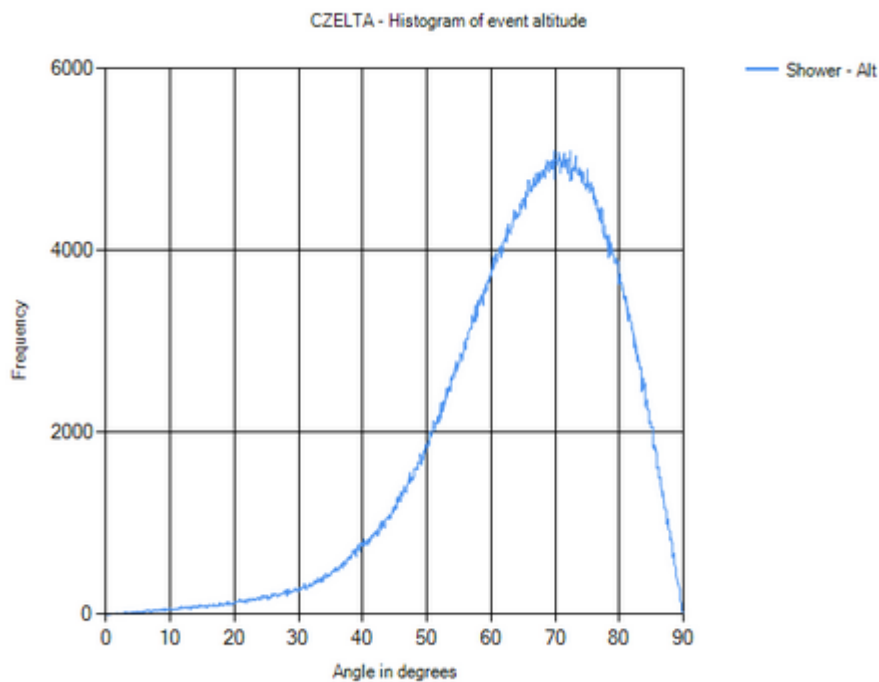
A.2 – ukázka grafů z výstupu programu

## A.1 – ukázka grafů z programu

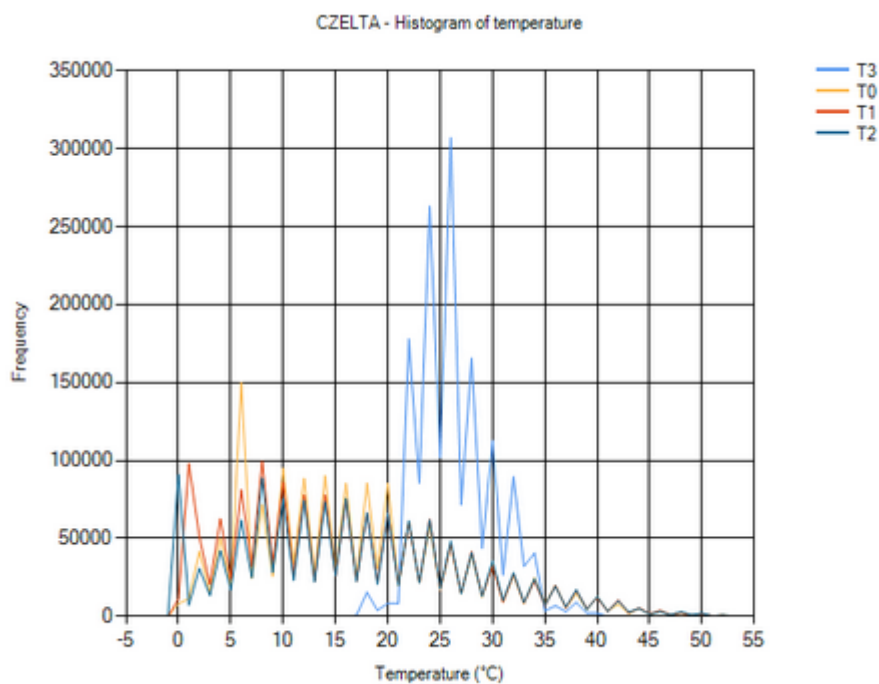
### (a) Grafy zobrazující fungování stanice CZELTA

Grafy zobrazující fungování stanice CZELTA. Konkrétně stanice Pardubice-GD, data od doby záměny zpoždovacích kabelů.

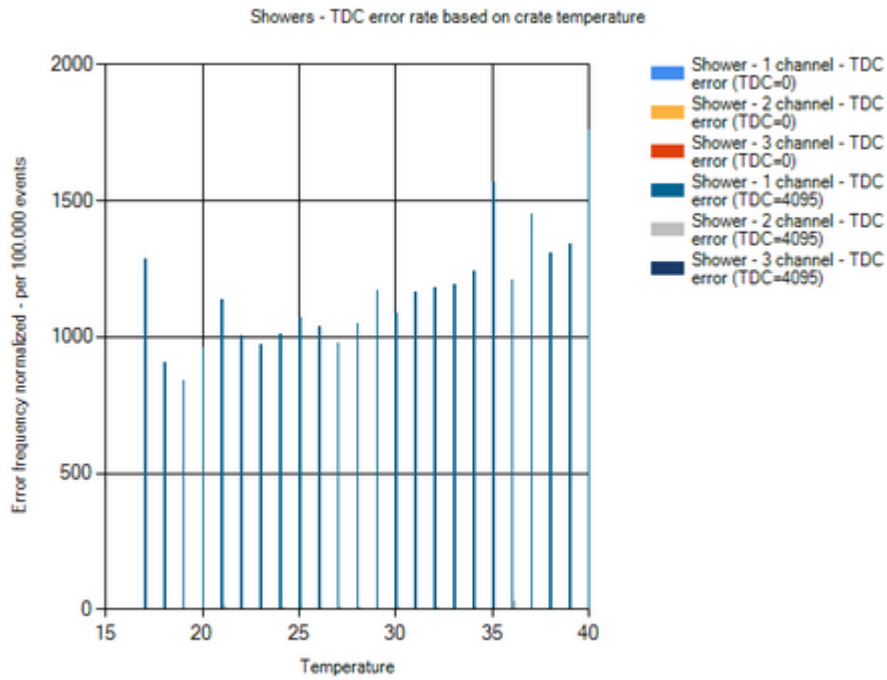




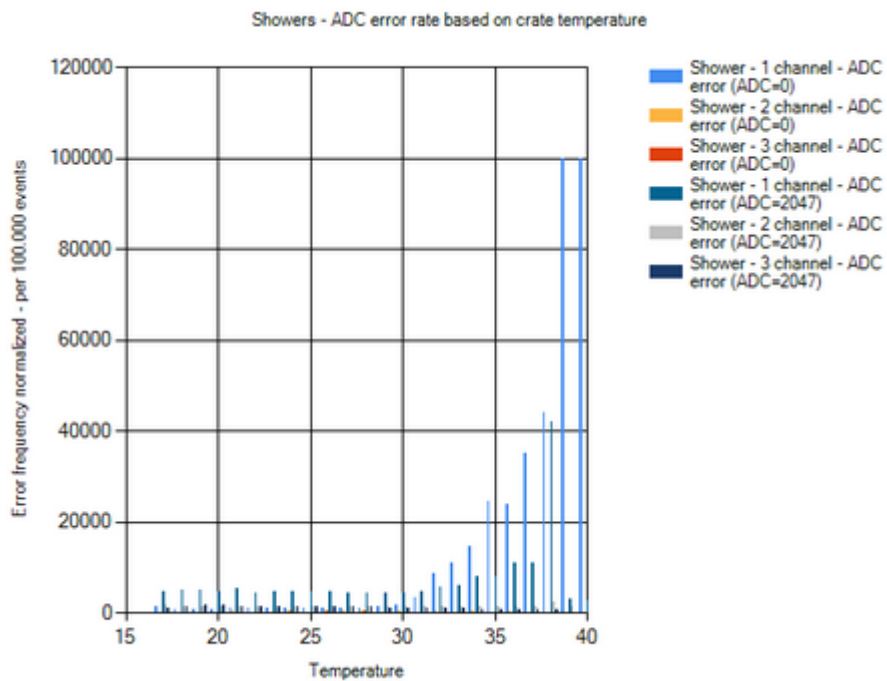
Histogram výšky detekovaných spršek – obdobně i ostatní souřadnice (azimut, deklinace, rektascenze, galaktická výška, galaktická šířka)



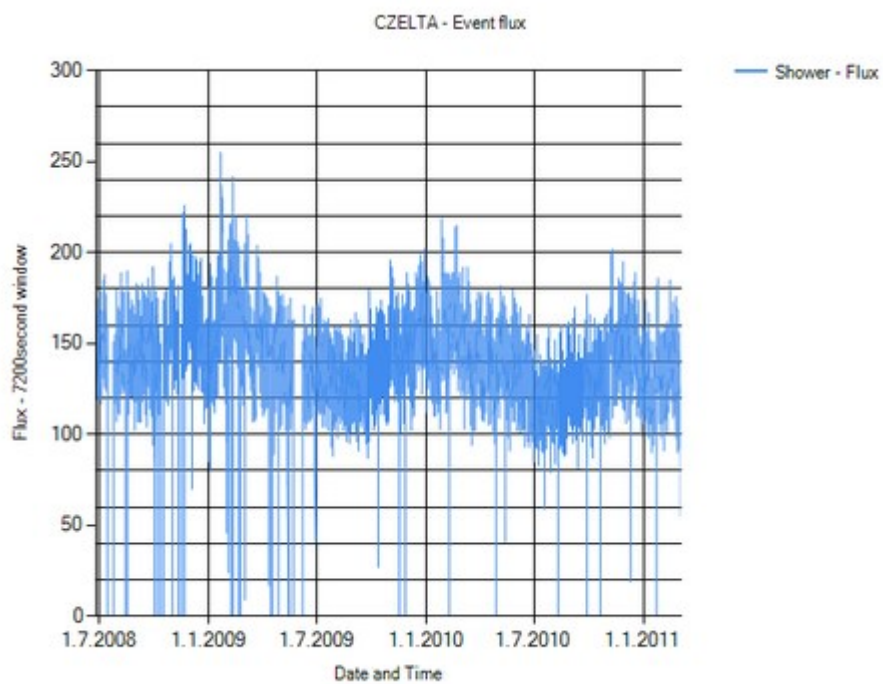
Histogram teploty – T3 je krabice s elektronikou, T0-2 boxy s detektory



Chyba TDC na teplotě, normalizováno na 100.000 událostí



Chyba ADC na teplotě, normalizováno na 100.000 událostí

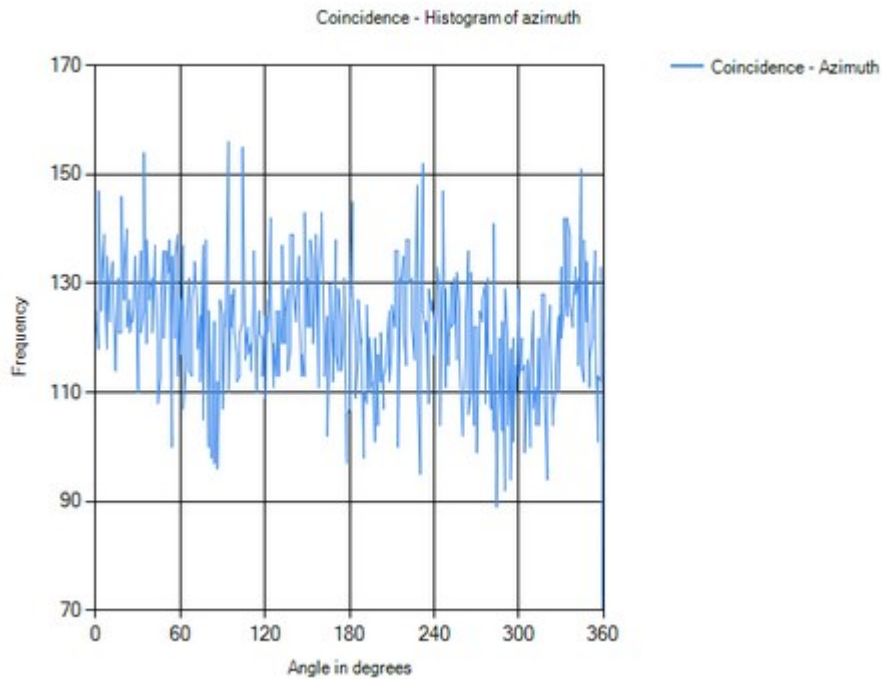


Tok spršek, okno o velikosti 2 hodiny s posunem po 1 hodině

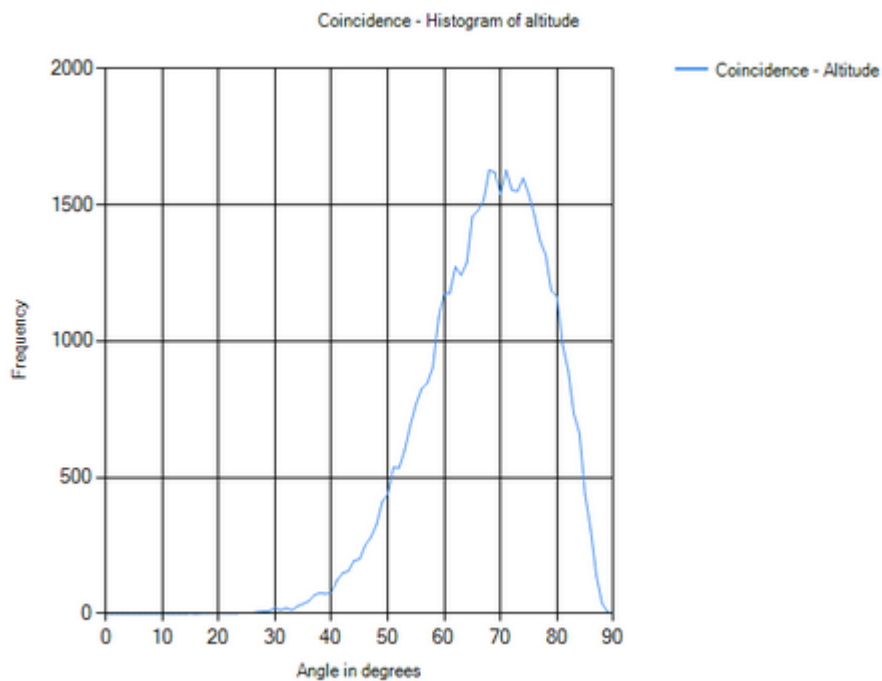


*(b) Grafy koincidence 2 stanic*

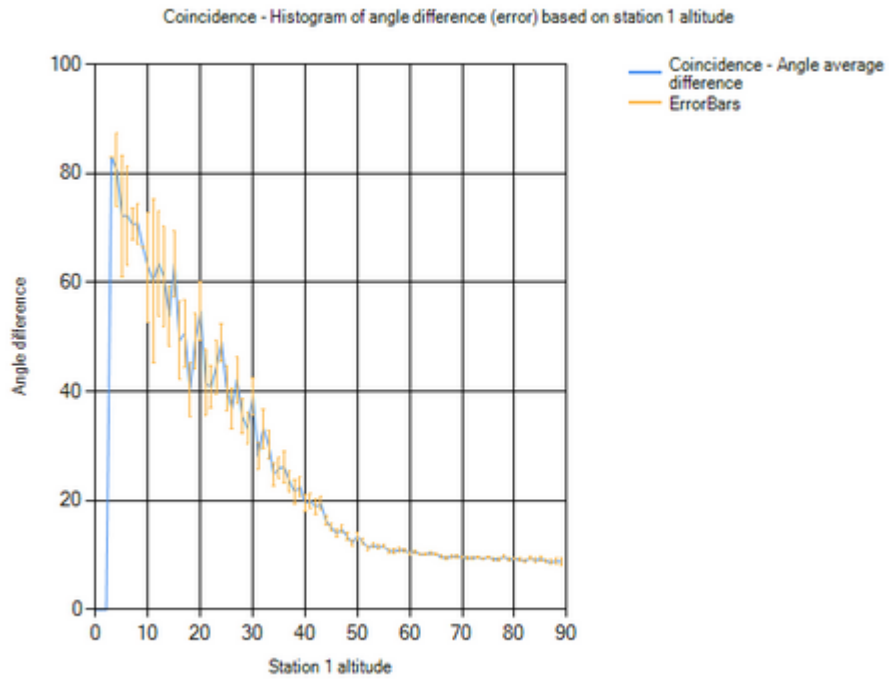
Grafy zobrazující výsledky experimentu v Opavě, kdy byly 2 stanice CZELTA postaveny na sobě a docházelo tak ke koincenci.



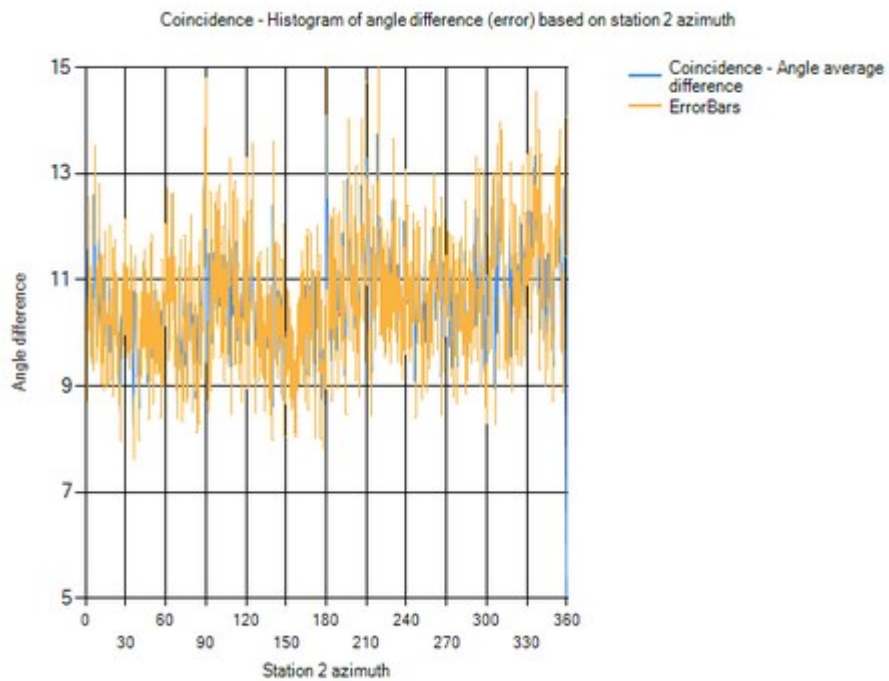
Histogram azimutu koincidenčních spršek



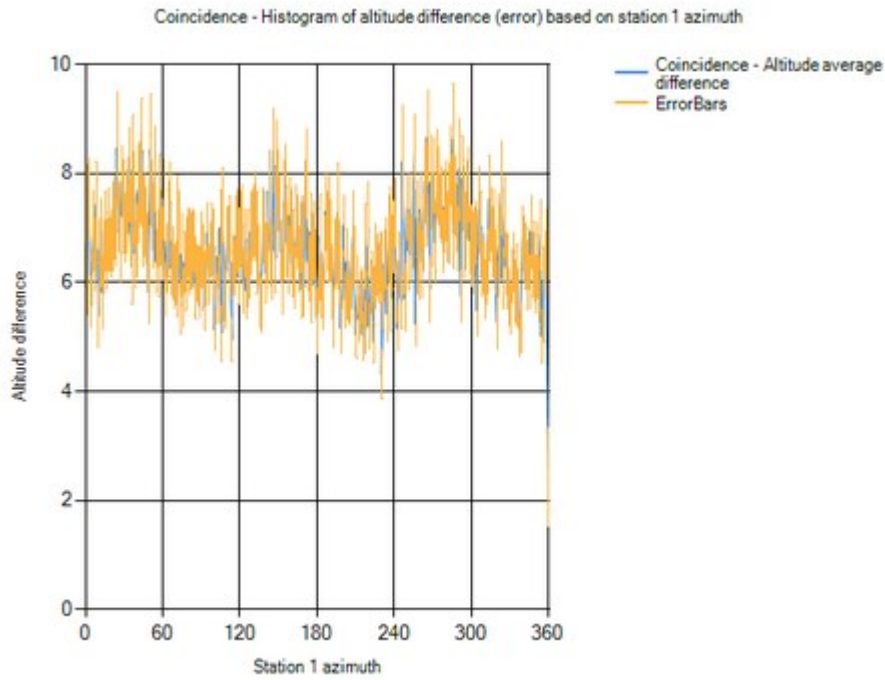
Histogram výšky koincidenčních spršek



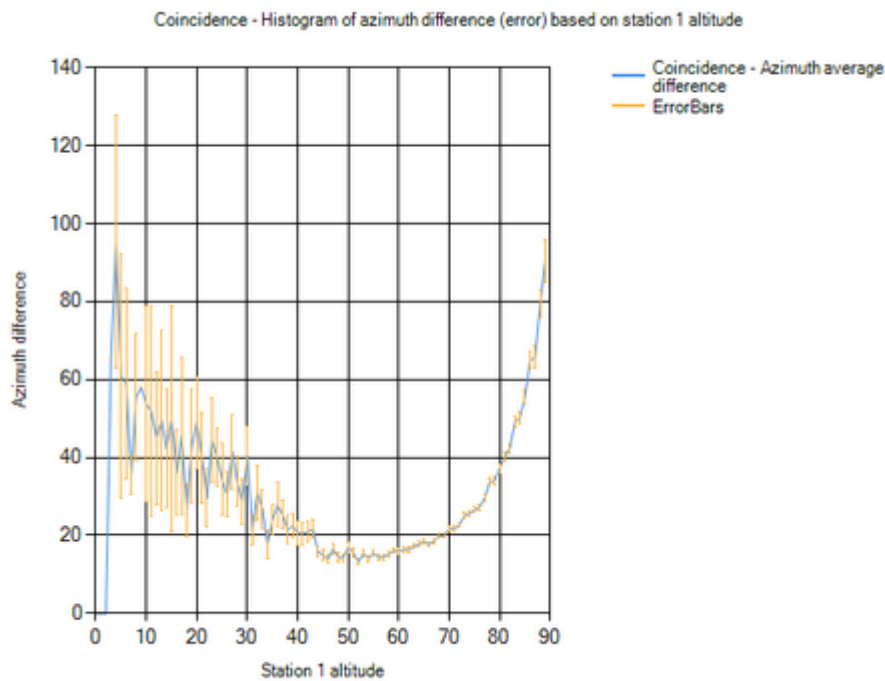
Graf chyby v určení směru příletu spršky na výšce spršky



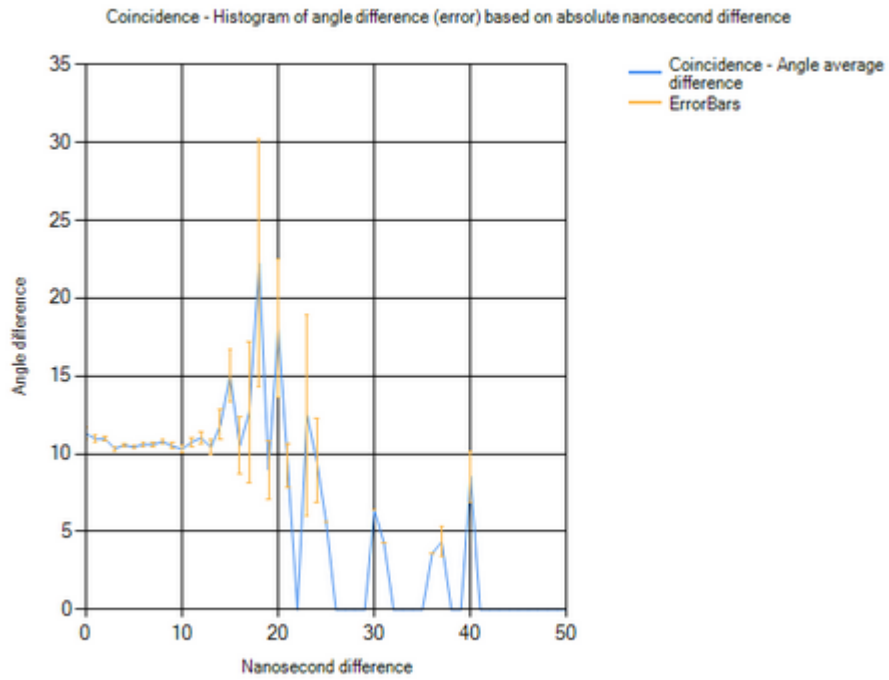
Graf chyby v určení směru příletu spršky na azimutu spršky



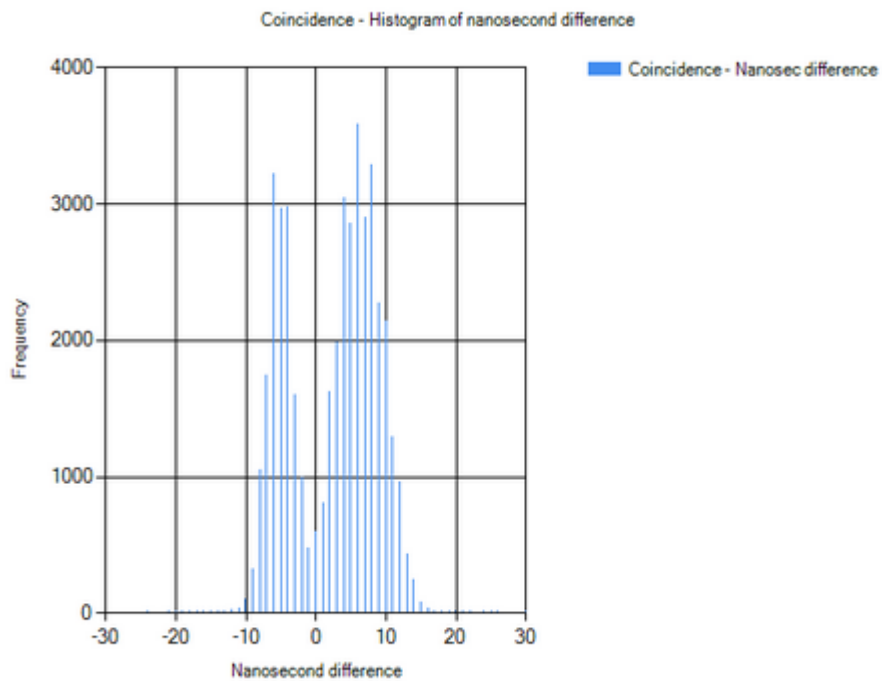
Graf chyby v určení výšky spršky na azimutu spršky



Graf chyby v určení azimutu spršky na výšce spršky



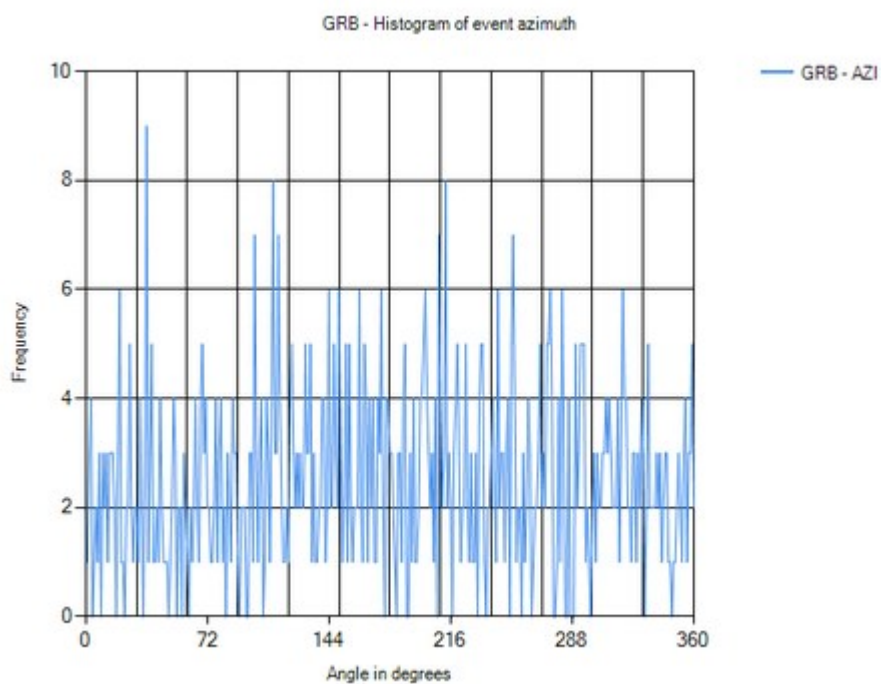
Graf chyby v určení směru příletu spršky na rozdílů časů koincidenčních spršek



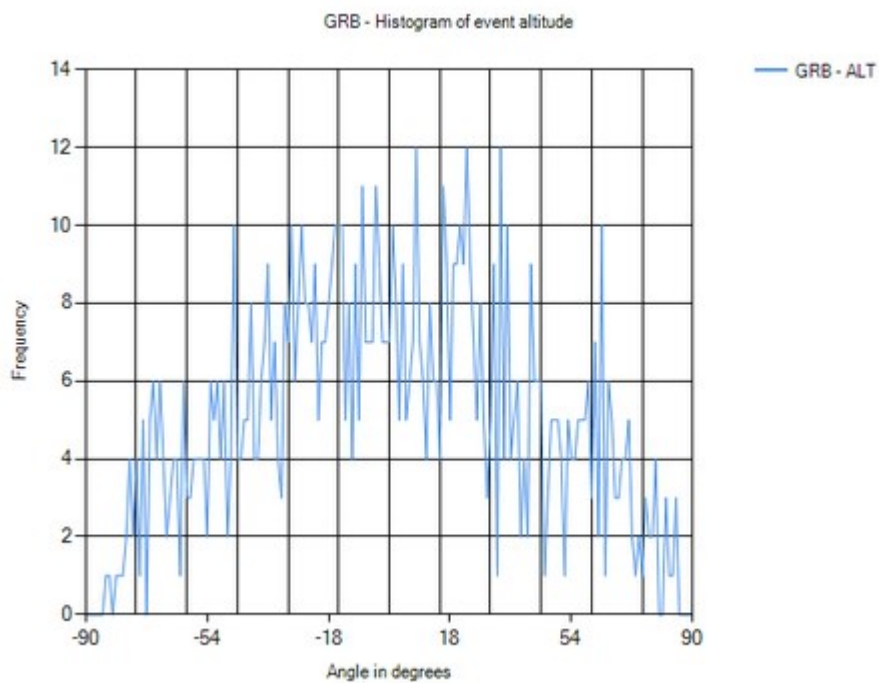
Histogram rozdílů časů 2 koincidenčních spršek  
2 peaky jsou způsobeny změnou zavěšení GPS v průběhu experimentu

*(c) Grafy - gama záblesky*

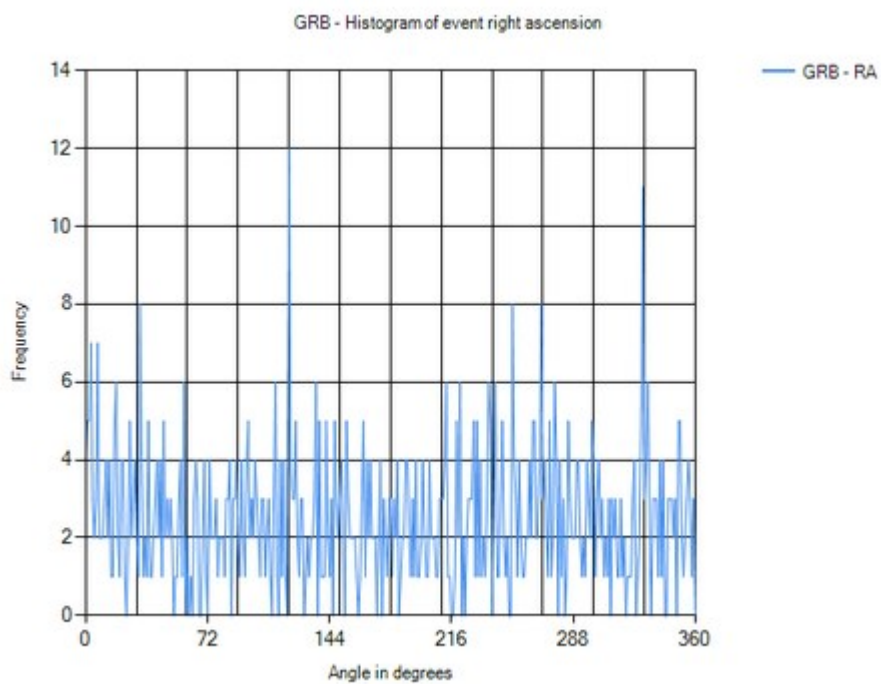
Grafy z dat o záblescích gama, která byla stažena z internetu.



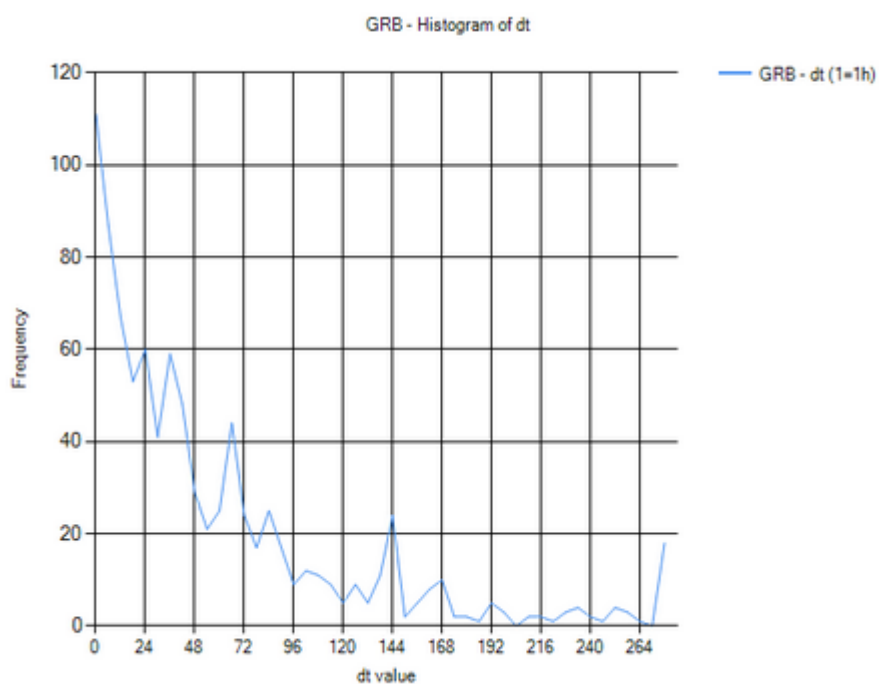
Histogram azimutu gama záblesků pozorovaných z Pardubic



Histogram výšky gama záblesků pozorovaných z Pardubic



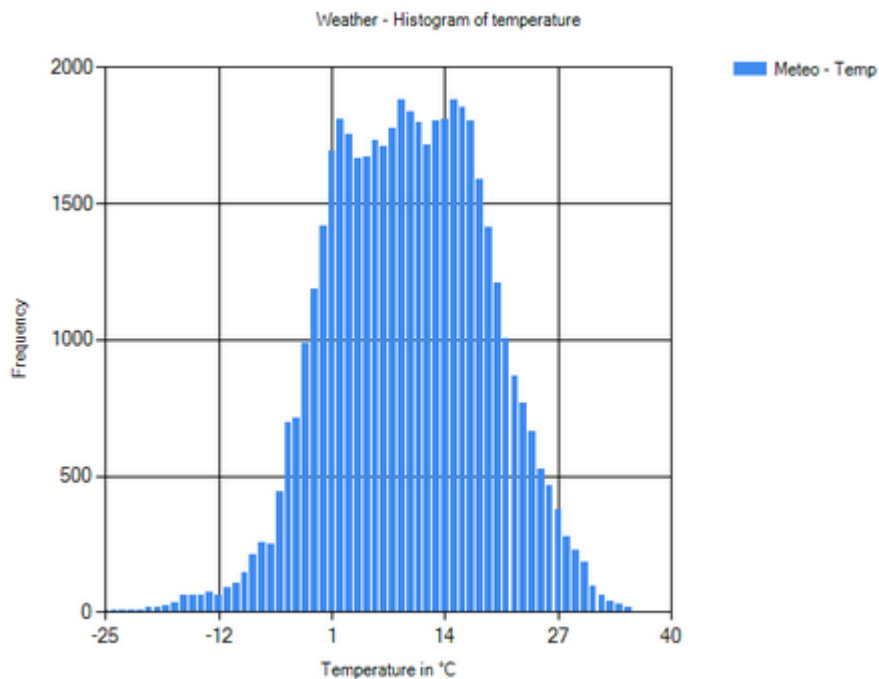
Histogram rektascenze gama záblesků – podobně pro ostatní souřadnice (deklinace, galaktické s.)



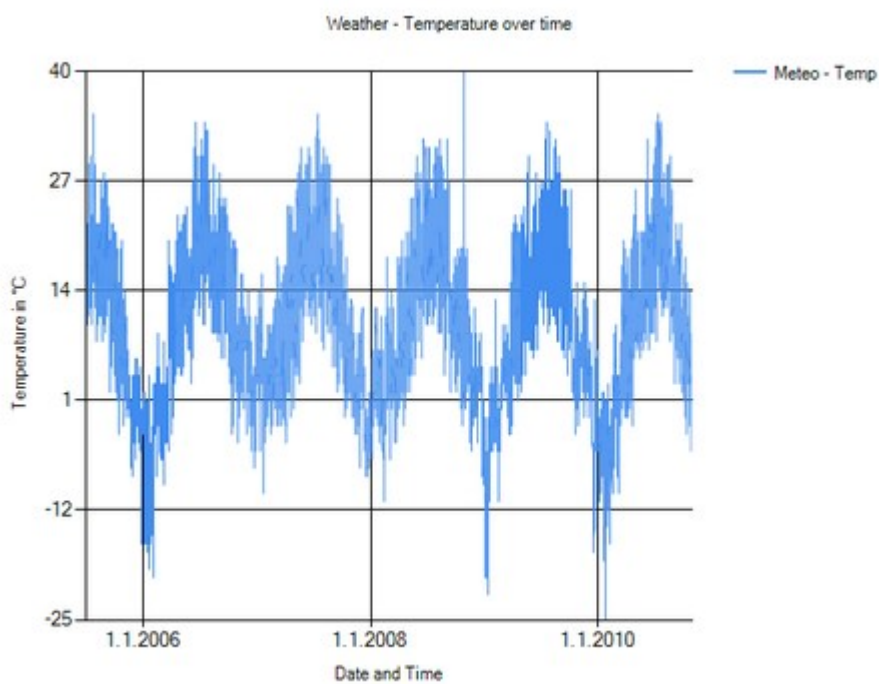
Histogram časového odsupu mezi 2 gama záblesky

*(d) Grafy – meteodata*

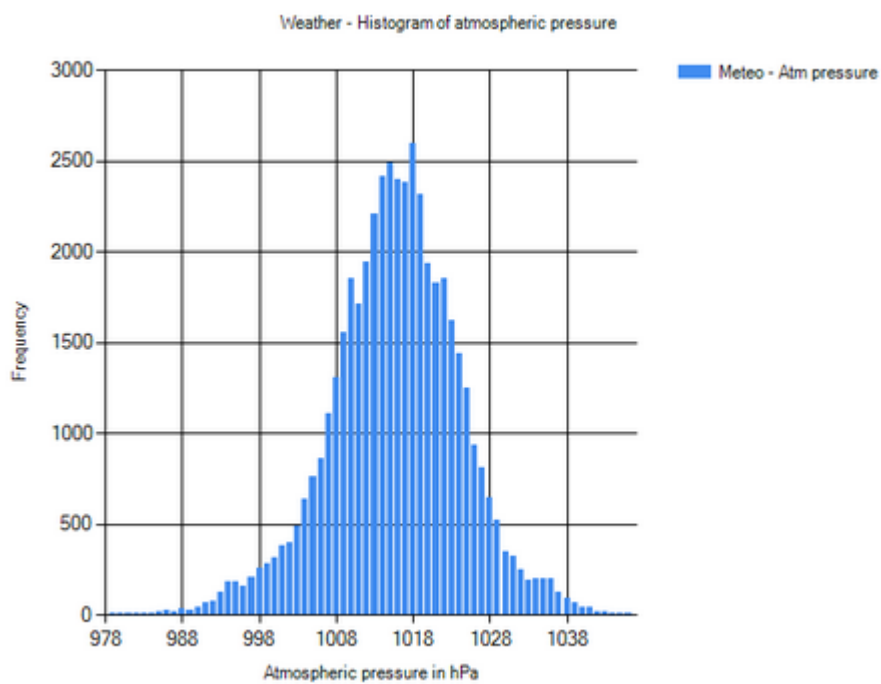
Grafy vytvořené z dat o počasí, která byla stažena z internetu. Měření jsou prováděna s intervalem 1 hodina nebo kratším.



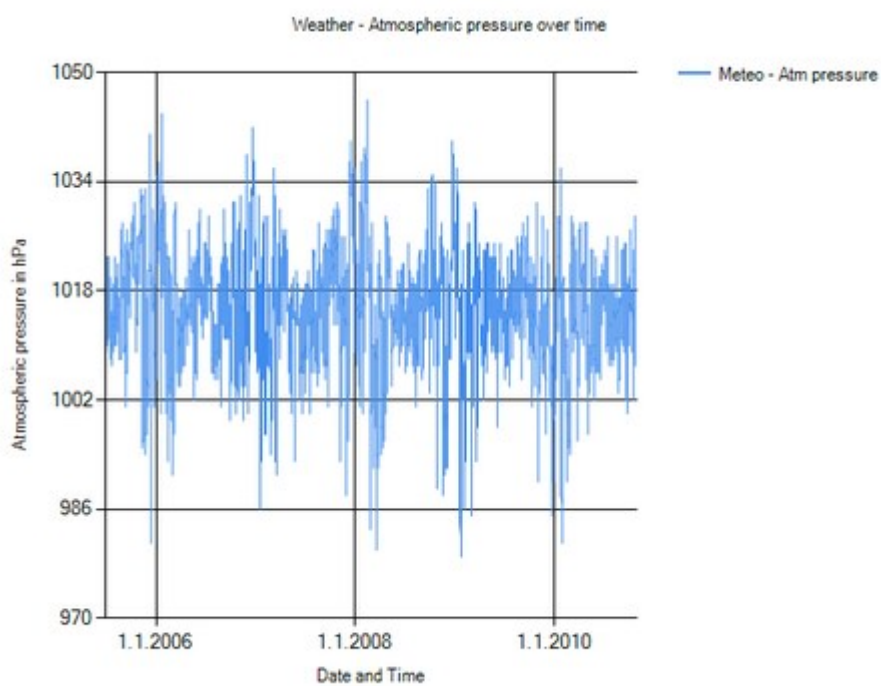
Histogram teploty



Vývoj teploty na čase



Histogram atmosférického tlaku

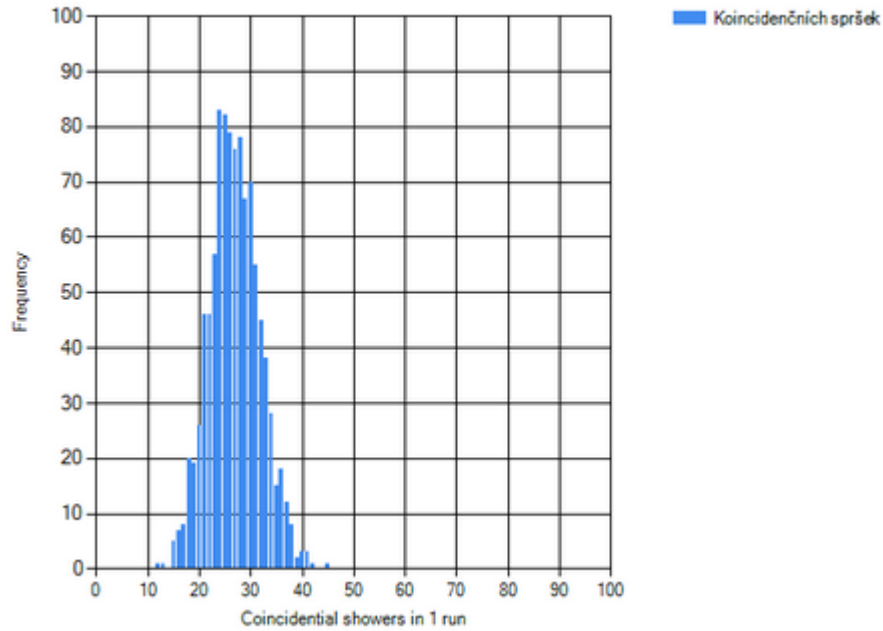


Vývoj atmosférického tlaku na čase



*(e) Graf – koincidence s GRB*

Graf týkající se tématicky možné koincidence sekundárních spršek a gama záblesků.

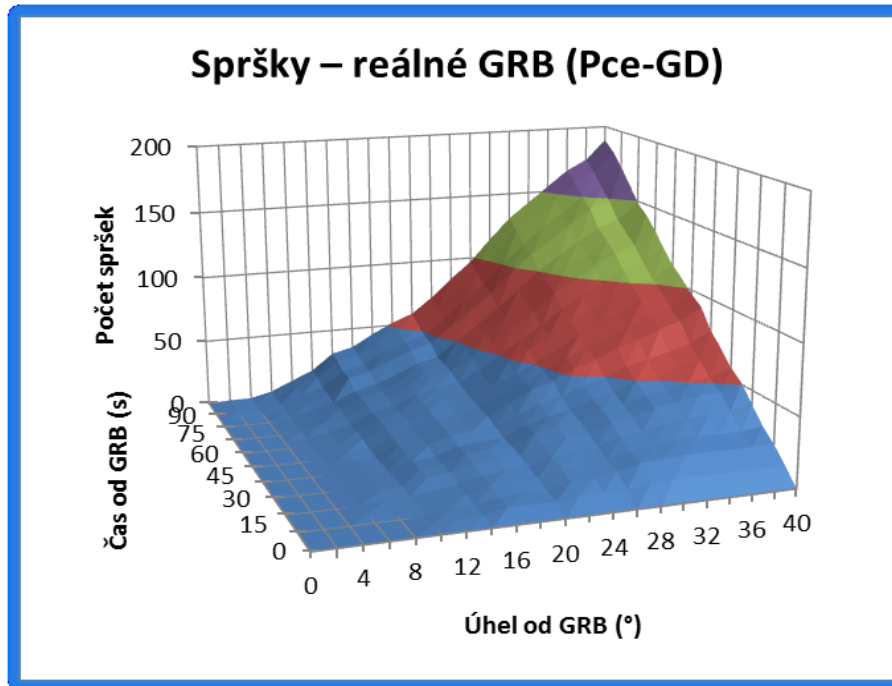


Histogram výsledku simulace metodou Monte Carlo, kdy v grafu je zobrazen počet koincidenčních spršek nalezených k náhodně zvoleným gama zábleskům – zopakováno 1000x

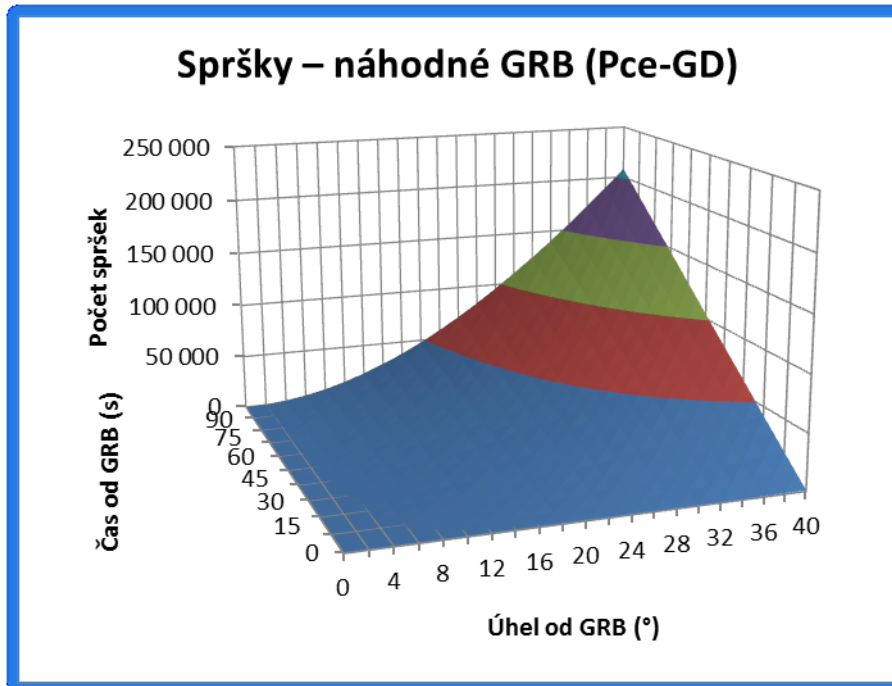
## A.2 – ukázka grafů z výstupu programu

### (a) *Koincidence s GRB*

Grafy, které se tématicky týkají zkoumání možné koincidence sekundárních spršek detekovaných na stanicích CZELTA a gama záblesků detekovaných na družicích.

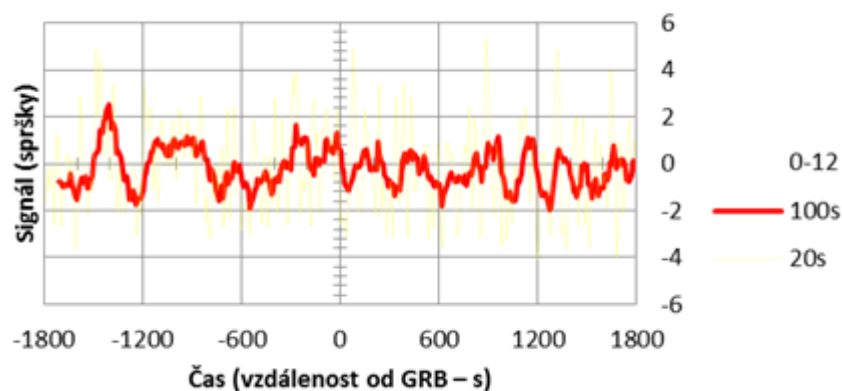


3D Graf znázorňující počet koincidenčních spršek na stanici Pce-GD reálných



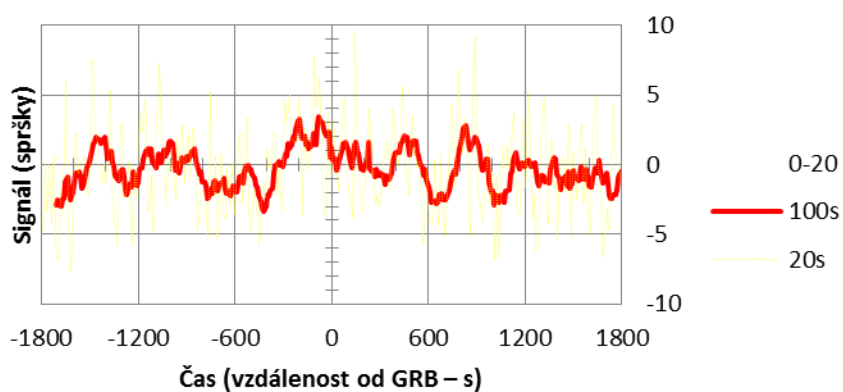
3D Graf znázorňující počet koincidenčních spršek na stanici Pce-GD náhodných \*1000

## Signál do 12° úhlově



Graf znázorňující velikost signálu (detekovaný počet koincidenčních spršek – náhodné pozadí), součet 5-ti stanic projektu CZELTA, časový krok 10s, do 12° úhlově od směru GRB

## Signál do 20° úhlově



Graf znázorňující velikost signálu (detekovaný počet koincidenčních spršek – náhodné pozadí), součet 5-ti stanic projektu CZELTA, časový krok 10s, do 20° úhlově od směru GRB