

# Kalibrace a monitorování astročásticových teleskopů

Daniel Staník

SLO

5. května 2022

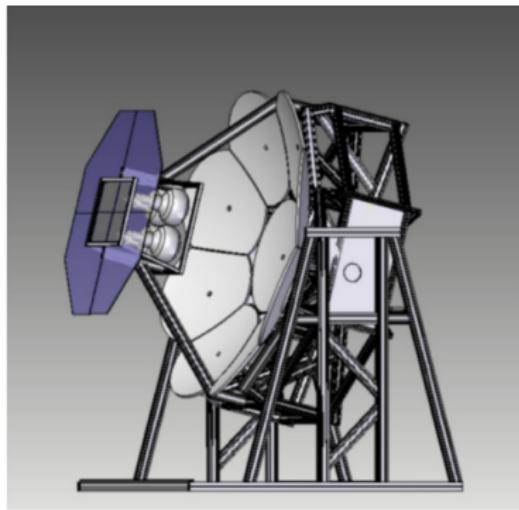
# Cíle práce

- Dlouhodobě otestovat stávající světelný UV zdroj pro kalibraci fluorescenčního teleskopu FAST.
- Navrhnut a pokusit se realizovat případná vylepšení stability.
- Provést měření vlastností optoelektronických prvků vhodných pro účely stabilizačního zdroje.
- Analýza kalibračních dat z teleskopu FAST získaných za pomocí osvěcování UV zdrojem.

# Teleskop FAST

- Fluorescenční teleskop pro detekci kosmických částic s extrémní energií (UHECR) ( $10^{18}$  až  $10^{20}$  eV).
- Fluorescenční technika detekce - detekce deexcitačního slabého UV spektra dusíkových molekul atmosféry.
- Detekční část - čtyři fotonásobiče a superodrazná UV zrcadla.
- Dnes v provozu 4 prototypy.
- Budoucí účel - osazení velké plochy teleskopy tohoto typu a rekonstrukce spršek vyvolaných UHECR částicemi.

# Teleskop FAST



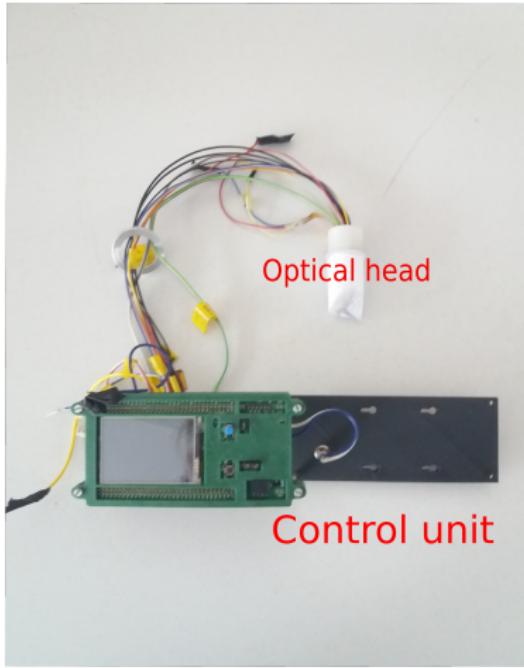
Obrázek: Návrh teleskopu.



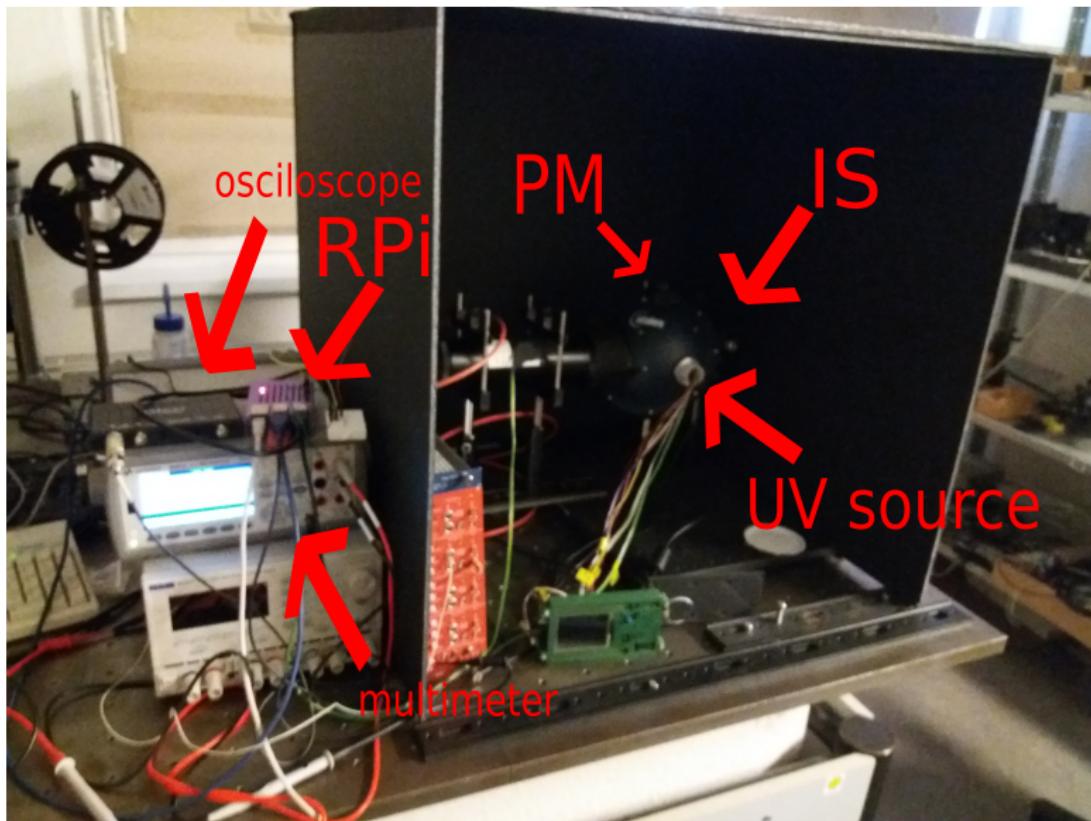
Obrázek: Teleskop FAST.

# Vývoj a testování kalibračního UV zdroje

- Nutnost kalibrace teleskopu jako optické soustavy. Detekční části díky různým vlivům podléhají degradaci.
- K tomu účelu - pulzní kalibrační UV zdroj založen na diodách. Netestován, nutnost ověření jeho funkčnosti a návrh případných úprav či jiných konceptů. Proto sestavena aparatura pro dlouhodobé měření stability zdroje.
- Nutno ověřit dva parametry - stabilita výkonu a stabilita geometrie pulzů. Měření prováděno v intervalu dvou týdnů. K měření výkonu užit PM16 měřicí přístroj optického výkonu a k měření pulzní geometrie - fotonásobič + osciloskop.

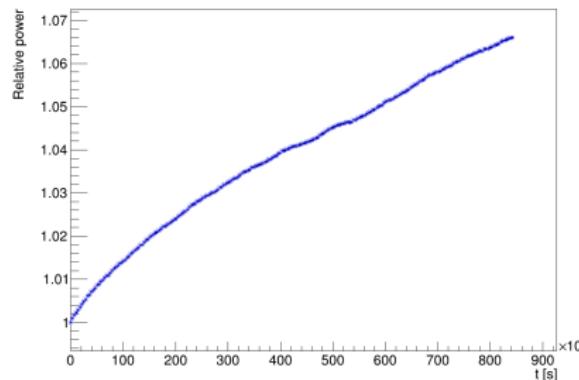


Obrázek: Prototyp kalibračního zdroje.

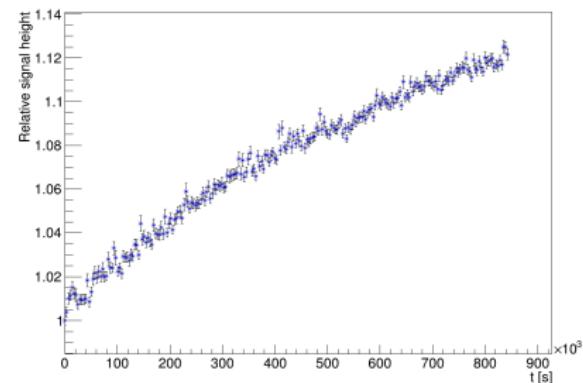


Obrázek: Testovací aparatura.

# Výsledky měření

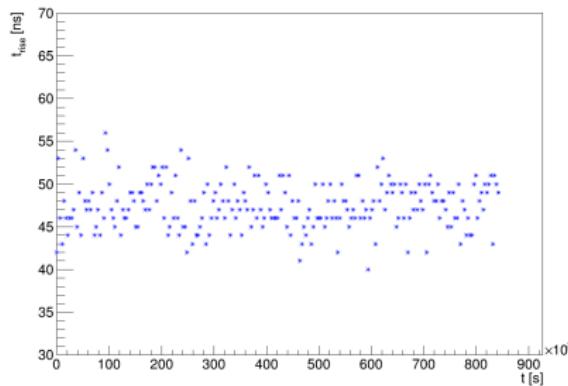


Obrázek: Vývoj výkonu.

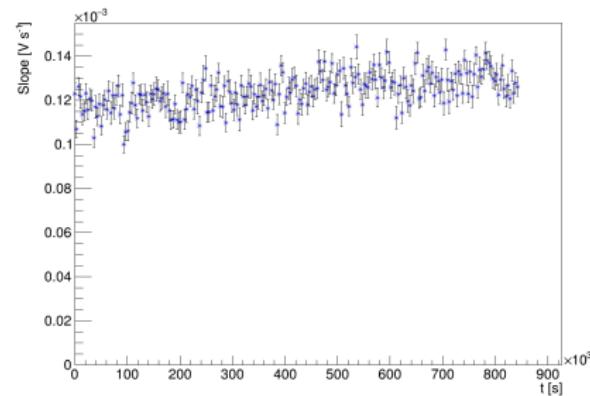


Obrázek: Vývoj výšky pulzu.

# Výsledky měření



Obrázek: Vývoj doby náběhu.

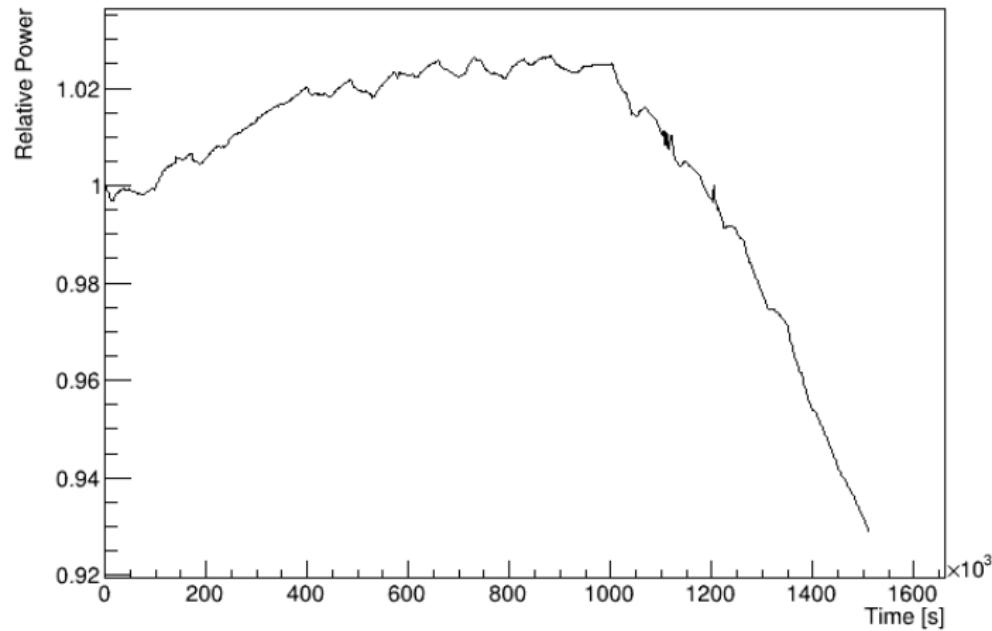


Obrázek: Vývoj sklonu náběžné hrany.

# Výsledky měření

- Nalezen zásadní problém - výrazný rostoucí trend ve výkonu.  
Potvrzeno fotonásobičem i PM16. Pulzní geometrie - doba náběhu a sklon nemají dlouhodobý trend.
- Hlavní příčinou jsou degradační procesy v samotných diodách. Viz další stránka se samotným chováním diody.
- Možná oprava - přidaní zpětnovazební UV detekční diody, podle které se bude upravovat proud LEDkou.

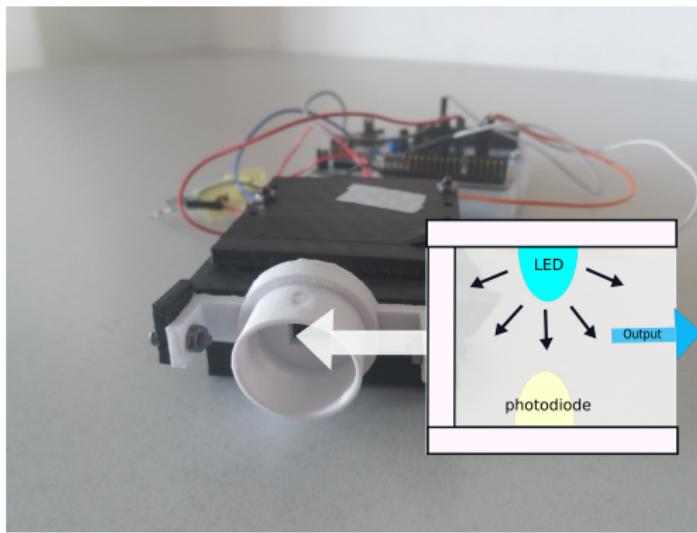
# Degradace osamocené LED diody.



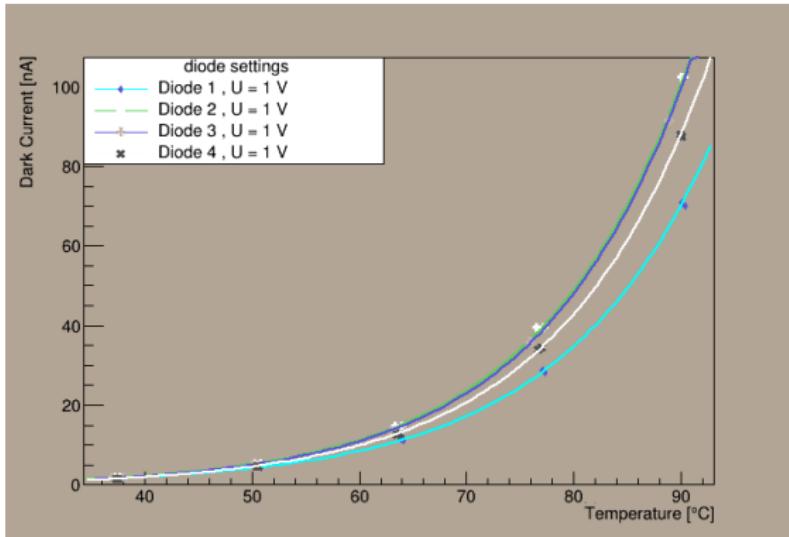
Obrázek: Degradace osamocené LED diody.

# Optická zpětná vazba

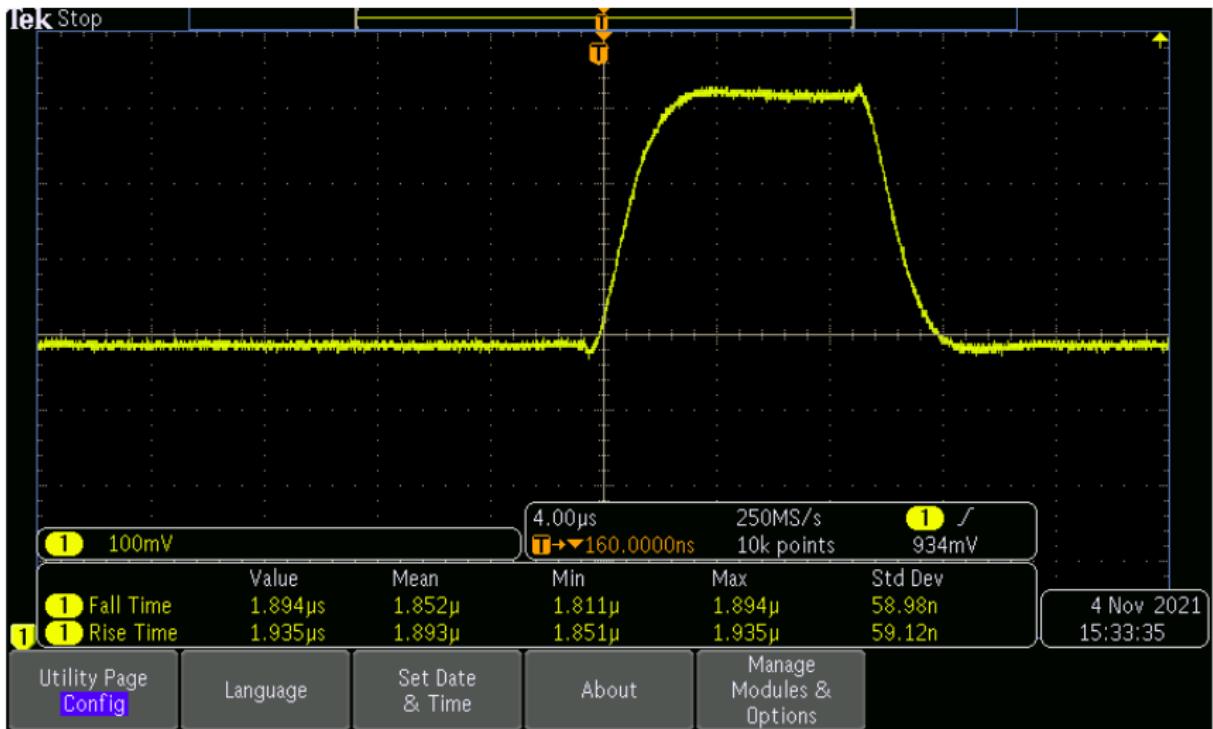
- Nastavování výkonu podle detekované hodnoty - detekce výšky pulzů za pomoci fotodiody.
- Nutnost změření fotodiody - závislosti chování na teplotě, odezvy na pulzy a dlouhodobé stability.



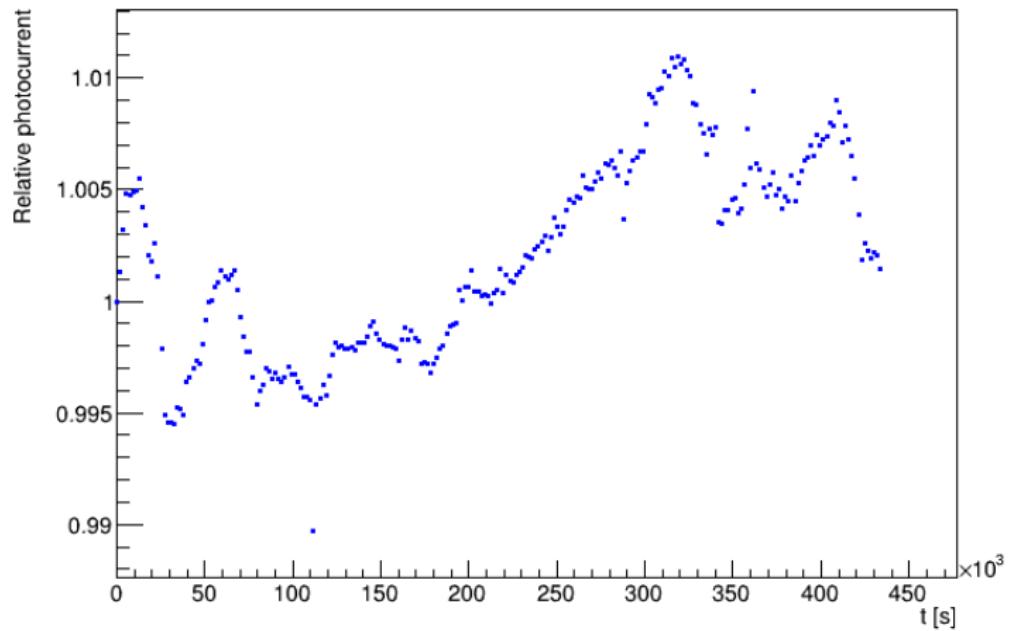
Obrázek: Zpětnovazební optomechanika.



Obrázek: Závislost temných proudů na teplotě.



Obrázek: Detekovaný pulz přes I/U převodník.

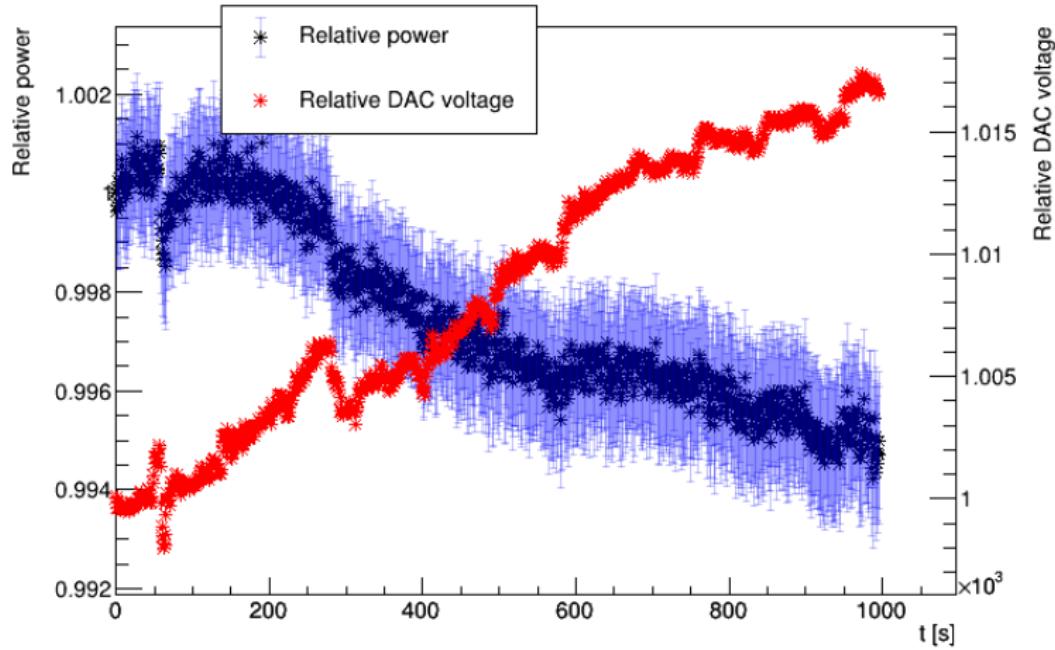


Obrázek: Stárnutí detekční fotodiody.

- Použití desky Nucleo F446RE. Nastavení synchronního vzorkování za pomocí provázání interních časovačů.
- Navzorkování pulzů, a vyvození výšky pulzu - získání hodnoty aktuálního výkonu. Tato hodnota následně použita do PID regulátoru.



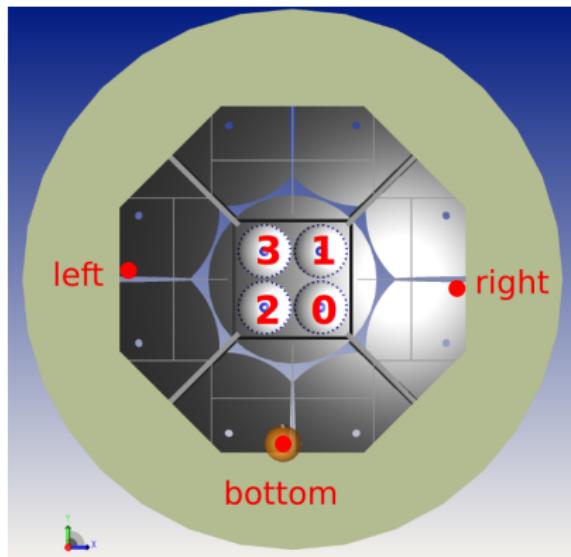
Obrázek: Synchronizované vzorkování.



Obrázek: Test upraveného zdroje.

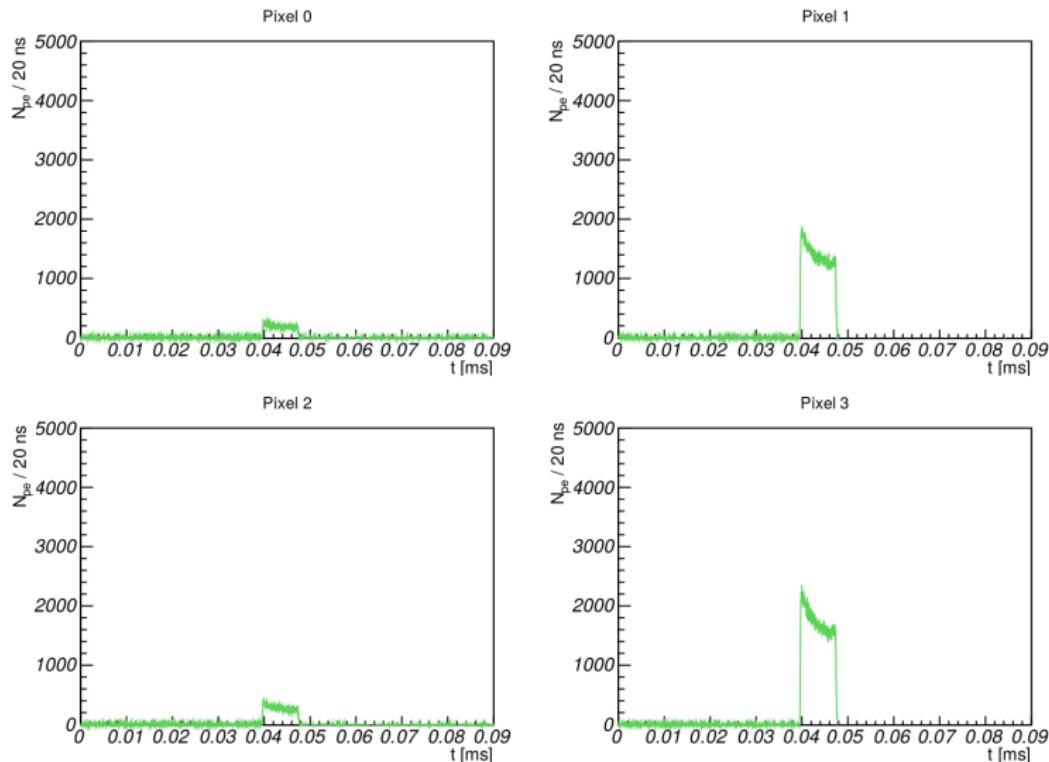
# Analýza kalibračních dat

- Hlavní účel analýzy - získání relativních odezvových konstant pro 4 fotonásobiče.



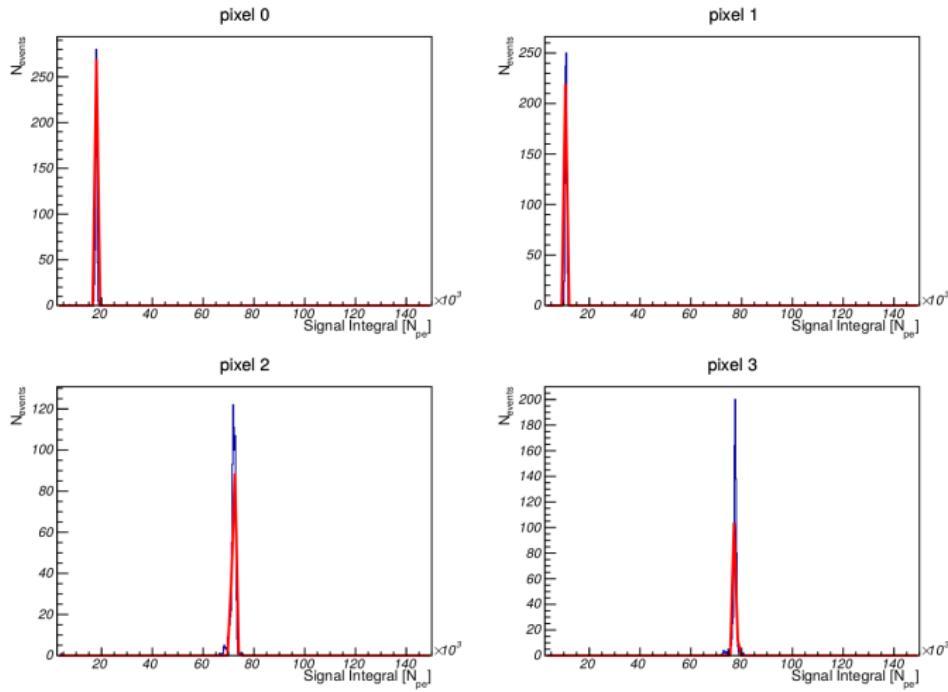
Obrázek: Umístění zdroje.

# Nasvícení fotonásobičů



Obrázek: Signál viděný fotonásobiči.

# Ukázka distribuce



Obrázek: Ukázka fitování distribucí maximální výšky kalibračních pulzů a srovnání pro 4 fotonásobiče.

## Porovnání výsledků se simulacemi

	pravá	levá	spodek
$c_0$	$0.2314 \pm 0.0002$	1	$0.1070 \pm 0.0002$
$c_1$	$0.1397 \pm 0.0002$	$0.7485 \pm 0.0003$	$0.8061 \pm 0.0003$
$c_2$	$0.9304 \pm 0.0004$	$0.2138 \pm 0.0002$	$0.1631 \pm 0.0002$
$c_3$	1	$0.2462 \pm 0.0002$	1

Tabulka: Naměřené odezvové konstanty.

	pravá	levá	spodek
$c_0$	0.48	0.95	0.44
$c_1$	0.41	1	0.98
$c_2$	1	0.41	0.46
$c_3$	0.95	0.46	1

Tabulka: Konstanty ze simulace.

# Zhodnocení

- Podařilo se otestovat stávající koncept UV zdroje. Byla zjištěna dlouhodobá změna výkonu, s největší pravděpodobností způsobena procesy v LED diodě.
- Jako řešení otestována optická vazba využívající synchronizovaného vzorkování s regulátorem na bázi PID. Bylo dosaženo lepší stability.
- Z kalibračních dat se podařilo vyvodit odezvové konstanty pro fotonásobiče, ale neshodují se s teoretickými.

*Děkuji za pozornost.*

# Otázky k práci

1. Proč byla zvolená právě integrační koule jako kalibrační zdroj?
2. Můžete rozebrat pojem mirror inhomogeneity (v diskuzi práce) a jaký vliv má tato homogenita na výsledek měření.
3. Na obrázku 7.4 -7.6 je v některých případech fit neodpovídá distribuci naměřených dat. Neovlivně tato nepřesnost výsledné extrahované kalibrační konstanty?

## 1. Proč byla zvolená právě integrační koule jako kalibrační zdroj?

Integrační koule poskytuje na výstupním portu prostorově i úhlově homogenní intenzitu bez ohledu na vlastnosti užitého zdroje. U většiny světelných zdrojů není homogenita nijak zaručena, což by do kalibračních měření zaneslo další chybu.

2. Můžete rozebrat pojem mirror inhomogeneity (v diskuzi práce) a jaký vliv má tato homogenita na výsledek měření.

Mirror inhomogeneity - nehomogenita zrcadel. Nehomogenitou zrcadel jsou myšleny rozdíly v reflektivitě povrchu zrcadel, které mohou ovlivňovat fokusování světla do fotonásobičů, což ve výsledku může ovlivnit získané kalibrační konstanty. Simulace počítají se stejnou reflektivitou v celé ploše.

3. Na obrázku 7.4 -7.6 je v některých případech fit neodpovídá distribuci naměřených dat. Neovlivní tato nepřesnost výsledné extrahované kalibrační konstanty?

V rámci fitů se zajímáme pouze o střední hodnotu, kterou fit určil správně. Výška gaussovskeho peaku, která není správně určena z daného fitu, nemá pro analýzu žádný význam a nijak se s ní nepracuje.