

Zpráva o řešení části VZ MSM 210000018 "Fundamentální experimenty ve fyzice mikrosvěta" v ÚTEF ČVUT v roce 2003

Řešení této experimentální části výzkumného záměru bylo koordinováno z Ústavu technické a experimentální fyziky ČVUT (dále jen ÚTEF ČVUT) a probíhalo ve spolupráci s řešitelskými týmy z Fakulty strojní ČVUT (dále jen FSI ČVUT) a z Fakulty dopravní ČVUT (dále jen FD ČVUT). ÚTEF ČVUT byl založen dne 1/5/2002 jako experimentální základna ČVUT pro výzkum v částicové a jaderné fyzice a jeho aplikace, kam obsahově zapadá i tento výzkumný záměr. V průběhu roku 2003 byl doplněn řešitelský kolektiv ÚTEF ČVUT a uvedly se do provozu laboratoře v celkové ploše cca 300 m². S podporou vedení ČVUT se podařilo zajistit chybějící potřebné přístrojové vybavení a takto se významným způsobem celkově posílila experimentální základna pro řešení této části záměru na ČVUT. Laboratoře byly k experimentální činnosti využívány i pracovníky FSI a FD ČVUT.

Program experimentální části záměru byl v roce 2003 určován především projekty dlouhodobé spolupráce řešitelských pracovišť s CERN a s SÚJV Dubna. Do projektů spolupráce s SÚJV Dubna přitom obsahově zapadaly i práce věnované vyhodnocování a zpracování experimentů uskutečněných dříve v ILL Grenoble a v urychlovačové laboratoři LMU a TU Mnichov.

Konkrétní práce v experimentální části záměru tak jak byly řešeny, spadaly do 4 dílčích subprojektů. Pro každý z nich uvádíme počet publikačních a dalších výstupů a seznam pracovníků, kteří na jednotlivých subprojektech pracovali, a to

- a) z ÚTEF ČVUT (abecedně, bez titulů),
- b) spolupracovníky z ČVUT a externí spolupracovníky,
- c) studenty a doktorandy z fakult ČVUT.

I. Přehled stanovených dílčích úkolů

Základní orientace prací na záměru, jež jsou koordinovány z ÚTEF ČVUT, je:

- (a) na projekty z oblasti **fyziky vysokých energií a vývoje odpovídajících detekčních systémů** a
- (b) na projekty z oblasti **fyziky nízkých energií a fyziky atomového jádra**.

Část záměru orientovaná na *projekty z oblasti fyziky vysokých energií* vycházela z programů mezinárodní spolupráce vedené v CERN či prostřednictvím CERN. Šlo především:

- o nosný dlouhodobý projekt v této oblasti, kterým je experiment *ATLAS na LHC*. Pracovníci ÚTEF ČVUT se v rámci experimentu ATLAS zaměřili především na zkoušky již vyvinutých detekčních modulů pro *polovodičovou část dopředné oblasti vnitřního detektoru (ATLAS - ID - SCT FWD)*, na návrh fyzikálního a technického řešení *neutronového stínění* v dopředné oblasti experimentu ATLAS, na přípravu technické dokumentace k jeho realizaci a na dohled nad jeho výrobou v ČR;

- o výzkumně-vývojové projekty zaměřené na *vývoj a testování instrumentace pro fyziku vysokých energií*. Tyto aktivity spadaly pod mezinárodní projekty RD50 - "Vývoj radiačně odolných polovodičových zařízení pro urychlovače s vysokou luminozitou" a Medipix2 - "Vývoj pixelových detektorů pro detekci fotonů X-záření v medicíně", které jsou řešeny v široké mezinárodní spolupráci koordinované prostřednictvím CERN a v rámci EU FP5 projektu 3D-RID ("3D-Radiation Imaging Detectors").

Část záměru orientovaná na *projekty jaderné fyziky nízkých energií* vycházela z programů spolupráce s SÚJV Dubna. Šlo především:

- o velký mezinárodní projekt *studia dvojitého rozpadu beta* (experimenty NEMO a TGV),
- o studium *vlastností středně těžkých deformovaných atomových jader* (jmenovitě studium struktury jádra ^{159}Gd pomocí radiačního zachytu neutronů a přímých reakcí) a
- o účast na mezinárodním experimentu Picasso věnovaném hledání temné hmoty.

II. Postup řešení

V průběhu roku 2003 se prokázalo, že zřízením ÚTEF ČVUT se dosáhlo výrazného zlepšení podmínek pro řešení záměru jak po stránce materiální tak i laboratorního prostoru ve srovnání s dřívějším stavem na FJFI, kde nedostatek laboratorních prostor velmi omezoval rozvoj této experimentální části záměru. Z pohledu *organizační činnosti* proto v roce 2003 bylo prvořadým cílem:

- uvést do provozu technologickou laboratoř pro výrobu a testování detektorů na potřebné technologické úrovni (čistota a pod.);
- dokončit přestavbu zbylých hal na laboratoře pro spektroskopii a technologické operace s detektory, pro základní radiochemické operace a pro práci s radonem;
- doplnit řešitelský kolektiv pro řešení této části záměru v ÚTEF ČVUT.

To se v průběhu roku 2003 v podstatné míře podařilo. Během léta byla zprovozněna technologická laboratoř spolu s čistými prostory pro základní testy ATLAS SCT modulů a pro nadstandardní testy polohově citlivých senzorů. V prosinci byla dokončena výstavba jak radiochemické laboratoře tak i laboratoře pro práci s radonem.

Nedořešeným problémem nadále zůstává blokování přístrojů pro řešení této části výzkumného záměru na KF FJFI ČVUT. FJFI dokonce blokuje i pouhé zapůjčení přístrojů na přechodné období. Jde přitom o přístroje milionových hodnot v majetku ČVUT, z nichž většina byla pořízena účelově pro projekty spadající do tohoto záměru. Přístroje nejsou přitom na FJFI řádným způsobem užívány a většinou leží ladem někde ve skříních. Ve světle široké mezinárodní i domácí spolupráce na záměru se postoj FJFI ČVUT jeví jako nepochopitelná obstrukce, která odporuje jak liteře zákona o Veřejných vysokých školách tak i zdravému rozumu. Vedle toho tento přístup poškozují vědeckou činnost doktorandů, jejichž práce je na blokových přístrojích závislá.

(a) V oblasti projektů orientovaných na fyziku vysokých energií a vývoj detekčních systémů

(1) ATLAS na LHC

Nosným projektem zde byl experiment ATLAS na LHC v CERN. Jde o dlouhodobý projekt. Pracovníci ÚTEF ČVUT se v rámci experimentu ATLAS v roce 2003 podíleli:

- na testování stávajících detekčních modulů z polovodičové části dopředné oblasti vnitřního detektoru (ATLAS - ID - SCT FWD);
- na přípravných pracích k rutinnímu testování SCT modulů v laboratoři ÚTEF ČVUT v Praze;
- na dokončení návrhu fyzikálního a technického řešení neutronového stínění v dopředné oblasti experimentu ATLAS, na přípravě technické dokumentace k jeho realizaci a na dohled nad jeho výrobou v ČR;
- na Monte Carlo výpočtech aktivace částí detektoru ATLAS (neutronové stínění a vnitřní detektor) a studiu vlivu aktivace na nekorelované pozadí ve vnitřním detektoru;
- na fenomenologii popisu hadronových srážek a teorii v oblasti fyziky top-antitop kvarků.

Řešení úkolu zaměřeného na **testy modulů ATLAS - SCT FWD** pokračovalo v úzké spolupráci navzájem se doplňujících pracovišť na ČVUT (FSI a ÚTEF). Veškeré práce byly koordinovány s aktivitami kontinentálního středoevropského klusteru vytvořeného pro stavbu části subdetektoru ATLAS - ID - SCT FWD (Mnichov, Freiburg, NIKHEF, ČVUT, MFF UK). Hlavní věcnou náplní úkolu bylo:

- Budování pracoviště pro sériové ověřování jakosti sestavených detekčních modulů na ČVUT v Praze.
- Vývoj metodiky testování modulů stripových detektorů (měření I-V, C-V charakteristik, SW pro vyhodnocování S/N poměru a sledovaného signálu, volba testovací procedury).
- Vývoj metodiky a testování detekčních modulů pomocí laserů.
- Účast na testování detektorů na urychlovači v CERN a analýza dat z těchto měření.
- Podíl na stavbě zařízení k sestavování SCT modulů v Mnichově a ve Freiburgu.
- Účast na práci SCT FWD v CERN (prezentace výsledků, porady, konzultace, dílčí testy).

Konkrétně bylo v průběhu roku 2003 dobudováno pracoviště pro testování a kontrolu kvality stripových modulů v ÚTEF ČVUT. Jde o základní pracoviště ČVUT tohoto druhu (čisté pracoviště se dvěma nezávislými místnostmi) vybudované pro experiment ATLAS a obecně pro testy polovodičových detektorů na dobré technologické úrovni. Laboratoře ÚTEF jsou k dispozici pro všechny pracovníky ČVUT zapojené do experimentu ATLAS. Do čistých prostor s přetlakovým zdrojem filtrovaného vzduchu byl přenesen "read-out" Atlas SCT systém včetně napájení s chlazením. Dále byl do nich instalován přívod suchého vzduchu. Do prostor byly přeneseny 2 laminární čisté boxy, umožňující dosažení lokální čistoty třídy 100. Pokračovalo se v budování systému klimatizace a řízení podmínek testování.

Jeden čistý prostor je takto zcela připraven pro standardní testy SCT FWD modulů požadované v rámci experimentu ATLAS. První testy na zprovozněném systému pro SCT FWD moduly dopadly dobře. Na jejich základě naše společné pracoviště ČVUT požádalo o kvalifikaci laboratoře jako oprávněného pracoviště k testování modulů subdetektoru ATLAS SCT. Kvalifikace proběhne v nejbližším možném termínu (I. čtvrtletí 2004).

Druhý čistý prostor se postupně kompletuje zařízeními, jež jsou pro dané úlohy dostupná na ČVUT (např. laserové zařízení pro testy funkčnosti individuálních stripů ovládané precizním XY posuvem). Oba laserové zdroje pořízené pro účely subprojektu Atlas-SCT (s vlnovými délkami 660 nm a 1060 nm) jsou nyní připraveny k nadstandardním testům detekčních modulů. Půjde jak o testy spektroskopické, jež jsou určeny ke sledování sdílení náboje mezi jednotlivými detekčními elementy, tak o testy sledující časovou odezvu elementů. Uskutečnila se první měření s infračerveným laserem. Další činnosti lze shrnout následovně.

- Skupina se aktivně podílela na testovacích měřeních modulů stripových detektorů na svazku H8 v CERN. Kritická byla naše účast zejména při letních měřeních, kdy testy v CERN trpěly nedostatečným personálním zajištěním směn. Jeden pracovník ÚTEF se podílel na budování pracoviště pro skládání stripových modulů ve Freiburgu.
- Pokračovaly práce věnované problematice indukované radioaktivity v oblasti vnitřního detektoru. Provedly se MC-výpočty simulující tuto radioaktivitu. Uskutečnily se experimentální studie aktivace SCT FWD modulu neutrony. Modul byl ozářen na reaktoru Vrabec VR1. Opakované aktivace (3x) byly zvoleny tak, aby v maximální míře simulovaly aktivaci na LHC. Byla provedena analýza spekter vysílaných aktivovaným modulem, která dává odpověď na to, které materiály (prvky) se aktivují a v jaké míře.
- Pokračovaly práce na návrhu polyethylenového moderátoru JM ke stínění prostoru vnitřního detektoru proti neutronům ve směru od LAr kalorimetru. Proběhly technologické testy řezání a svařování bórem dopovaných PE desek.

Práce na subprojektu SCTFWD bezprostředně na ČVUT koordinoval a řídil RNDr. Michael Solar, CSc. Část prací, která se vztahuje k neutronům ve vnitřním detektoru a které proběhly ve spolupráci i s pracovníky FD ČVUT, řídil Ing. Stanislav Pospíšil, DrSc. Celkově byli do prací na této části úkolu zapojeni v roce 2003 následující pracovníci:

- ÚTEF ČVUT: J. Beneš, P. Beneš (PhD student), I. Bědajánek (PhD student), P. Čermák (PhD student), J. Jakůbek, V. Linhart (PhD student), I. Štekl, Z. Vykydal (student magisterského studia), Vlastimil Král (student magisterského studia) a S. Pospíšil;
- FSI ČVUT: T. Horažďovský, D. Chren, Z. Kohout, M. Solar, B. Sopko;
- FD ČVUT: J. Sodomka, J. Turek.

Služební cesty realizované v rámci tohoto projektu byly vykonány za účelem účasti na pracovních poradách a na testech detekčních modulů. O připravenosti pracoviště v ÚTEF ČVUT bylo referováno na poradách SCT subprojektu, dvakrát v CERN, jedenkrát v Uppsale.

Práce na **neutronovém stínění** v experimentu ATLAS spočívají v práci na částech JF stínění (mohutné stínění v dopředné oblasti experimentu) a na částech JM a JTV. Problematika je řešena v ÚTEF a na dvou fakultách ČVUT, FD ČVUT a nově na Fakultě stavební (FS). V ÚTEF práce na projektu řídí Ing. Ivan Štekl, CSc. Na FD je problematika vývoje neutronového stínění hlavní náplní účasti na tomto záměru. Zodpovědným řešitelem na FD je Doc. Ing. Jaromír Sodomka, CSc. Na FS je hlavním řešitelem prof. Ing. Jiří Studnička, DrSc. Do projektu se zapojil i prof. M. Suk z MFF UK. Řešení této části záměru přineslo v roce 2003 velmi pozitivní výsledky, které jsou níže shrnuty.

- Koncepce JF stínění proti neutronům byla navržena pracovníky ÚTEF a FD ČVUT a byla v experimentu ATLAS v CERN zcela přijata. To přivedlo k tomu, že z iniciativy CERNu byla na úrovni rektora ČVUT a technického koordinátora projektu ATLAS uzavřena smlouva o řešení a koordinaci celého výroby celého JF stínění v ČR. Vedoucím projektu v CERN je Dr. V. Hedberg. Za českou stranu je vedoucím projektu Ing. S. Pospíšil, DrSc. JF stínění se skládá z mohutných bloků z tvárné litiny, z polyethylenu dopovaného bórem (BPE) a z ocelového opláštění. V průběhu roku 2003 začal být kontrakt mezi ATLAS-CERN a ŠKODA Hutě, Plzeň o výrobě odlitků z tvárné litiny (v hodnotě cca 29 mil. Kč) realizován. Výroba byla v Plzni zahájena. Byly dokončeny a CERNu předány dvě části (ze čtyř) v celkové hodnotě cca 14.5 mil. Kč. Třetí část byla rovněž dokončena a v současné době je předávána zástupcům CERNu předávána. Termín závěrečné přejímky se předpokládá v lednu 2004. Výroba odlitků bude dokončena v únoru 2004.

- V části BPE proběhl v CERN tendr za účasti několika firem. Cena celé dodávky je cca 145 kCHF. V současné době byl z CERN odeslán do firmy KOPOS Kolín požadavek na výrobu v hodnotě 62.5 kCHF. Je velmi pravděpodobné, že i zbytek zakázky na výrobu BPE cihel bude zadán firmě KOPOS Kolín.

- V části ocelového opláštění proběhl v CERN tendr za účasti několika firem. Cena celé dodávky je cca 77 kCHF. Jako výrobce byla vybrána firma TRANZA Chrudim.

- Součástí JF stínění jsou také dva kusy zvedacích stolů, které mají být kompletně vyvinuty na ČVUT. Řešitelský tým byl proto v r. 2003 rozšířen o dva pracovníky FS ČVUT, prof. J. Studničku a ing. J. Henzla. Na ČVUT má být v průběhu 4-5 měsíců navrženo detailní technické řešení včetně výkresové dokumentace.

- Fyzikální výpočty na projektu ATLAS JF stínění byly v hlavním rozsahu již ukončeny, jistý čas však byl věnován Monte Carlo výpočtům aktivace JF stínění.

Na FD ČVUT pokračovaly práce na návrhu a výrobě části JM neutronového stínění. Toto stínění je tvořeno disky z polyethylenu dopovaného bórem a bude v průběhu roku 2004 na FD ČVUT ve spolupráci s ÚTEF vyrobeno vlastními silami. Otázka výroby JTV stínění nebyla zatím uzavřena.

Oba subprojekty SCT FWD tak i neutronového stínění přešly v roce 2003 z fáze fyzikálních návrhů do realizační fáze technicko-inženýrského charakteru. Přesto však byla v rámci subprojektu SCT FWD v roce 2003 připravena a obhájena jedna disertační práce a připraveny k publikování některé původní výsledky (viz níže).

Řešitelský kolektiv subprojektu Atlas - Neutronové stínění pracoval v následujícím složení:

ÚTEF ČVUT: S. Pospíšil, I. Štekl, I. Bědajánek,

FD ČVUT: J. Sodomka, V. Machek, J. Turek, J. Palla,

FS ČVUT: J. Studnička, J. Henzl.

V rámci projektu ATLAS pokračovaly rovněž práce věnované **fyzice top kvarků, konkrétně studiu spinových korelací párů kvarků top-antitop**. Jmenovitě tuto problematiku řešil Ing. Karel Smolek. Svůj výzkum zaměřil na dvouleptonové finální stavy. Vyvinul svůj vlastní Monte-Carlo generátor založený na knihovně Pythia, který tyto efekty

plně popisuje. Při modelování spinových vlastností top kvarků využíval celou matici hustoty popisující produkci a rozpad top kvarků. Jev spinových korelací je citlivý na existenci nestandardních interakcí ve slabém rozpadu top kvarku, narušení CP symetrie, vliv Higgsova bosonu, extradimenzí a supersymetrických částic na produkční mechanismus párů top-antitop kvark.

Karel Smolek se v roce 2003 začal věnovat studiu některých těchto efektů na spinové korelace top kvarků. Aktivně se přitom podílel na činnosti skupiny fyziky top kvarku v rámci experimentu ATLAS v CERNu ve Švýcarsku. Studoval možnost experimentálního pozorování spinových korelací párů kvarků top-antitop v experimentu ATLAS. Na uvedené problematice spolupracoval s pracovníky z CPPM IN2P3 Marseille. Své výsledky v roce 2003 prezentoval na několika konferencích, pracovních setkáních a po průchodu oponentním řízením též publikoval jako fyzikální ATLAS Note.

Karel Smolek je též členem experimentu D0 ve FNAL v USA, v roce 2003 byl připojen na "autorlist" experimentu. Pracoval v rámci skupiny fyziky top kvarku a mionové skupiny. V předcházejících letech pracoval v Monte-Carlo skupině, kde se podílel na simulacích prováděných doma na počítačové farmě pro experiment D0. V rámci studia fyziky top kvarku spolupracuje s pracovníky z IN2P3 Štrasburk na studiu efektivity selekce a rekonstrukce top-antitop událostí se dvěma leptony ve finálním stavu s využitím "jet lifetime b-taggingu". V současné době společně připravují interní zprávu experimentu D0 (D0 Note), ve které budou prezentovat své výsledky.

Od září r. 2003 se členem řešitelského kolektivu v ÚTEF ČVUT stal prof. Ing. Peter Lichard, DrSc. Jeho práce se soustřeďují na fenomenologický popis srážek hadronů a jader při vysokých energiích.

Na projektech orientovaných v rámci předkládaného záměru na experiment ATLAS a na fyziku vysokých energií obecně v roce 2003 spolupracovali:

- a) J. Beneš, P. Beneš, I. Bědajánek, J. Jakůbek, J. Koníček, F. Lehar, P. Lichard, V. Linhart, S. Pospíšil, K. Smolek, I. Štekl a techničtí pracovníci E. Ryparová a J. Turek;
- b) V. Machek, J. Palla (t.č. dlouhodobě v CERN) a J. Sodomka z FD ČVUT, T. Horažďovský, D. Chren, Z. Kohout, M. Solar a B. Sopko z FSI ČVUT, J. Studnička a J. Henzl z FS ČVUT, Dr. Z. Doležal, Prof. M. Suk (MFF UK), Dr. V. Hedberg, Ing. I. Hooton, Dr. M. Nessi, Ing. B. Szeless (CERN), Dr. H.-G. Moser (MPI Mnichov), Prof. C. Leroy (Montreal University), prof. J. Ludwig (Freiburg University) a další domácí i zahraniční partneři z projektu ATLAS;
- c) I. Bědajánek, J. Beneš, Z. Kohout, V. Linhart, K. Smolek byli do projektu zapojeni i v rámci programu svého doktorského studia na ČVUT v Praze. Do projektu jsou dále zapojeni dva studenti, Z. Vykydal a V. Král v rámci svých studentských prací (ročníková a diplomová práce).

Zodpovědným řešitelem celé této části záměru je Stanislav Pospíšil.

Výstupy subprojektu (1):

Výsledky práce na tomto subprojektu byly zpracovány do tří časopiseckých publikací, jedné publikace ve formě reportu a tří prací k publikacím připravených. Vedle toho byly připraveny čtyři příspěvky na mezinárodní konferenci a úspěšně obhájena jedna disertační práce a jedna habilitační práce. Kromě toho řešitelé tohoto subprojektu vystoupili několikrát na poradách v CERN, které se vztahovaly k problematice SCT FWD a neutronové stínění. Následuje seznam publikačních výstupů a prezentací výsledků na konferencích:

[1] J. Beneš: "Design and realization of an industrial gantry robot for automatic production of detector modules for experiment ATLAS at LHC". *Jemná mechanika a optika*, JMO 8-9 (2003) 237-244.

[2] V. Linhart, I. Bědajánek, A. Kolros, S. Pospíšil, I. Štekl, M. Vobecký: "Measurement of neutron induced activation of the SCT forward module". Prepared for publication as Atlas Technical Note (2003) 9 p.

- [3] I. Bědajánek, I. Štekl, S. Pospíšil, C. Leroy, V.E. Kovalenko: "The Monte Carlo calculation of the induced radioactivity in the forward region shielding and the TAS region of the ATLAS Experiment". Prepared for publication as Atlas Technical Note (2003) 16 p.
- [4] K. Smolek: "Spin Correlations of Top-Antitop Quarks Produced in Proton-Proton and Antiproton-Proton Interactions at Energy 14 TeV and 2 TeV". Contribution to the CTU Workshop 2003, Prague, February 2003, Proceedings of CTU Workshop Part A, p. 84.
- [5] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of the Top-Antitop Pairs in the ATLAS Experiment". Atlas Note ATL-PHYS-2003-012, CERN (2003).
- [6] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of Top-Antitop Pairs and Influence of Heavy Higgs Boson". Contribution to the Conference "Advanced Studies Institute - Physics at LHC", Prague, July 6-12, 2003 (poster, to be published in Czechoslovak Journal of Physics).
- [7] A. Sher, R. Appel, G.S. Atoyan, ..., P. Lichard, ..., et al.: High Statistics Measurement of the $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ (K_{e3}^+) Branching Ratio". Phys. Rev. Lett. 91, 26 (Dec 2003) 261802, 1-4.
- [8] S. Pislak, R. Appel, G.S. Atoyan, ..., P. Lichard, ..., et al.: High statistics measurement of K_{e4}^+ Decay Properties". Phys. Rev. D 67 (2003) 072004, 1-14.
- [9] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of Top-Antitop Pairs and Influence of Heavy Higgs Boson". Oral presentation on 4th ATLAS Physics Workshop, Athens, 23.5. 2003
- [10] K. Smolek: "Measurement of t-tbar Spin Correlations". Oral presentation on the ATLAS Overview Week, Prague, 18. 9. 2003.
- [11] I. Štekl: "JF shielding construction (present status)". Oral presentation on the ATLAS Overview Week, Prague, 18. 9. 2003.
- [12] J. Beneš: "Návrh a realizace částí robota pro automatickou produkci modulů polovodičového polohově citlivého detektoru pro experiment ATLAS na LHC". Disertační práce, FJFI ČVUT v Praze, 125 stran. Úspěšně obhájena pod vedením S. Pospíšila dne 19. 12. 2003.
- [13] J. Sodomka: "Materiál, konstrukce a technologie pro experiment ATLAS". Habilitační práce. Úspěšně obhájena na FD ČVUT v Praze, 2003.

Za práce na subprojektu neutronové stínění byla v roce 2003 udělena Ing. I. Bědajánkovi, Ing. Šteklvi, CSc. a Doc. Ing. J. Sodomkovi, CSc. Cena rektora III. stupně za aplikaci výsledků výzkumné práce v praxi.

(2) Vývoj nových typů polovodičových detektorů záření a polohově citlivých detekčních struktur

K vývoji nových typů polovodičových detektorů s perspektivou jejich užití v experimentech na LHC a v aplikacích k zobrazování s pomocí záření, sloužily výzkumné práce spadající pod t. zv. *RD programy* (*RD50 - "Vývoj radiačně odolných polovodičových zařízení pro urychlovače s vysokou luminozitou" a Medipix2 - "Vývoj pixelových detektorů pro detekci fotonů X-záření v medicíně"*), které probíhají v široké mezinárodní spolupráci koordinované prostřednictvím CERN a v rámci EU FP5 projektu 3D-RID ("3D-Radiation Imaging Detectors", projekt koordinovaný Univerzitou v Glasgow). Řešení této části záměru se do jisté míry prolíná se záměrem č. 19. V předkládaném záměru je však pozornost věnována především obecnému studiu vlastností detektorů z pohledu jejich uplatnění ve fyzice vysokých energiích a v dalších oblastech výzkumu, na rozdíl od činností v rámci záměru VZ 19, kde se práce soustřeďují na jednotlivé konkrétní aplikace detektorů.

Projekt Medipix je řešen ve spolupráci pracovišť z ÚTEF a FSI, zodpovědným řešitelem je S. Pospíšil. Hlavním cílem projektu je testování Medipix-2 hybridního R/O systému spojeného s pixelovým detektorem pro detekci jednotlivých fotonů, těžkých nabitých částic a neutronů. Tento cíl je vyvolán potřebou pochopit odezvu polohově citlivých detektorů s vysokou granularitou na neutrony a odražená jádra (např. vliv efektu "sdílení náboje" na přesnost určení polohy částice) v prostředí experimentů na LHC. Jde o smluvní

spolupráci mezi 16 evropskými univerzitami a výzkumnými centry, která byla ustavena v CERN v září r. 1999. Řešitelský kolektiv z ČVUT byl v kolaboraci pověřen zodpovědností za aplikace systémů Medipix v oblasti t.zv. dynamické defektoskopie s pomocí záření X (X-Ray Dynamic Defectoscopy - XRDD) a za metodický vývoj zobrazování s pomocí neutronů (Neutron Imaging - NI), včetně tomografických typů zobrazování. V případě detekce neutronů byl s využitím konvertoru ${}^6\text{LiF}$ vedle již osvojeného systému Medipix-1 nově adaptován systém Medipix-2 na polohově citlivý detektor pomalých neutronů. S oběma typy neutronů byly provedeny první testy pro užití v neutronografii na paralelním svazku termálních neutronů v ÚJF AV ČR a v PSI, Villigen, Švýcarsko. Výsledky testů byly mimořádně úspěšné, demonstrovaly schopnost zobrazovat s prostorovým rozlišením na úrovni 150 μm (Medipix-1) a 50 μm (Medipix-2). Jde o originální výsledky na světové úrovni jak co do rychlosti tak i co do dosaženého prostorového rozlišení při polohově citlivé detekci jednotlivých neutronů. Byly realizovány první experimenty ověřující principiální možnosti využití těchto detektorů jako kamer jak pro roentgenovskou tomografii tak i pro třírozměrné zobrazování s pomocí neutronů. Ve skupině z ÚF FSI ČVUT leželo těžiště prací na vývoji a výrobě GaAs pixelových detektorů typu Medipix-1.

Práce zapadající programově do subprojektu RD50 byly zaměřeny na spektrometrické testy detektorů. Standardní testy detektorů a detekčních struktur byly prováděny v laboratořích ÚTEF. Měřily se I-V a C-V charakteristiky standardních a ozářených křemíkových detektorů, charakteristiky nestandardních detektorů (CdTe). Byla sledována jejich spektrometrická odezva a provedeny pokusy s laserem. Testy s infračerveným laserem a s CCD kamerou prokázaly, že místo, kde vzniká náboj ionizací, má v křemíku průměr do 26 μm . S infračerveným laserem byly zahájeny i testy ke sledování sběru a sdílení náboje na jednotlivých strukturách polovodičových detektorů (okénko, ochranný kroužek, stripy či pixely). Vedle toho byla připravena originální publikace věnovaná rozsáhlému studiu radiační odolnosti Si-detektorů (MESA) vůči nízkenergetickým protonům. Jde o první originální práci sledující poškození polovodičových detektorů odraženými jádry v neutronovém poli experimentů na LHC, a to z okolních materiálů s nízkým atomovým číslem Z.

Na řešení této části záměru se podíleli:

- a) J. Beneš, I. Bědajánek, T. Holý, J. Jakůbek, J. Koníček, V. Linhart, S. Pospíšil, J. Uher a E. Ryparová (technický pracovník);
- b) T. Horažďovský, D. Chren, Z. Kohout, M. Solar, B. Sopko (z ÚF FSI), M. Šiňor (z KFE FJFI), Dr. J. Vacík (ÚJF AV ČR), Doc. M. Bruzzi (Univerzita Firenze), Dr. M. Campbell (CERN), Dr. J. Visschers (NIKHEF Amsterdam), prof. C. Leroy (Montreal University), prof. K. Smith (Glasgow University) a další domácí a zahraniční partneři;
- c) V. Linhart, J. Uher, T. Holý se na projektu podíleli i v rámci programů svého doktorského studia. Experimentů se účastnili i studenti magisterského studia na ČVUT V. Král a Z. Vykydal. Práce na subprojektu Medipix vedl Ing. J. Jakůbek, PhD., na subprojektu RD 50 prof. B. Sopko.

Výstupy subprojektu (2):

Výsledky práce na tomto subprojektu byly zpracovány do jedné časopisecké publikace a čtyř prací k publikování připravených. Vedle toho byly předneseny tři referáty na mezinárodních konferencích a úspěšně obhájena jedna diplomová a jedna disertační práce. Kromě toho řešitelé tohoto subprojektu vystoupili několikrát na poradách v CERN a na poradách v rámci mezinárodního EU FP5 projektu "3D-RID". Výsledky dosažené zvláště v neutronových aplikacích mají špičkovou světovou úroveň. Poster [5] Jakůbek, J.; Pospíšil, S.; Uher, J.; Vacík, J.; Vavřík, D.: "Single Neutron Pixel - Detector Based on Medipix-1 Device", Contribution to the Nuclear Science Symposium IEEE 2003, 20-24th October 2003, Portland, Oregon, USA, p. 87, byl vyhodnocen mezi nejlepšími postery této konference. Šlo o výběr mezi cca 350 postery, předání ceny proběhlo v přítomnosti zhruba 1000 účastníků konference. S. Pospíšil byl následně vyzván, aby na téma "Detekce neutronů křemíkovými detektory" přednesl přednášku na experimentálním semináři ve SLAC, USA. Přednáška se

uskutečnila v říjnu 2003. Následuje seznam publikačních výstupů a prezentací výsledků na konferencích:

- [1] Šiňor, M.; Jakůbek, J.; Linhart, V.; Mikulec, B.; Pospíšil, S.; Sopko, B.: "Charge sharing studies with a Medipix 1 pixel device". Contribution to the conference "3rd International Workshop on Radiation Imaging Detectors", Italy, Sardinia, Orosei, 23-27 September 2001. Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A 509 (2003) 346-354.
- [2] A. Houdayer, C. Lebel, C. Leroy, V. Linhart, J.J. Mareš, S. Pospíšil, B. Sopko: "Low-energy protons scanning of intentionally partially damaged silicon MESA radiation detectors". Accepted for publication in Transaction on Nuclear Sciences, USA, 2003, (TNS-00095-2003).
- [3] D. Vavřík, T. Holý, J. Jakůbek, S. Pospíšil: "Tomography for XRDD". Oral contribution to the "5th International Workshop on Radiation Imaging Detectors", 7-11 Sept 2003, Riga, Latvia. Abstract published in the Program Book of IWORID 2003, BSI, Riga, Latvia (2003) p. 126. Contribution to be published in the Proceedings of the Conference.
- [4] T. Holý, J. Jakůbek, S. Pospíšil, J. Uher, J. Vacík: "Neutron tomography with single neutron counting pixel device". Oral contribution to the 8th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications, Villa Erba, Como, 6-10 October 2003, Italy. Abstract published in the Program Book of the Conference. Accepted for publication in the Proceedings of the Conference, World Scientific (2004) 7 p.
- [5] J. Jakůbek, S. Pospíšil, J. Uher, J. Vacík, D. Vavřík: "Single neutron pixel detector based on Medipix-1 device". Contribution (poster) to the IEEE 2003 NSS/MIC/RTSD Conference, Portland, Oregon, 19-25 October, 2003, USA. Abstract published in the Book Abstracts of NSS, IEEE (2003) p. 87 (see also <http://nss-mic.bnl.gov/nss-mic/program/program2003.asp>, contribution N36-117). Accepted for publication in the Proceedings of the Conference.
- [6] T. Holý: "Zpracování a vyhodnocování analogových a digitálních signálů ze spektrálně a polohově citlivých polovodičových detektorů ionizujícího záření". Diplomová práce FJFI ČVUT, 2002. Práce byla vykonána pod vedením M. Šiňora a S. Pospíšila a úspěšně obhájena v lednu 2003.
- [7] Z. Kohout: "Radiační poruchy v polovodičích". Disertační práce, FSI ČVUT v Praze, 169 stran. Úspěšně obhájena pod vedením B. Sopka, únor 2003.

(b) Projekty z oblasti fyziky nízkých energií a fyziky atomového jádra

Část záměru orientovaná na *projekty jaderné fyziky nízkých energií* vycházela z programů spolupráce s SÚJV Dubna. Šlo především:

- o mezinárodní projekty studia dvojitého rozpadu beta (experimenty NEMO a TGV);
- o studium vlastností středně těžkých deformovaných atomových jader (jmenovitě šlo o studium struktury jádra ¹⁵⁹Gd pomocí radiačního záchytu neutronů a přímých reakcí);
- v uplynulém roce byly učiněny rovněž první kroky k zapojení do experimentu Picasso (experiment k hledání temné hmoty - neutralina) prostřednictvím spolupráce s Univerzitou v Montrealu.

(3) Studium dvojitého rozpadu beta

Experiment TGV II je řešen v přímé mezinárodní kooperaci mezi ČVUT, ÚJF AV ČR, SÚJV Dubna, CSNSM Orsay a KU Bratislava. Řešení subprojektu v roce 2003 se soustředilo hlavně na konečné odladění spektrometru TGV II a na měření pozadí především v nízkoenergetické oblasti. Pro detektor TGV II se používají dvě různá zapojení, jedno s prahem cca 40 keV pro měření s ⁴⁸Ca a druhé s prahem cca 10 keV pro měření s ¹⁰⁶Cd. Během roku se testovalo především zapojení s prahem 10 keV. Proběhly dvě dlouhodobé

série měření pozadí. Po úpravě aparatury (listopad 2003) v současné době probíhá v podzemní laboratoři poslední dlouhodobé měření pozadí.

Experiment NEMO je určen k měření především bezneutrinového dvojitého rozpadu beta několika izotopů (např. ^{100}Mo , ^{82}Se , ^{116}Cd). Detektor je umístěn v podzemní laboratoři v Modane (Francie). V roce 2003 byl detektor NEMO III dokončen a začala fáze sběru experimentálních dat. Podíl české strany spočíval především ve zpracování experimentálních dat (vzbuzený stav ^{100}Mo), v účasti na odladění detektoru a na vývoji anti-radonového systému. Jeden z členů české skupiny ing. L.Vála, PhD. úspěšně obhájil v rámci experimentu NEMO svoji doktorskou práci.

Česká účast na obou těchto projektech je koordinována Ing. Ivanem Šteklm, CSc. Na jejich programu se podíleli:

- a) P. Beneš, P. Čermák; I. Štekl, L. Vála.
- b) Ing. V. Vorobel, CSc. (MFF UK), Dr. V. B. Brudanin (SÚJV Dubna), Dr. V. Kovalenko (SÚJV Dubna), Dr. A. Kovalík (ÚJF AV ČR - SÚJV Dubna) a další převážně zahraniční partneři z Francie;
- c) P. Beneš, P. Čermák (na projektu pracují i v rámci svého doktorského studia) a J. Bočan (student 4.ročníku FJFI, v rámci ročníkové práce zodpovídá za zpracování exp. dat ^{116}Cd).

Výstupy subprojektu (3):

Výsledky práce na tomto subprojektu byly zpracovány do čtyř časopiseckých publikací. Vedle toho byly předneseny čtyři referáty na mezinárodních konferencích, které budou publikovány, tři další konferenční příspěvky jsou k publikování připraveny. V zahraničí byla úspěšně obhájena jedna disertační práce.

- [1] R. Arnold, ...I. Štekl, L. Vála...et al. (41 autorů): "Possible background reductions in double beta decay experiments". Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. A 503 (2003) 649-657.
- [2] S.I. Vasilev, ... I. Štekl, P. Čermák, P. Beneš ...et al.: "Nizkofonovij mnogodetektornyj spektrometer TGV-2 dlja issledovanija dvojnogo β -raspada". Izvestija Akademii Nauk, Serija Fizicheskaja, 2003, tom 67, No. 5, s.618-623.
- [3] A. Kovalík, ..., I. Štekl (8 autorů): "A detailed experimental investigation of the low energy electron spectrum generated in the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena vol. 134, No.1, p. 67-79, 2003.
- [4] S. Jullian for NEMO collaboration: "Initial Runs of the NEMO3 experiment". 4th Workshop „Neutrino Oscillations and their Origin“ (NOON03), February 10-14, 2003, Kanazawa, Japan (LAL 03-29), printed in Nucl. Phys. A 721: 529C-532C, June 30, 2003.
- [5] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov,A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, I.Štekl: "The KLL Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.40.
- [6] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov,A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, I.Štekl: "The first measurement of the KLM+KLN Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". :Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.41.
- [7] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov,A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, M.A. Mahmoud, I.Štekl: "The first investigation of the KMM+KMN Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.42.
- [8] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov,A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, M.A. Mahmoud, I.Štekl: "The detailed study of the LMM+LMX Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.43.
- [9] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Description of the spectrometer TGV II". Prezentováno na konferenci MEDEX '03, Praha, 7.-10.7.2003, bude publikováno v Czech.J.Phys.

- [10] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Present status of the TGV II spectrometer". Prezentováno na konferenci „Int. Conf. Non-Accelerator New Physics“, Dubna, 23.6.-27.6.2003.
- [11] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Experiment TGV". Referát na konferenci 8th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications, Villa Erba, Como, 6-10 October 2003, Italy. Abstrakt publikován v "Program Book of the Conference". Příspěvek přijat k publikování v "Proceedings of the Conference, World Scientific (2004).
- [12] L.Vála: "Measurement of the $2\nu\beta\beta$ decay of ^{100}Mo to the excited state in the NEMO3 experiment", Orsay, 2003. Disertační práce pod vedením I.Štekla a D.Lalanne. Úspěšná obhajoba proběhla 24.9.2003.

(4) Studium vlastností středně těžkých deformovaných atomových jader.

Projekt byl v roce 2003 soustředěn na publikování výsledků studia struktury atomového jádra ^{159}Gd . Tyto publikace shrnují jednak výsledky dřívějšího experimentu $^{158}\text{Gd}(n_{\text{res}},\gamma)$ provedeného v Dubně na reaktoru IBR-2, který byl v posledních letech rozšířen o experiment $^{158}\text{Gd}(n,\gamma)$ realizovaný v ILL Grenoble na precizním krystalovém spektrometru GAMS2/3. Následně pak byl doplněn o experimenty na tandemovém urychlovači TU Mnichov za přímé účasti našich studentů na experimentu. Šlo o měření reakcí $^{158}\text{Gd}(d,p)$ a $^{160}\text{Gd}(d,t)$ včetně měření úhlového rozdělení protonů z reakce (d,p) na svazku s polarizovanými deuterony. Rozsáhlé a unikátní výsledky studia jádra ^{159}Gd byly v průběhu roku dovedeny do konečných publikací v recenzovaných mezinárodních časopisech a staly se součástí disertační práce Ing. C. Granji, PhD., která byla 2. října r. 2003 na FJFI úspěšně obhájena. Jeho školitelem je Ing. Stanislav Pospíšil, DrSc., který je také zodpovědným řešitelem tohoto dílčího subprojektu.

Na pracech se v roce 2003 jmenovitě podíleli:

- a) C. Granja, S. Pospíšil;
- b) Dr. D. Nosek (MFF UK), Dr. S.A. Teležnikov (SÚJV Dubna), prof. T. von Egidy (TU Mnichov), Dr. H. Wirth (TU Mnichov), prof. G. Graw (LMU Mnichov), prof. A. Aprahamian (Notre Dame University, USA), Dr. H. Börner (ILL Grenoble), Dr. R.E. Chrien (BNL, USA);
- c) Ing. C. Granja, Ing. L. Rubáček (bývalý diplomant S. Pospíšila, nyní PhD. student University v Giessenu).

Výstupy subprojektu (4):

Výsledky práce na tomto subprojektu byly zpracovány do dvou časopiseckých publikací, jeden článek byl odeslán k publikování ve Phys. Rev. C. Vedle toho byly předneseny tři referáty na mezinárodních konferencích, z nichž dva již byly publikovány a další konferenční příspěvek je k publikování připraven. V rámci tohoto subprojektu byla úspěšně byla obhájena jedna disertační práce.

- [1] Granja C.; Pospíšil, S.; Kubašta J.; Teležnikov S. A.: "Primary gamma transitions in ^{159}Gd after isolated resonance neutron capture". Nuclear Physics A 724 (2003) 14-28.
- [2] Granja C.; Pospíšil, S.; Teležnikov S. A.; Chrien, R.E.: "Levels of ^{159}Gd populated in average resonance capture". Nuclear Physics A 729 (2003) 679-698.
- [3] Granja C.; Aprahamian A.; Börner H.; Lehmann H.; Pospíšil S.; von Egidy T.; Wirth H.-F.; Graw G.; Hertenberger R.; Eisermann Y.; Nosek D.; Rubáček L.; Teležnikov S. A.: "Level structure of ^{159}Gd from (n, γ), (d,p) and (d,t) reactions". Submitted to Phys. Rev. C. (2003).
- [4] C. Granja, L. Rubáček, A. Aprahamian, H. Börner, H. Lehmann, R. E. Chrien, T. von Egidy, H.-F. Wirth, G. Graw, R. Hertenberger, Y. Eisermann, D. Nosek, S. Pospíšil, S. A. Teležnikov: "Spectroscopy of ^{159}Gd ". Contribution (poster) to the 11th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics", 2- 6 September 2002, Průhonice near Prague, Czech Republic. Abstract published in the "Book of Abstracts of CGS11", FMP ChU, Prague (Sept 2002). Contribution published in the Proceedings of the

Eleventh International Symposium "Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics", ISBN 981-238-391-3, J. Kvasil, P. Cejnar, M. Krtička (eds.), World Scientific Publishing Co., Singapore (2003) 672-675.

[5] Pospíšil S., Granja C., Kubašta J. and Telezhnikov S. A.: "Full Gamma-Width Calculations in ^{159}Gd after Resonance Neutron Capture". Oral contribution to the 10th International Seminar on Interactions of Neutrons with Nuclei (ISINN-10) "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics", May 22 - 25, 2002, JINR Dubna, Russia. Published in the Proceedings of the ISINN-10 "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics", ISBN 5-9530-0015-4, JINR Dubna, Russia (2003) 166-170.

[6] Granja C., Nosek D.: "Structure of ^{159}Gd ". Contribution to the International Symposium on Computational and Group Theoretical Methods in Nuclear Physics, Playa del Carmen, Mexico, 18-21 February, 2003. To be published in the Proceedings of the Symposium in Honor of Jerry P Draayer's 60th Birthday, "Computational and Group-Theoretical Methods in Nuclear Physics", eds. J. Escher, O. Castaños, J. G. Hirsch, S. Pittel, G. Stoitcheva, World Scientific, 2004.

[7] C. Granja: "Structure of ^{159}Gd ". Doktorská disertace, FJFI ČVUT (2003) 189 stran. Vedoucí práce S. Pospíšil. Úspěšně obhájena 2. 10. 2003.

(5) Experiment Picasso

V roce 2003 byla skupina pracovníků ÚTEF ČVUT přizvána k účasti na experimentu Picasso. Pozvání byl adresováno z Univerzity v Montrealu. Jedná se o experiment, který se soustřeďuje na hledání jednoho z kandidátů na nositele temné hmoty ve vesmíru, na hledání neutralina. Experiment bude instalován v podzemní laboratoři SNO (Sudbury Neutrino Observatory) v Kanadě pod vedením kanadských fyziků.

Účast naší strany v roce 2003 spočívala v měření difuze radonu přes obal do citlivé oblasti nízkopozadového detektoru. V laboratořích ÚTEF byly provedeny dvě dlouhodobé série měření (dvakrát tři měsíce) při použití experimentálního vybavení ÚTEF (Si-detektory, dva spektrometry TAIP, PC). Výsledky měření byly vyhodnoceny a byl stanoven koeficient potlačení radonu obalem detektoru řádově $8 \cdot 10^{-5}$. Problematika radonu je v těchto typech extrémně nízkopozadových měření velmi důležitá, neboť radon je zdrojem celkového pozadí z 80-90%. Výsledky byly předány kanadským partnerům. Účast na projektu Picasso je v počátcích, v dalších letech se soustředí činnost problematiku redukce experimentálního pozadí (ať už od radonu či stíněním proti neutronům) a dále pak na problematiku kalibrace detektoru a interpretaci dat.

Na pracech se v roce 2003 jmenovitě podíleli:

- a) P. Čermák, J. Jakůbek, J. Koníček, S. Pospíšil, I. Štekl;
- b) Prof. C. Leroy (Univerzita v Montrealu);
- c) J. Bočan, V. Bočarov (studenti magisterského studia ČVUT v rámci ročníkových prací).

Výstupy subprojektu (5):

Výsledky práce na tomto subprojektu byly zpracovány do jedné vnitřní výzkumné zprávy kolaborace Picasso.

- [1] I. Štekl, S. Pospíšil, P. Čermák, J. Koníček, J. Bočan, V. Bočarov, C. Leroy: "Measurement of Radon penetrability through the Picasso emulsion container". Praha (2003) 4 s.

III. Sumarizace výstupů, publikací, konferenční příspěvků a ohlasů výsledků řešení experimentální části záměru MSM 21000018

Publikace v recenzovaných mezinárodních časopisech:

- [1] J. Beneš: "Design and realization of an industrial gantry robot for automatic production of detector modules for experiment ATLAS at LHC". *Jemná mechanika a optika*, JMO 8-9 (2003) 237-244.
- [2] Šiňor, M.; Jakůbek, J.; Linhart, V.; Mikulec, B.; Pospíšil, S.; Sopko, B.: "Charge sharing studies with a Medipix 1 pixel device". Contribution to the conference "3rd International Workshop on Radiation Imaging Detectors", Italy, Sardinia, Orosei, 23-27 September 2001. *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. A* 509 (2003) 346-354.
- [3] A. Sher, R. Appel, G.S. Atoyan, ..., P. Lichard, ..., et al.: "High Statistics Measurement of the $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$ (K_{e3}^+) Branching Ratio". *Phys.- Rev. Lett.* 91, 26 (Dec 2003) 261802, 1-4.
- [4] S. Pislak, R. Appel, G.S. Atoyan, ..., P. Lichard, ..., et al.: "High statistics measurement of K_{e4}^+ Decay Properties". *Phys.- Rev. D* 67 (2003) 072004, 1-14.
- [5] A. Houdayer, C. Lebel, C. Leroy, V. Linhart, J.J. Mareš, S. Pospíšil, B. Sopko: "Low-energy protons scanning of intentionally partially damaged silicon MESA radiation detectors". Accepted for publication in *Transaction on Nuclear Sciences*, USA, 2003, (TNS-00095-2003).
- [6] R. Arnold, ...I. Štekl, L. Vála...et al. (41 autorů): "Possible background reductions in double beta decay experiments". *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. A* 503 (2003) 649-657.
- [7] S.I. Vasilev, ... I. Štekl, P. Čermák, P. Beneš ...et al.: "Nizkofonovij mnogodetektornyj spektrometer TGV-2 dlja issledovanija dvojnogo β -raspada". *Izvestija Akademii Nauk, Serija Fizicheskaja*, 2003, tom 67, No. 5, s.618-623.
- [8] A. Kovalík, ..., I. Štekl (8 autorů): "A detailed experimental investigation of the low energy electron spectrum generated in the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* vol. 134, No.1, p. 67-79, 2003.
- [9] S. Jullian for NEMO collaboration: "Initial Runs of the NEMO3 experiment". 4th Workshop „Neutrino Oscillations and their Origin“ (NOON03), February 10-14, 2003, Kanazawa, Japan (LAL 03-29), printed in *Nucl. Phys. A* 721: 529C-532C, June 30, 2003.
- [10] Granja C.; Pospíšil, S.; Kubašta J.; Telezhnikov S. A.: "Primary gamma transitions in ^{159}Gd after isolated resonance neutron capture". *Nuclear Physics A* 724 (2003) 14-28.
- [11] Granja C.; Pospíšil, S.; Telezhnikov S. A.; Chrien, R.E.: "Levels of ^{159}Gd populated in average resonance capture". *Nuclear Physics A* 729 (2003) 679-698.

Publikované příspěvky na konferencích:

- [1] K. Smolek: "Spin Correlations of Top-Antitop Quarks Produced in Proton-Proton and Antiproton-Proton Interactions at Energy 14 TeV and 2 TeV". Contribution to the CTU Workshop 2003, Prague, February 2003, *Proceedings of CTU Workshop Part A*, p. 84.
- [2] T. Holý, J. Jakůbek, S. Pospíšil, J. Uher, J. Vacík: "Neutron tomography with single neutron counting pixel device". Oral contribution to the 8th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications, Villa Erba, Como, 6-10 October 2003, Italy. Abstract published in the Program Book of the Conference. Accepted for publication in the *Proceedings of the Conference*, World Scientific (2004) 7 p.
- [3] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Experiment TGV". Referát na konferenci 8th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications, Villa Erba, Como, 6-10 October 2003, Italy. Abstrakt publikován v "Program Book of the Conference". Příspěvek přijat k publikování v "Proceedings of the Conference, World Scientific (2004).
- [4] J. Jakůbek, S. Pospíšil, J. Uher, J. Vacík, D. Vavřík: "Single neutron pixel detector based on Medipix-1 device". Contribution (poster) to the IEEE 2003 NSS/MIC/RTSD Conference, Portland, Oregon, 19-25 October, 2003, USA. Abstract published in the Book

Abstracts of NSS, IEEE (2003) p. 87 (see also <http://nss-mic.bnl.gov/nss-mic/program/program2003.asp>, contribution N36-117). Accepted for publication in the Proceedings of the Conference.

[5] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov, A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, I.Štekl: "The KLL Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.40.

[6] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov, A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, I.Štekl: "The first measurement of the KLM+KLN Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.41.

[7] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov, A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, M.A. Mahmoud, I.Štekl: "The first investigation of the KMM+KMN Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure - "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.42.

[8] A.Kovalík, A.V.Lubashevsky, D.V.Filosofov, A. Inoyatov, V.M.Gorozhankin, Ts. Vylov, M.A. Mahmoud, I.Štekl: "The detailed study of the LMM+LMX Auger spectrum of $^{67}_{30}\text{Zn}$ from the EC-decay of $^{67}_{31}\text{Ga}$ ". Proc. of the 53-th Int. Conf. on Nuclear Spectroscopy and Nuclear Structure "Nucleus-2003", October 7-10, 2003, Moscow, p.43.

[9] C. Granja, L. Rubáček, A. Aprahamian, H. Börner, H. Lehmann, R. E. Chrien, T. von Egidy, H.-F. Wirth, G. Graw, R. Hertenberger, Y. Eisermann, D. Nosek, S. Pospíšil, S. A. Telezhnikov: "Spectroscopy of ^{159}Gd ". Contribution (poster) to the 11th International Symposium on Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics", 2- 6 September 2002, Průhonice near Prague, Czech Republic. Abstract published in the "Book of Abstracts of CGS11", FMP ChU, Prague (Sept 2002). Contribution published in the Proceedings of the Eleventh International Symposium "Capture Gamma-Ray Spectroscopy and Related Topics", ISBN 981-238-391-3, J. Kvasil, P. Cejnar, M. Krtička (eds.), World Scientific Publishing Co., Singapore (2003) 672-675.

[10] Pospíšil S., Granja C., Kubašta J. and Telezhnikov S. A.: "Full Gamma-Width Calculations in ^{159}Gd after Resonance Neutron Capture". Oral contribution to the 10th International Seminar on Interactions of Neutrons with Nuclei (ISINN-10) "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics", May 22 - 25, 2002, JINR Dubna, Russia. Published in the Proceedings of the ISINN-10 "Neutron Spectroscopy, Nuclear Structure, Related Topics", ISBN 5-9530-0015-4, JINR Dubna, Russia (2003) 166-170.

Práce publikované jako interní zprávy v zahraničních organizacích:

[1] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of the Top-Antitop Pairs in the ATLAS Experiment". Atlas Note ATL-PHYS-2003-012, CERN (2003).

Práce připravené k publikování:

[1] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of Top-Antitop Pairs and Influence of Heavy Higgs Boson". Contribution to the Conference "Advanced Studies Institute - Physics at LHC", Prague, July 6-12, 2003 (poster, to be published in Czechoslovak Journal of Physics).

[2] I. Bědajánek, I. Štekl, S. Pospíšil, C. Leroy, V.E. Kovalenko: "The Monte Carlo calculation of the induced radioactivity in the forward region shielding and the TAS region of the ATLAS Experiment". Prepared for publication as Atlas Technical Note (2003) 16 p.

[3] V. Linhart, I. Bědajánek, A. Kolros, S. Pospíšil, I. Štekl, M. Vobecký: "Measurement of neutron induced activation of the SCT forward module". Prepared for publication as Atlas Technical Note (2003) 9 p.

[4] D. Vavřík, T. Holý, J. Jakůbek, S. Pospíšil: "Tomography for XRDD". Oral contribution to the "5th International Workshop on Radiation Imaging Detectors", 7-11 Sept

2003, Riga, Latvia. Abstract published in the Program Book of IWORID 2003, BSI, Riga, Latvia (2003) p. 126. Contribution to be published in the Proceedings of the Conference.

[5] Granja C.; Aprahamian A.; Börner H.; Lehmann H.; Pospíšil S.; von Egidy T.; Wirth H.-F.; Graw G.; Hertenberger R.; Eisermann Y.; Nosek D.; Rubáček L.; Telezhnikov S. A.: "Level structure of ^{159}Gd from (n,γ) , (d,p) and (d,t) reactions". Submitted to Phys. Rev. C. (2003).

[6] Granja C., Nosek D.: "Structure of ^{159}Gd ". Contribution to the International Symposium on Computational and Group Theoretical Methods in Nuclear Physics, Playa del Carmen, Mexico, 18-21 February, 2003. To be published in the Proceedings of the Symposium in Honor of Jerry P Draayer's 60th Birthday, "Computational and Group-Theoretical Methods in Nuclear Physics", eds. J. Escher, O. Castaños, J. G. Hirsch, S. Pittel, G. Stoitcheva, World Scientific, 2004.

[7] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Description of the spectrometer TGV II". Prezentováno na konferenci MEDEX '03, Praha, 7.-10.7.2003. Zasláno k publikování v Czech.J.Phys.

[8] I. Štekl, S. Pospíšil, P. Čermák, J. Koníček, J. Bočan, V. Bočarov, C. Leroy: "Measurement of Radon penetrability of the Picasso emulsion container". Praha (2003) 4 s.

Nepublikovaná vystoupení na mezinárodních konferencích:

[1] K. Smolek, V. Šimák: "Measurement of Spin Correlations of Top-Antitop Pairs and Influence of Heavy Higgs Boson". Oral presentation on 4th ATLAS Physics Workshop, Athens, 23.5. 2003

[2] K. Smolek: "Measurement of t-tbar Spin Correlations". Oral presentation on the ATLAS Overview Week, Prague, 18. 9. 2003.

[3] I. Štekl: "JF shielding construction (present status)". Oral presentation on the ATLAS Overview Week, Prague, 18. 9. 2003.

[4] P.Čermák, I.Štekl et al.: "Present status of the TGV II spectrometer". Prezentováno na konferenci „Int. Conf. Non-Accelerator New Physics“, Dubna, 23.6.-27.6.2003.

Diplomové, disertační a habilitační práce obhájené v souvislosti s řešením projektů v záměru:

[1] T. Holý: "Zpracování a vyhodnocování analogových a digitálních signálů ze spektrálně a polohově citlivých polovodičových detektorů ionizujícího záření". Diplomová práce FJFI ČVUT, 2002. Práce byla vykonána pod vedením M. Šiňora a S. Pospíšila a úspěšně obhájena v lednu 2003.

[2] Z. Kohout: "Radiační poruchy v polovodičích". Disertační práce, FSI ČVUT v Praze, 169 stran. Úspěšně obhájena pod vedením B. Sopka, únor 2003.

[3] L.Vála: "Measurement of the $2\nu\beta\beta$ decay of ^{100}Mo to the excited state in the NEMO3 experiment", Orsay, 2003. Disertační práce pod vedením I.Štekla a D.Lalanne. Úspěšná obhajoba proběhla 24.9.2003.

[4] C. Granja: "Structure of ^{159}Gd ". Doktorská disertace, FJFI ČVUT (2003) 189 stran. Vedoucí práce S. Pospíšil. Úspěšně obhájena 2. 10. 2003.

[5] J. Beneš: "Návrh a realizace částí robota pro automatickou produkci modulů polovodičového polohově citlivého detektoru pro experiment ATLAS na LHC". Disertační práce, FJFI ČVUT v Praze, 125 stran. Úspěšně obhájena pod vedením S. Pospíšila dne 19. 12. 2003.

[6] J. Sodomka: "Materiál, konstrukce a technologie pro experiment ATLAS". Habilitační práce. Úspěšně obhájena na FD ČVUT v Praze, 2003.

Další výstupy a ocenění:

Řešiteli záměru bylo předneseno cca 10 referátů na poradách v zahraničí (CERN, projekty ATLAS, Medipix, RD50, porady EU projektů, ...).

Za práce na subprojektu neutronové stínění byla v roce 2003 udělena Ing. I. Bědajánkovi, Ing. Šteklovi, CSc. a Doc. Ing. J. Sodomkovi, CSc. Cena rektora III. stupně za aplikaci výsledků výzkumné práce v praxi.

Další mezinárodní ohlasy výsledků řešení záměru v ÚTEF ČVUT:

Mezinárodní ohlas výsledků vědecké činnosti řešitelského kolektivu se odráží v tom, že navrhovatel této experimentální části záměru a koordinátor projektů řešených v ÚTEF, FSI a FD byl zván do rad kolaborací, v nichž řešitelský tým participuje a do výborů mezinárodních vědeckých akcí. S. Pospíšil v roce 2003 působil jako:

- Člen kolaborační rady experimentu ATLAS na LHC v CERN (zástupce ČVUT v Praze).
- Člen kolaborační rady projektu Medipix2 v CERN (zástupce ČVUT v Praze).
- Navrhovatel výzkumného zaměření "Pad detector characterization" projektu RD50 v CERN. Do března r. 2003 jako člen managementu tohoto projektu.
- Spolunavrhovatel a zodpovědný řešitel (za ČVUT) mezinárodního projektu č. G5RD-CT-2001-00536 "3D Radiation Imaging Detectors - 3D-RID" přijatého v roce 2001 v rámci 5. RP EU - GROWTH na léta 2001-2004.
- Člen vědeckého výboru konference "5th International Workshop on Radiation Imaging Detectors", Riga, Latvia, 7-11 September, 2003.
- Člen mezinárodního poradního výboru, organizátor a svolavatel sekce "Medical Application Instrumentation" konference "8th ICATPP Conference on Astroparticle, Particle, Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications", Villa Olmo, Como, 6-10 October 2003, Italy.
- Člen organizačních výborů světové konference IEEE NSS/MIC 2003, Portland, Oregon, USA, October, 19-25, 2003. Člen NSS Program Committee. Člen MIC Program Committee. Svolavatel 2 vědeckých sekcí na této konferenci ("Radiation Damage Effects"- I. "Materials and Defects" a II: "Devices"), recenzent řady konferenčních příspěvků na tuto konferenci.
- Člen CIP committee and IEEE NPSS TransNational Committee pro propagaci a pořádání celosvětové konference "IEEE 2003 NSS/MIC/RTSD Conference", Portland, Oregon, 19-25 October, 2003, USA.
- Příprava programu výše uvedených konferencí, výběr zvaných řečníků, příprava proceedings z konferencí, výběr příspěvků na konference a recenze zaslaných rukopisů (cca 100 rukopisů v posledních 5 letech).
- Člen vědeckého výboru mezinárodní konference "6th International Workshop on Radiation Imaging Detectors", Glasgow, 25-29 July, 2004, Scotland, UK.
- Člen organizačního výboru světové konference IEEE NSS 2004, Rome, Italy, October, 16-22, 2004.
- Vyzvaná přednáška (Stanislav Pospíšil: "Detection of neutrons by silicon detectors") přednesená ve SLAC, Experimental Seminars, Oct 27th, 2003, Stanford, California, USA.

Významnou poctou byla skutečnost, že poster Jakůbek, J.; Pospíšil, S.; Uher, J.; Vacík, J.; Vavřík, D.: "Single Neutron Pixel - Detector Based on Medipix-1 Device", Contribution to the Nuclear Science Symposium IEEE 2003, 20-24th October 2003, Portland, Oregon, USA, p. 87, byl vyhodnocen mezi nejlepšími postery této konference. Šlo o výběr mezi cca 350 postery, předání ceny proběhlo v přítomnosti zhruba 1000 účastníků konference.

IV. Zhodnocení dosažených výsledků

V roce 2003 byl doplněn řešitelský kolektiv této části záměru a byly dokončeny laboratoře (technologická, radiochemická, radonová) potřebné k jejímu řešení. Byly také uvedeny do provozu dvě speciální laboratoře pro práci s detektory (technologicky čisté prostředí).

Řešitelský kolektiv výzkumného záměru je tvořen jak zkušenými vedoucími pracovníky zralého věku (Ing. S. Pospíšil, DrSc., RNDr. J. Koníček, CSc., RNDr. F. Lehar,

DrSc., Prof. Ing. P. Lichard, DrSc., Ing. M. Vobecký, CSc., Doc. Ing. J. Sodomka, CSc., Prof. RNDr. B. Sopko, DrSc., RNDr. M. Solar, CSc.) tak i věku mladšího (Ing. J. Jakůbek, PhD., Ing. I. Štekl, CSc.) a dále pak mladými pracovníky pod 32 let (Ing. I. Bědajánek, Ing. J. Beneš, PhD., Ing. P. Beneš, Ing. C. Granja, PhD., Ing. T. Holý, Ing. V. Linhart, Ing. K. Smolek, Ing. L. Vála, PhD. a Z. Vykydal) a 3 studenty magisterského studia. Složení řešitelského kolektivu, zvláště díky podílu mladých lidí, skýtá dobrou perspektivu řešení této části záměru i v budoucnosti.

Podstatnou součástí vědeckého a odborného života se staly pravidelné semináře ÚTEF, které probíhají v úterý od 14:00. Na nich vystupují jak externí referující tak i pracovníci řešitelského kolektivu. V roce 2003 proběhlo 28 seminářů experimentálního či teoretického charakteru, které svou náplní tematicky spadaly do předmětu bádání v této části záměru.

Výsledky práce řešitelů této části záměru byly v r. 2003 zaznamenány ve formě 36 psaných dokumentů celkem, z toho 11 prací bylo publikováno v recenzovaném mezinárodním časopise, 10 prací bylo publikováno ve sbornících z konferencí (většinou mezinárodních) a 1 ve formě interní zprávy ATLAS-CERN. Osm dalších prací bylo zasláno či připraveno k publikování. V rámci subprojektů řešených v experimentální části tohoto záměru byla obhájena jedna diplomová práce, čtyři doktorské disertace a jedna habilitační práce. Řešení většiny subprojektů záměru probíhalo v přímé mezinárodní spolupráci a o jeho výsledcích bylo mnohokrát referováno na poradách jak v CERN tak ve spolupracujících institucích.

Vědecká aktivita v subprojektu ATLAS-Stínění přinesla čs. podnikům v roce 2003 významné průmyslové zakázky z CERN, jež jsou koordinovány kolektivem z ÚTEF vedeným Ing. I. Štekl, CSc. Jde celkem o kontrakty ve výši cca 35 MKč. Členům řešitelského týmu byla udělena cena rektora III. stupně za aplikaci výsledků vědecké práce v praxi.

Bohužel dosud stále nebyl vyřešen problém blokování přístrojů na FJFI ČVUT po přechodu většiny řešitelů této části záměru z KF FJFI ČVUT do ÚTEF ČVUT. Jde přitom o přístroje, z nichž řada byla účelově pořízena pro řešení projektů zapadajících do VZ 18. Řada experimentálních činností tak mohla být realizována jen s výraznou pomocí spolupracujících pracovišť jak z ČVUT tak i mimo ČVUT (zapůjčení přístrojů a vybavení).

V. Pracovní kapacity pracovníků podílejících se na řešení experimentální části záměru koordinované v roce 2003 v ÚTEF ČVUT

Od počátku roku 2003 se postupně zvětšoval stupeň zapojení pracovníků ÚTEF do řešení experimentální části záměru v souladu se zaměřením ÚTEF jako vědecko-výzkumné základny ČVUT pro experimentální výzkum ve fyzice mikrosvěta a pro projekty řešené ve spolupráci s CERN a s SÚJV. V současnosti jsou do řešení záměru v ÚTEF ČVUT zapojeni následující pracovníci (v závorce je uvedena jejich pracovní kapacita věnovaná řešení tohoto výzkumného záměru ke konci roku 2003):

Ing. Ivan Bědajánek (0.3), Ing. Jiří Beneš, PhD. (0.8), Ing. Petr Beneš (0.2), Ing. Pavel Čermák (0.8), Ing. Tomáš Holý (0.1), Ing. Carlos Granja (0.8), Ing. Jan Jakůbek, PhD. (0.1), RNDr. Jan Koníček, CSc. (0.1), Prof. Peter Lichard, DrSc. (0.2), Ing. Vladimír Linhart (0.5), Ing. Stanislav Pospíšil, DrSc. (0.2), Elena Ryparová (0.2), Ing. Karel Smolek (0.8), Ing. Ivan Štekl, CSc. (0.6) a Ing. Ladislav Vála, PhD. (0.8).

Na řešení záměru se podíleli i studenti magisterského studia na ČVUT Vlastimil Král a Zdeněk Vykydal v rámci svých studijních projektů (práce na výzkumném úkolu).

Úvazky pracovníků ze spolupracujících pracovišť z FSI a FD budou v podstatě zachovány.

VI. Návrh na upřesnění VZ v dalším období

Vědecko-výzkumný program, který tvoří základ výzkumného záměru v ÚTEF ČVUT, je definován s dlouhodobou perspektivou. Nepředpokládá se v něm, že v nadcházejícím roce

2004 dozná zásadních koncepčních změn. Bude nadále postaven na stávajících projektech spadajících do dvou směrů,

- (a) projektů z oblasti **fyziky vysokých energií a vývoje odpovídajících detekčních systémů** a
- (b) projektů z oblasti **fyziky nízkých energií a fyziky atomového jádra**.

V r. 2004 bude přitom zapojení do neurychlovačového experimentu Picasso smluvně podložena. Předpokládá se nadále spolupráce s výše uváděnými zahraničními pracovišti (CERN, Freiburg, SÚJV Dubna, Montreal, Glasgow, Mnichov atd.).

Členové řešitelského kolektivu této části záměru, která je koordinována z ÚTEF ČVUT budou do řešení záměru v roce 2004 zapojeni rozsahu odpovídajícím konci roku 2003, jak se uvádí v bloku VI. této zprávy.

Z pohledu činnosti stojí před námi v roce 2004 tyto hlavní úkoly:

- Účast na experimentu Atlas (testování modulů SCT FWD, výpočet aktivace a nekorelovaného pozadí v oblasti vnitřního detektoru, koordinace výroby stínění proti neutronům, teorie a fenomenologie hadronových srážek s důrazem na fyziku top-antitop).
- Vývoj a studium vlastností polohově citlivých detektorů pro "tracking" v částicové fyzice.
- Fyzika neutrin (dvojitý beta rozpad, experimenty TGV, Nemo, měření jader ^{100}Mo , ^{116}Cd , ^{106}Cd , vývoj antiradonového stínění; Picasso, kalibrace, problematika pozadí).
- Fyzika atomového jádra (publikace výsledků experimentu $^{173}\text{Yb}(n,\gamma)^{174}\text{Yb}$, návrh doplňujících experimentů typu (d,p) a (d,t) ve spolupráci s TU a LMU Mnichov).

Pro nadcházející období by v souladu s doporučeními dosavadních oponentů bylo žádoucí, *aby experimentální část záměru byla vyčleněna v samostatný výzkumný záměr.*

V Praze, 13/1/2004

Vypracoval: Ing. Stanislav Pospíšil, DrSc.
zodpovědný řešitel záměru v ÚTEF
ředitel ÚTEF ČVUT v Praze