



Zpráva ze služební cesty – Ing. Gleb Donin

Biomedicínské inženýrství pro znalostní ekonomiku,
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002242

Termín cesty:	7.10.-13.10.2018
Místo cesty:	Tampere, Finsko
Zúčastněné osoby:	Ing. Roman Matějka – Umělé orgány, biomateriály Ing. Vojtěch Kamenský – klinické inženýrství, simulace Ing. Gleb Donin – Lékařské přístroje a zařízení, klinické inženýrství Ing. Ivana Kubátová - modelování fyziologických procesů, klinické inženýrství
Zahraniční experti:	BIOMEDITECH - The joint institute of the University of Tampere (UTA) and the Tampere University of Technology (TUT): Hannu Eskola Hannu Nieminen Pasi Kallio Minna Kellomäki Antti Vehkaoja Jari Viik Mari Pekkanen-Mattila Lassi Sukki Mikko Peltokangas

Provázanost zahraniční cesty s realizací projektu

V rámci služební cesty byly v návaznosti na klíčové aktivity „Tvorba a rozvoj výzkumně zaměřených studijních programů“ a „Podpora zahraničních stáží akademických pracovníků“ realizovány pracovní schůze a návštěvy výukových a experimentálních laboratoří institutu Biomeditech – společného pracoviště technické univerzity Tampere a univerzity Tampere. Zaměření aktivit v rámci služební cesty bylo na 2 klíčové oblasti, jež jsou součástí inovovaného doktorského programu, konkrétně: Biotechnologie, tkáňové inženýrství a umělé orgány; Lékařské přístroje a systémy (přístrojová technika, simulace, modelování fyziologických procesů); Klinické inženýrství. Realizace zahraniční stáže ze strany technické univerzity Tampere byla primárně zajištěna prof. Kallio, který v rámci projektu také působí jako zahraniční expert podílející se na přípravě akreditačního spisu. Získané poznatky z cesty budou využity dále při tvorbě a realizaci modernizovaného doktorského studijního programu.

Popis zahraniční cesty, uskutečněné aktivity, závěry jednání

Obecné poznatky z doktorského a magisterského na institutu Biomeditech

Na základě několika pracovních schůzek především s prof. Kallio, prof. Kellomäki, prof. Eskolou a dr. Viikem, byly zhodnoceny parametry, nastavení a studijní možnosti doktorského studijního programu v institutu Biomeditech. Standardní délka doktorského studia je čtyři roky v případě, že studenti jsou zapojeni do výzkumu tzv. na plný úvazek. Studium studenti na částečný úvazek může trvat i déle než 4 roky studia. Standardně se mluví o 8 letech, jako o maximální době studia. V rámci diskuzi se zástupci institutu zaznělo, že je možné tuto hranici překročit. V institutu Biomeditech stejně jako na celé univerzitě se používá kreditní systém pro doktorský studijní program. V rámci celého studia doktorandi musí získat 40 kreditů a na konci odevzdat disertační práci. Struktura postgraduálních titulů je následující:

- studium významných předmětů (přímo spojených s disertační práci) - minimálně 25 kreditů
- obecné vědecké studium - minimálně 5 kreditů

Studenti doktorského studia mohou být financováni různými způsoby. Budoucím studentům je doporučeno, aby se obrátili na svého předpokládaného vedoucího a prodiskutovali možnosti financování z běžících a budoucích projektů. Technická univerzita Tampere má interní program financování doktorského studia, který je zaměřen podporu doktorandů v strategických oblastech výzkumu. Studenti, kteří byli přijati do doktorského programu, dostanou finanční prostředky na dobu standardní délky studia (čtyři roky). Doktorandům je umožněno kombinovat doktorské studium a práci v podniku s tím, že výzkumný směr souvisí s jejich prací. Dle zástupců institutu Biomeditech firmy často podporují své zaměstnance, aby pokračovali v doktorském studiu, neboť výzkum



prováděný zaměstnancem obvykle poskytuje firmě nejnovější poznatky a možná i nové produkty a výrobní přístupy.

Doktorský program není striktně rozdělen na vědecké okruhy, ale uvádějí se následující výzkumní oblasti:

- Biomedicínské zobracování
- Biomateriály
- Bioměření, biosenzory a biorobotika
- Personální zdravotní technologie
- Experimentální a výpočetní biologické vědy
- Buněčné technologie a tkáňové inženýrství

Uchazeč o doktorské studium musí na začátku vybrat oblast výzkumu (z 6 výše uvedených) a vybrat školitele ze seznamu stanoveného pro každou oblast. K žádosti o doktorské studium musí uchazeč přiložit:

- Plán výzkumu
- Předběžný plán studia, který by především měl zahrnovat předměty vybrané pro studium
- Doporučení budoucího školitele
- Návrh složení tzv. follow-up týmu (skupina několika odborníků, která bude nahlížet za průběhem studia studenta, viz níže)
- A další formální dokumenty

Zahraniční studenti, kteří žádají o doktorský program, musí prokázat svou znalost anglického jazyka mezinárodně uznávaným certifikátem (IELTS academic, TOEFL, PTE academic anebo Cambridge Language Certificate).

Výběr kandidátů na doktorské studium se provádí dle následujících kritérií:

- Vědecká kvalita, provázanost se záměry institutu a realističnost předloženého výzkumného plánu
- Návaznost doktorského studia na předchozí magisterské vzdělání
- Zajištění kvalitního vedení (školitel a follow-up tým)
- Znalosti a dovednosti uchazeče, úroveň diplomové práce a jazykové dovednosti
- Doporučení školitele

Plán výzkumu

Do plánu výzkumu by měl být mimo jiné zahrnuté

- Stručný přehled současného stavu řešení vybrané problematiky včetně odpovídajících odkazů.
- Cíle výzkumu, včetně předpokládaných výsledků a dopadu výzkumu.
- Obecný popis relevantních výzkumných metod a potřebných nástrojů.
- Předpokládaný formát disertační práce (monografie nebo disertace sestavená ze článků).
- Harmonogram výzkumu - rozvrh jednotlivých fází studia a plán publikování.

Follow-up tým

Každý student doktorského programu biomedicínského inženýrství (na rozdíl od jiných doktorských programů technické univerzity Tampere) by měl mít tzv. follow-up tým. Tato skupina se obvykle skládá minimálně ze 3 lidí: ze školitele, školitele-specialisty (primárně odborník z praxe) a alespoň jednoho dalšího odborníka z technické univerzity Tampere, nebo z jiných vysokých škol, výzkumných ústavů nebo firem. Další odborníci musí mít titul PhD. Tato skupina podporuje a monitoruje průběh studia studenta. Počítá se s minimálně jednou schůzkou follow-up týmu ročně. Členové řídicího výboru doktorského programu institutu Biomeditech se mohou účastnit těchto schůzek. Během setkání skupina diskutuje a hodnotí progres práce doktoranda, poskytuje konstruktivní zpětnou vazbu. Zástupci institutu odpovědné za doktorské studium využívají zprávy z těchto schůzek ke sledování pokroku studentů, předvídání možných problémů ve výzkumném procesu a rozvoji programu. V případě potřeby řídicí výbor doktorského studijního programu může požádat členy follow-up týmu o další informace o průběhu studia.

V oblasti klinického inženýrství a lékařských přístrojů/systémů jsou v rámci doktorského programu v institutu Biomeditech nabízené předměty: Vývoj biomedicínských přístrojů (Product Development of Biomedical Devices); Normy, interoperabilita a předpisy ve zdravotnické informatice (Standards, Interoperability and Regulations in Health Informatics); Metody radioterapie (Methods of Radiotherapy); Výzkum a vývoj v oblasti zdravotnických technologií a biologie (Health Technology and Life Science R&D); Business v oblasti zdravotnických technologií a biologie (Health Technology and Life Science Business).



Výukové a výzkumné aktivity v oblasti Klinického inženýrství a lékařských přístrojů/systémů a závěry jednání s jednotlivými zástupci Biomeditech

V rámci úvodní návštěvy institutu Biomeditech zástupci FBMI se zúčastnili pravidelné porady vědeckého týmu „Micro and Nano systems“ pod vedením prof. Kallio. Porada se týkala přehledů dosavadních výsledků výzkumné činnosti jednotlivých vědeckých pracovníků a doktorandů této skupiny. Byly identifikovány problémy a komplikace v jednotlivých vědeckých směrech, doktorandi a mladí vědeckí pracovníci prodiskutovali s profesory a kolegy možné způsoby jejich řešení a další kroky (např. potřeba nového vybavení, zajištění kontaktu s externími odborníky, přístupy k publikaci výsledků experimentu apod.). Přístup k organizaci podobných porad malých vědeckých kolektivů připadá pozoruhodným v rámci modernizace doktorského programu na FBMI. Na této schůzce proběhlo také představení projektu a prezentace zaměření nového doktorského programu a změn oproti starému programu. Následně proběhla prohlídka laboratoří skupiny „Micro and Nano systems“ pod vedením prof. Kallio z institutu Biomeditech. Zástupci fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT se seznámili s přístrojovým vybavením výše uvedených laboratoří směrem k projektu „Modernizace laboratoří pro biomedicínské inženýrství“. Kromě specializovaných laboratoří pro doktorandy je také k dispozici konstrukční a mechanická realizační laboratoř/dílna a elektrotechnická laboratoř. Na úrovni celé univerzity funguje také celouniverzitní laboratorní komplex TUTLab. Jedná se o nové učební prostředí, kde studenti se mohou cílem naučit digitálním výrobním procesům a postupům prostřednictvím metody pokus-omyl. Komplex je vybaven novějším přístrojovým vybavením: 3D tiskárny, 3d skenery, laserové řezačky, CNC frézky, mechanická dílna a další přístroje. Všechna zařízení a software jsou k dispozici všem zaměstnancům a studentům univerzity pro vědeckovýzkumné účely a pro hobby.

Za účelem seznámení se současnými přístupy využívanými ve výuce a při výzkumu v oblasti lékařských přístrojů/systémů a modelování fyziologických procesů proběhla schůzka dr. Viikem, vedoucím vědeckého týmu „Physiological measurement systems and methods“ v institutu Biomeditech. V rámci diskuze byly řešeny vědecko-výzkumné aktivity v oblasti v oblasti modelování fyziologických procesů, vyhodnocení parametrů EKG signálů, přístupy k určení baseline a identifikace amplitud, časových parametrů a morfologie jednotlivých vln a kmitů. V minulosti byl dr. Viik také zapojen do několika projektu směrem k doktorskému vzdělání a proto byly s ním projednány chystané změny v doktorském programu FBMI. Dr. Viik zdůraznil potřebu vzdělání PhD studentů v oblasti klinických studií, legislativy a uvedení na trh zdravotnických prostředků, dle něj je to důležité pro budoucí uplatnění v praxi. V rámci diskuze a výměny názorů dr. Viik ocenil to, že již v rámci magisterského studia studenti FBMI získávají základní znalosti v těchto oblastech. Upozornil ale, že je nutné to brát v širším kontextu (ne jenom evropské prostředí – zahrnout i americké pravidla a postupy). Byla také projednána problematika komercializace výsledků biomedicínského výzkumu, dr. Viik zmínil existenci specializovaných finských fondů, ale podtrhl, že obecně se jedná o velice náročný proces, zejména, co se týče získání CE.

Za podpory prof. Kallio proběhla pracovní schůzka s děkankou institutu Bioemdittech prof. Kellomäki. Byl představen současný doktorský program na FBMI a zohledněny plánované změny. Proběhla diskuze na téma zkušeností ohledně zajištění doktorského studia ve Finsku a v ČR. Prof. Kellomäki popsala historii vzniku institutu Biomeditech a zdůraznila, že jedním z hlavních výhod institutu je permanentní spolupráce na výzkumných projektech s podniky. Tím se zajišťuje i jednodušší cesta ke komercializaci výsledků (lékařských přístrojů, výrobních postupů apod.). Spolupráce s podniky se obvykle netýká bakalářského studia, kde studenti obvykle zpracovávají bakalářskou práci jako literární rešerši. Jiná situace je u magisterského studia. Studenti tam často pracují na projektech navržených spolupracujícími biomedicínskými firmami anebo klinickými pracovišti, což mimo jiné studentům umožňuje jednodušší nástup do doktorského studia. Proběhla také výměna zkušeností s odbornými stážemi doktorandů. Institut Biomeditech neposkytuje speciální prostředky pro stáže studentů, v případě potřeby se to obvykle financuje z běžících projektů jednotlivých výzkumných skupin. Podobná situace je i v oblasti stipendií/mezd – doktorandi jsou obvykle „placeni“ z projektů konkrétní vědecké skupiny. Je také možnost získat financování od univerzity (ale pouze 4 místa ročně) anebo i ze specializovaných grantových agentur zaměřených na podporu výzkumu doktorandů.

V rámci setkání s prof. Eskolem, odpovědným pracovníkem za doktorské studium v technické univerzitě Tampere, byly představeny cíle projektu, zaměření nového doktorského programu a obsah změn oproti „starému“ doktorskému programu. Proběhla diskuze s prof. Eskolou ohledně jednotlivých plánovaných změn (zahraniční stáž, širší výběr předmětů, propojení s magisterským programem, zaměření na praxi apod.), výměna zkušeností s doktorským studijním programem. Prof. Eskola sdělil, že současný doktorský program v institutu Biomeditech nepočítá se zahraničními stážemi doktorandů. V rámci doktorských předmětů je doktorandům nabízen pouze jeden specializovaný doktorský předmět „Orientation to doctoral study“ zaměřený na teorii výzkumu, psaní vědeckých článků, vyhledávání článků a informačních zdrojů. Dle prof. Eskola během tohoto kurzu doktorandi musí připravit minimálně jednu publikaci. Doktorandi mohou vybrat další potřebné pro jejich výzkum předměty ze speciálního



seznamu magisterských předmětů, které svou odbornou úrovní dostatečně pro doktorské studium. Vzhledem ke kreditnímu systému doktorského studia doktorandi mohou získávat kredity i jinými způsoby: vystoupení na mezinárodních konferencích, zpracování recenze odborných knih /publikací apod. Dle prof. Eskola je ve Finsku velká konkurence mezi univerzitami a některé školy již začali vyžadovat i menší počty kreditů pro ukončení doktorského vzdělání. V doplnění k informacím o schůzkách follow-up týmu prof. Eskola oznámil, že jednou za rok se provádí celofakultní akce – BMT research day, kde se probírají jednotlivé vědecké projekty a doktorandi obvyklé připravují poster.

V rámci stáže proběhla i návštěva kampusu Biomeditech v budově univerzity Tampere, výzkumných laboratoří oddělení pro regenerativní medicínu vedené dr. Pekkanen-Mattilou. Jedná se o moderní komplex laboratoří zaměřený na modelování genetických srdečních onemocnění, vývoj nástrojů pro zvýšení diferenciace a zrání kardiomyocytů odvozených od iPS buněk, kombinace klinických data a in-vitro studií a další oblasti. Laboratoře jsou vybaveny mimo jiné vybavením pro diferenciace kardiomyocytů a hepatocytů, zařízení pro molekulární biologie (např. qPCR, miRNA qPCR), systémy pro Ca-imaging a elektrofyziologické vyšetření (patch clamp). Pro primárně doktorské, ale i v menší míře magisterské studenty poskytuje toto centrum realizaci jejich výzkumných projektů a možnost realizace animálních experimentů. Jedním z běžících projektů Horizon 2020 je zde také vývoj tzv. body on chip – technologii, která propojuje napěstované tkáně několika lidských orgánů a která bude použita pro testování nových léků. Zástupci FBMI byli seznámeni se strukturou komplexního centra, jeho vybavením, bezpečnostními prvky a dalšími důležitými parametry. Získání znalosti mohou být využity při návrhu laboratorních cvičení a vědecko-výzkumných aktivit budoucích studentů doktorského studia. Proběhla také výměna zkušeností a přístupu k zajištění spolupráce mezi biologií a inženýringem.

Během setkání s Mikko Peltokangasem proběhla výměna zkušeností se zapojením doktorandů do výzkumu a výuky, podmínky úspěšného ukončení studia, požadavky na disertační práce. Disertační práce se většinou připravuje ve formě několika článků, které jsou doplněny úvodem a přehledem literatury a soupisem výsledků. V institutu Biomeditech nejsou oficiálně stanoveny požadavky na publikace, ale standardně se vyžadují odborné články v časopisech s impakt faktorem větším než 1,0, přičemž je vyžadováno, aby student byl prvním autorem, případně druhým. Disertační práce se musí skládat minimálně ze třech článků (standardně se očekává minimálně 4). Požadovaný počet článků může záviset i na jejich kvalitě, je umožněno do disertační práce zahrnout i konferenční příspěvky (full-text), ale tyto publikace nemají takovou váhu. Disertační práce obvykle také obsahuje i vysvětlení role a podílů doktoranda v jednotlivých článcích. V institutu Biomeditech nejsou využívány statní doktorské zkoušky. Doktorské studium se ukončuje veřejnou obhajobou disertační práce. Předchází tomu tzv. před-examinace, kdy obvykle dva odborníci hodnotí návrh disertační práce a poskytují doporučení pro jejich případné dopracování. Na základě jejich reportu je dáno povolení pro oficiální výtisk disertace ve vydavatelství univerzity. Oficiálně vydanou disertační práci hodnotí pak dva oponenti. S Mikko Peltokangasem byly také projednány současné výzkumné projekty – analýza pulzní vlny a identifikace markerů kardiovaskulárních onemocnění (např. aneurysma abdominální aorty).

V rámci pracovní schůzky s dr. Nieminem proběhlo představení záměru projektu a výzkumných aktivit FBMI v oblasti klinického inženýringu a hodnocení zdravotnických technologií. Proběhla diskuze ohledně přístupů ke zpracování tzv. real-world data, systémů pro podporu rozhodování. Dr. Nieminen jako vedoucí výzkumné skupiny „Personal Health Informatics“ sdělil svůj přístup k zapojení studentů doktorského studia do spolupráce s podniky, zkušenosti se softwarem pro zpracování klinických dat a simulaci. Vědecká skupina dr. Nieminena se zabývá zpracováním fyziologických dat z nositelných zdravotnických přístrojů (wearables); obecnou analýzou a vizualizací klinických a epidemiologických dat; využitím systémů ICT ve zdravotnictví; a systémy pro podporu rozhodování. V rámci vědecké skupiny se také řeší problematika přesnosti a spolehlivosti přístrojů pro registraci srdečního rytmu. Mezi hlavní využívané programové produkty dr. Nieminen zmínil Matlab, R a Python. V rámci diskuze se dr. Nieminen zajímal o současné aktivity FBMI v oblasti klinického inženýringu: hodnocení zdravotnických technologií obecně a early stage HTA. Dle dr. Nieminena jsou tyto otázky důležité i pro Finsko, zejména v oblasti zdravotnických informačních systémů, kde není stanoven metodický postup hodnocení jejich efektivity a dopadů na zdravotní systém. Proběhla také diskuze o zdrojích dat pro podobné studie.

Během setkání s Dr. Vehkaoja vedoucím vědecké skupiny „Sensor Technology and Biomeasurements“ proběhla výměna názorů ohledně plánované struktury a obsahu programu „Biomedicínské inženýringu“. Dr. Vehkaoja seznámil zástupce FBMI s běžícími výzkumnými projekty a zaměřením této skupiny. Skupina se zaměřuje na výzkum a vývoj měřicích přístrojů pro fyziologické monitorování a související metody zpracování signálů a analýzu dat. V rámci svých projektů řeší i registraci ECG – studium výhod a nevýhod novějších technologií pro výrobu elektrod.