



Výroční zpráva o činnosti Centra AdMaS 2015

AdMaS

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE

Úvodní slovo děkana

Vážené kolegyně a vážení kolegové,

dostávají se Vám do rukou výsledky práce Centra AdMaS za rok 2015, tedy za první rok fungování v novém areálu. Byl ve znamení zabydlování, administrativního dokončování a hledání svého zapojení do každodenního života fakulty. V tomto roce jsme úspěšně zvládli dovybavit centrum některými přístroji, které se dříve nestihly vysoutěžit. Jedná se zejména o pecní zkušební soustavu, která byla původním nosným tématem centra. Rok první jsme zvládli úspěšně, a to jak na poli vědy, tak i po stránce administrace i smluvního výzkumu. Máme před sebou ještě čtyři roky udržitelnosti projektu. Výsledky prvního roku ukazují, že indikátory udržitelnosti budou bez problémů naplněny. Za to všechno bych chtěl všem zúčastněným poděkovat.

Ukazuje se, že některé předpoklady, na kterých byla postavena strategie centra v době tvorby projektu, se nenaplní. Naopak se pro nás otevírají jiné oblasti. Jedná se o přirozený jev, neboť od doby prvních projektových záměrů uplynulo více jak osm let a došlo k významným posunům na trhu. Vedení Centra AdMaS proto přišlo s aktualizací strategie fungování centra. Naše fakulta s moderním centrem získala jedno z nejlépe vybavených vědecko-technických zázemí v Evropě. Je na nás, jak nyní využijeme technologický náskok, který máme před ostatními fakultami.

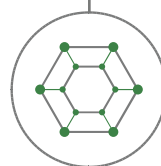
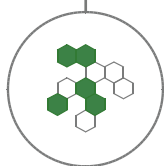
Ještě jednou děkuji za doposud vykonanou práci a věřím, že rok 2015 byl pouze začátkem dlouhodobě úspěšné cesty Centra AdMaS a jeho pracovníků.

Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA.
děkan Fakulty stavební VUT v Brně



Obsah

1.	Organizační struktura	4
2.	Aktivity v oblasti managementu a řízení centra	6
3.	Semináře a školení	8
4.	Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím	10
5.	Plnění milníků	12
6.	Výzkumné aktivity Centra	14
6.1.	Výzkumný program VP1	15
6.1.1.	Výzkumné aktivity programu VP1	15
6.1.2.	Využití přístrojového vybavení v programu VP1	16
6.1.3.	Smluvní výzkum v programu VP1	18
6.2.	Výzkumný program VP2	20
6.2.1.	Výzkumné aktivity VS Konstrukce a dopravní stavby	20
6.2.2.	Výzkumné aktivity VS EGAR	30
6.2.3.	Výzkumné aktivity VS Matematické modelování	34
7.	Závěr	40



1. Organizační struktura

Centrála

Ředitel centra
Vědecký ředitel centra
Zástupce ředitele, finanční manažer
Zástupce ředitele pro projekt AdMaS UP
Administrativní manažer
Právníčka
Facility manager
Koordinátorka mezinárodních projektů
Obchodní manažer
Sekretariát

Ing. JUDr. Zdeněk Dufek, Ph.D.
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.
Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.
doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D.
Ing. Jiří Zach, Ph.D.
JUDr. Sylva Pochopová
Ing. Michaela Ulbrychová
Mgr. Irena Šifaldová
Ing. Oliver Pospíšil
Zlataše Dokoupilová

Výzkumný program VP1 Vývoj pokročilých stavebních materiálů

Vedoucí programu

prof. Ing. Rostislav Drochytka CSc., MBA

Výzkumná skupina Technologie stavebních hmot

Vedoucí výzkumné skupiny

prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.

Výzkumná skupina Mikrostruktura stavebních hmot

Vedoucí výzkumné skupiny

doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

Výzkumný program VP2 Vývoj pokročilých konstrukcí a technologií

Vedoucí programu

prof. Ing. Jan Kudrna, CSc.

Výzkumná skupina Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí výzkumné skupiny

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Výzkumná skupina EGAR

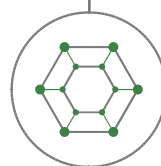
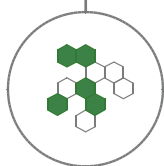
Vedoucí výzkumné skupiny

prof. Ing. Petr Hlavínek, CSc., MBA

Výzkumná skupina Matematické modelování

Vedoucí výzkumné skupiny

prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc.



2. Aktivity v oblasti managementu a řízení centra

Na konci února 2015 byla vypracována závěrečná monitorovací zpráva, která byla schválena ŘO v prosinci 2015. V první polovině roku 2015 probíhala mezinárodní evaluace Centra AdMaS, přičemž bezprostředně po ukončení evaluace začalo centrum implementovat doporučení evaluátorů (například organizace zavedla tzv. horizontální integraci – společná setkání VaV pracovníků napříč výzkumnými skupinami a pracovním/vědeckým zařízením, dále pak zapojení centra do propagačních akcí např. Noc vědců, Majáles apod.). V Centru AdMaS započala (jako jedna z reakcí mezinárodní evaluace) v roce 2015 tvorba nové strategie centra, která se věnuje klíčovým oblastem činnosti centra, rozvoje a podpora HR politiky v centru a klíčovým oblastem z pohledu dlouhodobého růstu a udržitelnosti centra.

Dále proběhly dvě společenské akce pro zaměstnance centra a jejich výzkumné příslušníky spojené s prohlídkou areálu Centra AdMaS.

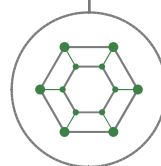
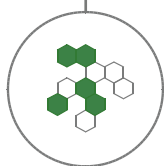
V souladu s TA projektu management centra aktivně uplatňoval vytyčené principy politiky lidských zdrojů. Jednalo se především o pravidelné hodnocení VaV pracovníků, osobní a motivační pohovory se zaměstnanci centra, podporu nových projektů a mobilit ze strany managementu centra (pro tyto aktivity byl nově vyčleněn zaměstnanec centra – Mgr. Šifaldová, a dále probíhala aktivně spolupráce s kanceláří JMK v Bruselu s cílem zapojení centra do zahraničních VaV projektů v rámci H2020). Dále byly pořádány pravidelné měsíční porady vedení centra (včetně zástupců jednotlivých VP a VS).

Z pohledu mobilit probíhaly mobility zaměstnanců vůči zahraničí (ve všech VaV kategoriích), dále stáže zahraničních pracovníků v Centru AdMaS, a také semináře a školení pro pracovníky aplikační sféry.

Probíhala také aktivní spolupráce s aplikační sférou, jak v oblasti smluvního výzkumu (objem smluvního výzkumu za rok 2015 /viz. MI 111200/ činil 39 708 tis. Kč), tak i v oblasti aplikovaných VaV projektů (objem finančních prostředků v rámci VaV projektů centra (mimo institucionální podporu a projekt udržitelnosti centra AdMaS UP) činil /viz. MI 0603/ 56 113 tis. Kč).

V roce 2015 byl také pravidelně publikován zpravodaj centra, který mapuje aktuality napříč Centrem AdMaS a slouží jako aktivní nástroj pro zvýšení vzájemné informovanosti zaměstnanců centra. V době od 1. 6. 2015 do 31. 12. 2015 probíhala realizace projektu „AdMaS - posílení výzkumných kapacit“. V rámci tohoto projektu administroval management centra celkem 8 VZ.

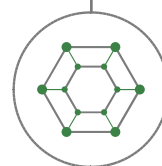
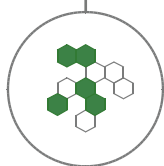
V roce 2015 proběhla prezentace Centra AdMaS na 3. ročníku Čínského mezinárodního veletrhu technologií v Šanghaji, zúčastnil se ředitel centra JUDr. Ing. Zdeněk Dufek, Ph.D. Následně pak probíhala komunikace s potenciálními čínskými partnery v oblasti VaV s cílem zapojení centra do společných VaV projektů.



3. Semináře a školení

Semináře jsou zároveň uvedeny v přehledu akcí centra v rámci MZ18 – části Publicita, protože se vždy společně s odbornými tématy prezentovaly možnosti Centra AdMaS.

- 29.1.2015 Prezentace Centra AdMaS pracovníkům Národního památkového ústavu, pracoviště Brno, a expertům památkové ochrany v Metodickém centru moderní architektury NPÚ Brno, vila Stiassni, podpis memoranda o spolupráci mezi Centrem AdMaS a NPÚ. Seminář byl zaměřen na stavebně technické průzkumy historických objektů, sanaci historických omítek, statické zajištění staveb a pasportizaci členitých interiérů pomocí 3D skenování.
- 21. 4. 2015 Prezentační setkání s vedoucími pracovníky TZÚS v Centru AdMaS. Seminář byl zaměřen na nové diagnostické metody a speciální přístrojové vybavení centra.
- 14. 5. 2015 Workshop Infrastruktura kolejové dopravy ve městech pro pracovníky Dopravního podniku města Brna. Program byl zaměřen na ČSN 28 0318 Průjezdné průřezy tramvajových tratí a obrysy pro vozidla provozovaná na tramvajových dráhách, problematiku bezстыkové koleje v konstrukci tramvajových tratí, interakci kolo kolejnice na tramvajových tratích a konstrukci tramvajového svršku a krytu tramvajové trati s ohledem na snižování hluku a vibrací.
- 15. 5. 2015 Prezentační setkání s pracovníky SÚS JmK v Centru AdMaS. Seminář byl zaměřen na nové diagnostické metody v silničním stavitelství a identifikaci potřeb krajské silniční správy.
- 27. 5. 2015 Výjezdní zasedání Investiční komise Rady JmK v Centru AdMaS. Ústředním tématem byla problematika vyhodnocování nabídek veřejných obchodních soutěží, využití parametru nákladů životního cyklu stavby v soutěžních podmínkách.
- 28. 5. 2015 Prezentační setkání s pracovníky technického managementu společnosti SKANSKA, a.s. Seminář byl zaměřen na využití jednoduchých diagnostických metod využitelných stavbyvedoucími na stavbách, aplikace výzkumu centra při stavební výrobě.
- 11. 6. 2015 Prezentační setkání v Centru AdMaS se zástupci Národního stavebního centra. Seminář byl zaměřen na kvalitu poradenské služby a energetický management budov.
- 18. 6. 2015 Výjezdní zasedání Komise SMART City Rady města Brna v Centru AdMaS. Seminář byl zaměřen především na oblast energetických úspor u veřejných budov, využití nespalitelných zbytků komunálního odpadu, pokroková řešení parkování nebo třeba nabídky alternativní dopravy s využitím služby Bike Sharing.



4. Mobility výzkumných pracovníků a spolupráce se zahraničím

V roce 2015 probíhaly mobility a výměny zaměstnanců mezi Centrem AdMaS a zahraničními vědeckými pracovišti.

Proběhlo celkem 9 stáží pracovníků Ph.D. do zahraničí, jednalo se o krátkodobé stáže

pracovníků (Bílek, Jedličková, Slowik, Rypl, Sobek, Novák, Larišová, Němcová a Velehrach) na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích (Hochschule für Life Sciences FHNW, Switzerland, BOKU Wien, Rakousko, University of Oviedo, Gijon, Španělsko, Shanghai Research Institute of Building Sciences, Shanghai, Bělehradská universita – Lesnická fakulta, Bělehrad, Technische Universität Dresden, Newcastle University). Záměrem zahraničních stáží na univerzitách Universität Dresden a Newcastle University bylo studium a rozšíření znalostí z oblasti vzniku, rozvoje a mechaniky skluzových vln v obloucích malých poloměrů. Během pobytu byla problematika řešena u tramvajových a především u železničních tratí (vliv vozidel z různých států Evropy).

Součástí stáže byly prohlídky vybraných úseků tramvajových tratí v síti Drážďanského dopravního podniku s projevy vlnovitých deformací. Součástí pobytu byla exkurze na Göltzschtalbrücke a Elstertalbrücke.

Dále se Ing. Tomáš Koudelka zúčastnil zahraniční odborné stáže u firmy MATtest Ltd. ve Velké Británii. Náplň práce spočívala především v provádění zkoušek v silniční laboratoři firmy ve městě Maidstone a pomoci při řízení pobočky této laboratoře. Během stáže se student rovněž podílel na výzkumném projektu zaměřeném na asfaltové směsi s vysokým obsahem R-materiálu, který je řešen taktéž v projektu CESTI vloženém do výzkumného centra AdMaS. Tento projekt probíhal ve spolupráci s belgickou pobočkou firmy Honeywell.

Dále v rámci dlouhodobých stáží studentka doktorského studijního programu absolvovala v rámci programu Freemovers pobyt na University of Edinburgh, institut Požární ochrana budov. V rámci tohoto pobytu se podílela na testování různých materiálů. Hlavní náplní pobytu byla spolupráce s tamními studenty doktorského studia, testování požární odolnosti různých materiálů, odborné debaty na téma požární odolnost betonu vystaveného působení vysokým teplotám.

Dále proběhlo celkem 9 krátkodobých stáží na pozici Junior Researcher (pracovníci: Šimonová, Podroužek, Veselý, Dvořák, Vajkay, Krmíček, Sobotková, Bečkovský a Vajkay) na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích (Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam Universität Potsdam / byl zaměřen jak na laboratorní studium geomateriálů, tak na rozvíjení užší spolupráce mezi Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam, Universität Potsdam a Centrem AdMaS FAST VUT v Brně/, TU Wien, University of Split, University of Oviedo, CIITEC IPN Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Mexico / Náplní byl experiment v oblasti vysokorychlostního mletí na Atriktorovém mlýně typu ZOZ/, Oulu University of Applied Sciences, Bělehradská universita).

A proběhlo celkem 12 krátkodobých mobilit na úrovni Senior researcher (pracovníci: Hroudová, Novák, Vořechovský, Mohelníková, Bečkovský, Zach a Dumbrovský) na zahraničních univerzitách a výzkumných pracovištích (TU Wien, Shanghai Research Institute of Building Sciences, University of Catalunya, Universidad de Oviedo, The University of Bath, Oulu University of Applied Sciences, BIOFORSK Norsko, Bělehradská universita).

V roce 2015 probíhaly také stáže odborných a vědeckých pracovníků ze zahraničních univerzit do Centra AdMaS, celkem proběhlo 11 krátkodobých stáží pracovníků do Centra AdMaS (pracoviště: TU Wien a Technical University of Catalonia).

Posluchač doktorského studijního programu, jež byl zapojen do projektu AdMaS-UP, absolvoval týdenní stáž na univerzitě v Lublani (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Chair of Metal Structures, Slovenia), kde byly diskutovány vybrané odborné otázky a konzultovány možnosti spolupráce v rámci aktuálně řešených výzkumných projektů, zejména v oblasti zatěžovacích zkoušek.

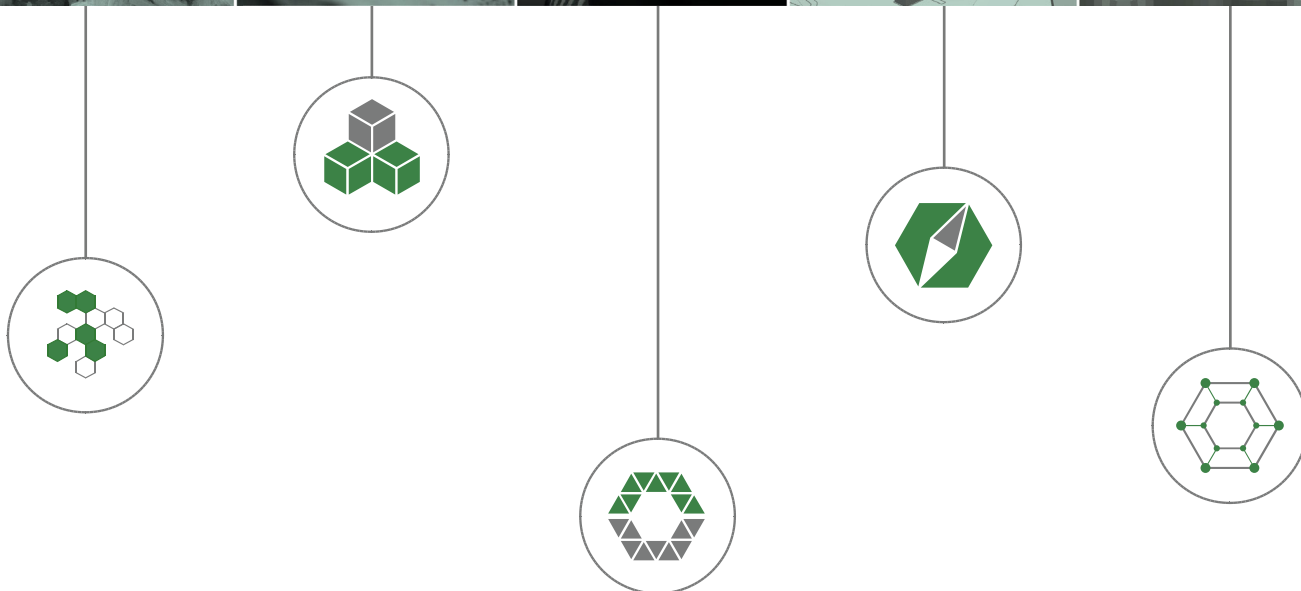
Jako konkrétní případ lze například jmenovat pobyt Dr. Johannese Kimbauera v Centru AdMaS, který se ve spolupráci s pracovníky VP1 zabýval vývojem silikátových kompozitů na bázi cementu. Konkrétně pak měřením velikosti částic na přístroji Mastersizer 2000.

Dále se jednalo o mobilitu v rámci VS MM Stipendista – Dipl.-Ing. Andreas Schneemayer (délka pobytu 3 měsíce). Garantem zodpovědný za plnění výzkumného záměru stipendisty byl prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc. Předmětem stáže z odborného hlediska bylo vyhodnocení lomových testů z rozsáhlé experimentální kampaně klínového štípání (Wedge Splitting Test) a konzultace řešené problematiky. Speciální pozornost byla věnována analýze výstupů akustické emise (AE), která se používá pro stanovení lomové procesní zóny během testu klínového štípání nebo testy tříbodově ohýbaných těles s koncentrátorem napětí.

V případě stáží externích pracovníků z aplikační sféry se jednalo o krátkodobé pobyty v rámci společných projektů spolupráce VaV viz. MI 0603 a dále o školení a semináře, které proběhly v Centru AdMaS.

V roce 2015 bylo uzavřeno Memorandum o vzájemné spolupráci s Buch International University of Sarajevo a byl vytvořen společný projekt ERASMUS+ KA01, který byl vybrán k podpoře a předpokládají se v roce 2016 první vzájemné mobility, včetně dlouhodobých stáží pracovníků z Buch International University v Centru AdMaS.

Byly také podány výzkumné projekty H2020, v jakých se Centrum AdMaS zapojovalo na pozici koordinátora i partnera. Prozatím žádný z podaných projektů nebyl vybrán k podpoře.



5. Plnění milníků

V roce 2015 byly splněny všechny závazné milníky projektu.

Milníky související s řešením projektu a provozem Centra:

- zahájení plného provozu 1Q/2015

Milník byl naplněn zahájením ostrého provozu v areálu Centra od 1. 1. 2015, kdy začalo fungovat centrum s plným počtem pořizovaného přístrojového vybavení (dodávka posledního přístroje proběhla 31. 12. 2014).

Výzkumné výstupy projektu:

- publikování ve významných světových i domácích periodikách alespoň 10x do 4Q/2015,
- publikování na významných světových i domácích konferencích alespoň 15x do 4Q/2015,
- certifikované metodiky: minimálně 4x do 4Q/2015,
- podání alespoň jedné přihlášky užitého vzoru do 4Q/2015.

Do roku 2015 bylo publikováno celkem 327 publikací jednak v časopisech, a dále také příspěvků prezentovaných na domácích a zahraničních konferencích. Z toho bylo celkem 69 impaktovaných publikací. Z hlediska publikací na konferencích bylo jen v roce 2015 publikováno více než 70 publikací (viz. MI 110 502 – Ostatní publikace, a dále byla publikována řada příspěvků na konferencích, které nejsou vykazovány v RIV).

V případě certifikované metodiky byly do roku 2015 certifikovány následující metodiky:

- DAŠEK, O.; HÝZL, P.; COUFALÍK, P.; VARAUS, M.; STEHLÍK, D.; ŠPAČEK, P.; HEGR, Z.; STOKLÁSEK, S.; MATOUŠEK, D.; SVOBODA, P.: 3xRTFOT; Metodika pro hodnocení silničních asfaltů z hlediska náchylnosti k termooxidačnímu stárnutí. (certifikovaná metodika), 2015
- DAŠEK, O.; HÝZL, P.; COUFALÍK, P.; VARAUS, M.; STEHLÍK, D.; ŠPAČEK, P.; HEGR, Z.; STOKLÁSEK, S.; MATOUŠEK, D.; SVOBODA, P.: BSA; Metodika popisující laboratorní stárnutí asfaltových směsí. (certifikovaná metodika), 2015
- ZDRAŽIL, K.; KOTAČKOVÁ, A.; FIALA, R.; BOŠTÍK, Metodika zkoušení kvality a míry zlepšení základové půdy šterkovými pilíři". (certifikovaná metodika), 2015

Byly vytvořeny další výstupy nad rámec plánu stejné/ekvivalentní výzkumné hodnoty dle metodiky vlády RVVI viz MI 110504, kdy součtová hodnota tohoto MI k 31.12.2015 byla 76 (závazná požadovaná hodnota tohoto MI je 55).

V případě užitných vzorů byly jen za poslední rok 2015 vykázány v MI 110504 celkem 4 užité vzory. Milník byl tedy také splněn.

V případě jednotlivých VP byly, mimo výše uvedené milníky, relevantní pro dané období milníky:

- 1Q/2015 – Dosažení plného stavu vědeckých pracovníků programu Vývoj pokročilých stavebních materiálů (headcount)

Tento milník byl také ve všech případech splněn a přeplněn. U obou VP došlo v roce 2015 ke zvýšení počtu pracovníků nad původně plánovaný stav dle TA v době vydání Rozhodnutí.

- Pořádání alespoň jednoho workshopu zaměřeného na nové poznatky z chování konstrukcí/staveb, technologií a materiálů v posledním roce řešení projektu a každý rok v době udržitelnosti,
- Pořádání alespoň jednoho workshopu zaměřeného na nové postupy v navrhování a ověřování konstrukcí/staveb nebo technologií v posledním roce řešení projektu a každý rok v době udržitelnosti.

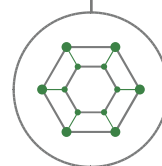
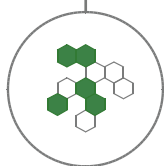
V roce 2015 bylo pořádáno celkem 8 workshopů a seminářů zaměřených na poznatky z chování konstrukcí/staveb, technologií a materiálů i na oblast nových postupů v navrhování a ověřování konstrukcí/staveb nebo technologií – viz. část 2 tohoto dokumentu výše.

V oblasti milníků spojených s politikou lidských zdrojů byly pro rok 2015 relevantní následující milníky:

- Stáže externích pracovníků v Centru: V délce trvání 1-2 týdny, a počtu mobilit pracovníků minimálně 4 ročně, od roku 3Q/2014

Stáže externích pracovníků probíhaly v rámci projektů aplikovaného výzkumu (projekty MPO a TAČR), kdy se pracovníci aplikačních firem účastnili výzkumné činnosti v areálu Centra AdMaS. Dlouhodobější stáže externích v centru jsou předpokládány až v roce 2016.

- Mobility pracovníků Centra ve firmách aplikační sféry: V délce trvání 1-4 týdny, minimálně pro 50% zaměstnaných pracovníků na pozici Ph.D. student, v době jejich studia



6. Výzkumné aktivity centra

6.1. Výzkumný program VP1

Plnění cílů výzkumného programu VP1: Vývoj pokročilých stavebních materiálů se v období roku 2015 ubíralo plně v souladu s odborným zaměřením a předpokládanými cíli popsány v TA.

6.1.1. Výzkumné aktivity programu VP1

Výzkumní pracovníci se věnovali analýzám vnitřní struktury betonů vystavených působení vysokých teplot s využitím RTG tomografie, mikrostruktury lehkých a dekorativních omítek se změněným složením, výzkumu tvorby minerálu tobermoritu při různém složení pórobetonové směsi, včetně vlivu autoklávovacího režimu, vývoji mikrostruktury popílků v čase se zohledněním různých typů popílků.

V rámci výzkumu mikrostruktury stavebních hmot byla řešena také otázka vlivu mlecích režimů na strukturu sádry, nebo například vývoji struktury umělého kameniva z různých typů popílků. Oblast keramiky a zděicích prvků se věnovala vývoji prvků pro zdivo s vysokou odolností proti vlhkosti, například také hydrofobizací zdíva, dále pak zvýšení mrazuvzdornosti keramických prvků hodnocených dle distribuce pórů včetně nalezení vhodných surovin pro jeho výrobu.

Dlouhodobě významnou oblastí výzkumných aktivit programu VP1 je technologie betonu. V této části byla pozornost zaměřena zejména na činnosti, jako jsou regulace teploty ve vysokopevnostních betonech, studium chování betonu a cementových kompozitů vystavených vysokým teplotám, speciálně pak stříkaným betonům pro extrémní teploty, a v neposlední řadě lehkým betonům a prvkům jako jsou prefabrikované stropní i stěnové desky. Pro zvýšení užitečných vlastností a snížení nákladů byla řešena např. i otázka částečné náhrady cementu zeolitem v provzdušněných betonech. Velká pozornost byla věnována také fluidním (FBC) a vysokoteplotním popílkům, kdy byla řešena otázka nového hydraulického pojiva na bázi FBC, FBC jako příměs do portlandského cementu, či maximální náhrada cementu pro vysokopevnostní podlahové potěry (viz. obr. 1).

Pracovníci fyzikální číste programu se zaměřili na studium korelace mezi parametry akustické emise a lomové charakteristiky získané z tříbodového ohybu, hodnocení statického modulu pružnosti v závislosti na pevnosti betonu v tlaku, nebo porovnání dynamického youngova modulu pružnosti naměřeného ultrazvukovým impulsem a rezonančními metodami.

V oblasti izolačních materiálů se výzkumní pracovníci věnovali možnostem využití přírodního nebo i textilního vlákna pro izolační materiály a jejich chování při různém tepelně vlhkostním namáhání. Za zmínku stojí i vývoj zděných bloků s tepelnou izolací nebo tepelně izolační omítky s přírodními vlákny. Důležitou oblastí výzkumu jsou také správkové hmoty, u kterých byla řešena otázka náhrady silikátového pojiva speciálně pro hmoty do extrémních teplotních podmínek, problematika vlivu vysokých teplot nebo agresivních prostředí na vlastnosti a mikrostrukturu těchto hmot. Zvláštní oblastí pak byly hmoty a technologie, zaměřené na sanaci sypaných hrází, kdy byly ve spolupráci s aplikátorem ověřeny vhodné receptury a celá technologie při vzorových sanačních pracích (viz. obr. 2).

Činnosti jednotlivých pracovníků VP1 jsou průběžně publikovány ve významných světových periodikách, na konferencích a workshopech, na kterých jsou prezentovány nejen nejnovější poznatky ve VaV, ale také centrum jako celek. Jsou navazovány nové kontakty pro budoucí spolupráci v oblasti VaV i dílčích zakázkách. Dosažené výsledky jsou také registrovány formou funkčních vzorků, ověřených technologií apod. Na činnosti výzkumných skupin se významnou měrou podílejí nejen významní pracovníci na pozicích senior researcher, ale především mladí výzkumníci na pozicích junior researcher, kteří dále úzce spolupracují se studenty bakalářského, magisterského a doktorského studijního programu a předávají jim dále své zkušenosti.

Z hlediska plnění cílů dle TA lze uvést dále následující příklady:

- V oblasti „Navržení efektivního využití hmot a materiálů ve stavebních konstrukcích s přihlédnutím k jejich životnosti a ekonomickému uplatnění.“ Byla v roce 2015 podána přihláška užitečného vzorku s názvem Povrchové vrstvy cihlových budov s využitím cihelného obrusu (16. 2. 2016 – zapsán do rejstříku užitečných vzorů ČR pod číslem 29162). V roce 2015 bylo registrováno více jak 10 funkčních vzorků nových progresivních materiálů např. ochranných nátěrů, adhezních můstků, podlahových potěrů, sanačních hmot pro vysoké tepoty nebo např. injektážních hmot. Při vývoji nových hmot byl důraz kladen především na zvýšení životnosti stavebních hmot a konstrukcí s tím, že musí být zaručena konkurenceschopnost nových materiálů. Odolnost a vysoká životnost nových materiálů byla testována jak při vysokých teplotách, tak v různých

typech agresivních prostředí. Konkurenceschopnost zaručuje efektivní využití surovin vč. druhotných.

- V oblasti „Vyvinutí nových nedestruktivních metod využitelných pro provádění výstupní kontroly materiálů u jejich producentů, resp. po jejich zabudování do konstrukce“ byly ověřovány zejména optimalizované metody RTG tomografie, georadar nebo akustická emise. V případě RTG tomografie je výhodně využito možnosti nedestruktivně analyzovat strukturu výrobku nebo části konstrukce a nalezení často slabých míst, které bývají zdrojem defektu. Georadar se osvědčil zejména při ověřování účinnosti sanace sypané hráze nebo stavu betonových konstrukcí. Metoda akustické emise dokáže účinně monitorovat stav nově zabudované konstrukce a včas identifikovat místo vzniku případných defektů.
- V oblasti „Vytvoření legislativních dokumentů (metodik, technických norem) pro výrobu a zkoušení stavebních materiálů“ byla v roce 2015 vytvořena Česká technická norma ČSN třídy 73 s názvem Prohlídky stavebních konstrukcí železobetonových chladících věž v průmyslových zařízeních. Dále bylo navrženo několik ověřených technologií a zavedeny metodiky postupu experimentální práce a ověřování kvality produkovaných výrobků nejen v laboratorním prostředí, ale také v provozních podmínkách výrobního závodu.
- V rámci základního výzkumu byly řešeny především projekty Grantové agentury České republiky, jako jsou např.:
 - 15-07657S Studium kinetiky dějů probíhajících v kompazitním systému při extrémních teplotách a vystavených agresivnímu prostředí
 - 15-08755S Sledování vlivu technologie výpalu na vlastnosti vápna
 - 15-23219S Studium metod dispergace nanočástic, stanovení podmínek zamezení jejich opětovného shlukování pro aplikaci v cementových kompozitech
 - 14-31248P Studium vlivu zabudovaného nebezpečného odpadu na vlastnosti cementové matrice
 - 14-25504S Výzkum chování kompozitů na bázi anorganických matic v extrémních podmínkách
 - 14-31282P Teoretická a experimentální analýza vlivu vlhkostní zátížení na chování tepelně izolačních a sanačních materiálů
 - 14-32942S Vliv fluidního popílku na termodynamickou stabilitu hydraulických pojiv
 - 13-21791S Studium transportu tepla a vlhkosti ve struktuře izolačních materiálů na bázi přírodních vláken
 - 13-23051S Anortitický porcelánový střep na bázi hlinitanového cementu

6.1.2. Využití přístrojového vybavení v programu VP1

V rámci projektů bylo efektivně využito nového přístrojového vybavení, jako jsou XRD včetně Rietveldovského rozhraní, vysokoteplotní komůrky a SAXS, REM se sondou v environmentální podobě a 3D zobrazení nebo XRF fluorescenční spektrometr.

- REM byl využíván:
 - k identifikaci fází, vznikajících při hydrataci cementu v přítomnosti amorfních forem oxidu křemičitého (GA 14-04522S),
 - k rozborům struktury vyrobených popílkových střepů se zaměřením na vývoj taveniny a prvkové složení vzniklých produktů (GA 13-30753P),
 - sledována byla mikrostruktura a fázové složení produktů reakce cihelného obrusu s vápenných a cementovým pojivem (MPO FR-TI4/014),
 - sledovány změny mikrostruktury vzorků jemnozrnných betonů vystavených kyselině sírové (GA 13-22899P).
- XRD byl využíván nejen pro výše uvedené projekty GAČR, ale také např. pro výzkum v oblastech:
 - termodynamické stability AFT fází na bázi ettringitu (diplomová práce Bc. Jana Mokrá),
 - termodynamické stability AFT fází na bázi thaumasitu (diplomová práce Bc. Miroslav Skřeček),
 - amortizace materiálů upravených mletím (diplomová práce Bc. Jakub Dočkal),
 - vlivu suroviny a technologie výpalu vápenců na vlastnosti vápna (diplomová práce Bc. Karel Urban),
 - k charakterizaci a porovnání mikrostruktury vypálených slínek s obsahem těžkých kovů a cementových past s fixovanými těžkými kovy. Pomocí EDX sondy bylo stanoveno složení

- jednotlivých morfologicky odlišných složek ve zkoumaných vzorcích (diplomová práce Bc. Kateřina Kašpárková),
- analýza míry krystalizace přidávané krystalizační příměsi do betonu pomocí REM a EDX sondy,
 - analýza mikrostruktury betonu s přídavkem křemeliny studováno pomocí REM a EDX sondy,
 - k posouzení struktury autoklávovaného pórobetonu z pohledu kvality a míry vývoje tobermoritických fází při rozdílných poměrech $\text{SiO}_2:\text{CaO}$, délkách autoklávování, podílu hliníku, síranů apod. (diplomová práce Bc. Ján Fleischhacker),
 - vývoje struktury škvárových stabilizátů (smluvní výzkum pro SAKO Brno, a.s.).
- XRF - v roce 2015 byl stanovován především obsah síranů ve vzorcích vystavených síranové korozi při řešení projektu GAČR 13-22899P Studium a modelování síranové koroze betonu. Spektrometr byl využit též ke stanovení složení vstupních surovin použitých při řešení bakalářských, diplomových a dizertačních prací (cementy, vápenec, cihelný prach).
 - Zařízení pro stanovení degradace vlivem umělého slunečního záření, - Přístroje QUV a Q-SUN byly mimo jiné využity pro testování odolnosti nově vyvíjených povrchových úprav cementotřískových desek, což je řešeno v rámci projektu TH01020282. Tento projekt se zabývá strukturovanými povrchovými úpravami pro cementotřískové desky s extrémní odolností a vysokou životností. Pomocí zmíněných přístrojů bylo možné sledovat vliv kombinace zvýšených teplot, UV záření a zkondenzované vlhkosti na změny vlastností povrchových úprav aplikovaných přímo na cementotřískových deskách. Jednalo se o cyklické střídání uvedených podmínek. Pomocí QUV byl namáhán lícový povrch v Q-SUN probíhala expozice na všech površích se zaměřením na hrany, které představují více problematickou partii. V průběhu expozice byly pomocí spektrofotometru CMD-600D sledovány změny barevných parametrů.
 - Zkušební komory a zařízení – v rámci zakázky HS 125N1035/12514/15 byla použita korozní skříň Köhler Automobiltechnik GmbH (Lippstadt, Germany) pro hodnocení trvanlivosti ocelí, využívaných jako materiál pro nosné konstrukce distribučních soustav VVN. Konkrétně byly zkoušeny oceli s povrchovou úpravou FeZn a nízkolegované oceli s vyšší odolností proti atmosférickým vlivům (Atmofix, Corten). Za směrodatnou zkoušku byla v komoře s řízenou atmosférou použita zkouška NSS (zkouška neutrální solnou mlhou) dle ČSN EN ISO 9227, rovněž byla aplikována zkouška kombinací roztoku solí kyseliny chlorovodíkové a sírové v koncentracích 0,5% NaCl a 0,35% $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$. Po ukončení těchto zkoušek byly provedeny vizuální a mikroskopické analýzy povrchů zkoušených materiálů. Pro tyto účely byl využit elektronový mikroskop TESCAN. Povrch vzorku byl hodnocen i metalograficky, byl proveden výbrus ocelových vzorků po ukončení expozice, které byly poté v zorném poli sledovány a digitálně zaznamenávány na světelném mikroskopu LEICA DM4000+kamera LEICA.
 - Mobilní laboratoř VP1. V roce 2015 byla mobilní laboratoř využita celkem k 95 cestám za účelem měření a odběru vzorků, což je přibližně 38 % všech pracovních dnů roku. Jednalo se především o cesty do výrobních závodů a na konkrétní realizace. Konkrétně se jednalo o práce typu:
 - provádění vývrtů výrobků pro uliční vpusti, jímky, vodovodní šachty, šachtová dna apod. Na výrobcích byly následně prováděny dílčí zkoušky, jako jsou pevnosti v tlaku, odolnost proti CHRL apod., které následně vedly k optimalizaci receptur,
 - základní analýzy vysokoteplotního popílku a škváry jako je síťový rozbor, pH výluhu, sypaná hmotnost, objemová hmotnost apod., současně byly odebrány vzorky pro další laboratorní činnost,
 - zkoušky čerstvého betonu – sednutí kužele, obsah vzduchu a výroba zkušebních těles pro laboratorní zkoušky,
 - síťový rozbor kameniva, stanovení tvarového indexu, stanovení ekvivalentu písku apod.,
 - zkoušky čerstvého podlahového potěru, odtrhové zkoušky pro stanovení soudržnosti vyzrálých vzorků potěru a souvrství adhezní můstek-potěr a výroba zkušebních těles pro laboratorní zkoušky a analýzy,
 - testování parametrů povrchových úprav cementotřískových desek. Jednalo se o studium vlastností povrchové úpravy exponované v reálných nepříznivých podmínkách přímo v areálu výrobce. Konkrétně byla testována přídržnost povrchové úpravy k podkladu odtrhoměrem, změna barevného odstínu pomocí spektrofotometru a soudržnosti mřížkovou metodou,
 - převážná část prací byla prováděna v rámci smluvního výzkumu a naplňující tedy především MI č. 111200 (Objem smluvního výzkumu), část prací byla zaměřena na aplikovaný výzkum v rámci projektů TAČR a MPO a naplňující především indikátory č. 110502 (Publikace) a č. 110504 (Aplikované výsledky výzkumu).

6.1.3. Smluvní výzkum v programu VP1

Spolupráce s partnery projektů MPO, TAČR, GAČR i partnery při řešení smluvního výzkumu probíhala na výborné úrovni a činnosti jednotlivých kooperujících organizací se účinně doplňovaly. Jednalo se jak o spolupráci s producenty surovin, výrobci hmot a dílců, budoucími aplikanty nebo dalšími výzkumnými organizacemi.

Konkrétně lze jmenovat např.:

- spolupráci se společností CIDEM Hranice, divize Cetris při řešení projektu TAČR TH01020282 - Nové strukturované povrchové úpravy pro cementotřískové desky s extrémní odolností a vysokou životností. Výrobce nových povrchových úprav plně spolupracuje na jejich vývoji a testování v provozních podmínkách.
- spolupráci se společnostmi BETOSAN s.r.o. a KOMFORT, a.s. při řešení projektu TAČR TA04010143 - Výzkum a vývoj nového systému podlah na silikátové bázi pro extrémní mechanické a chemické zatížení. V rámci spolupráce jsou synergicky propojeny vývojové činnosti společnosti BETOSAN a VUT s aplikační sférou, která je zastoupena společností KOMFORT.
- spolupráce se společností Hradecký Písek a.s. při řešení projektu MPO FR-TI4/335 - Nové progresivní technologie sanace sypaných hrází. Výzkumně-vývojové činnosti VUT v Brně byly výhodně doplňovány praktickým testováním budoucího aplikanta.
- spolupráci se společností Lime Busines Consulting s.r.o. na řešení grantového projektu GAČR 15-08755S - Studie vlivu přípravy vzorků na výsledné vlastnosti anorganických pojiv, kdy je výhodně kombinováno know-how a dlouholeté zkušenosti spoluřešitele s nejnovějšími poznatky z oboru řešitele za VUT v Brně.
- spolupráci se společností Redrock Construction s.r.o. při řešení smluvního výzkumu za účelem vývoje speciálních lepidel pro lepení čedičových obkladových prvků.

Obdobným způsobem je možné jmenovat i další spolupráce při řešení projektů základního, aplikovaného i smluvního výzkumu např. se společnostmi Dosting, s.r.o., SAKO Brno a.s., Pískovna Černovice, spol. s r.o., FATRA, a.s., INFRAM CZ, a.s., Pokorný, spol. s r.o., PREFA KOMPOZITY, a.s., Lias Vintířov, lehký stavební materiál k.s., CEMEX Czech Republic, s.r.o., ČEZ Energetické produkty, s.r.o., vysokými školami jako ČVUT, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Ústavem geoniky AV ČR, v. v. i. atp.

V roce 2015 započala nová spolupráce nejen při řešení projektů základního a aplikovaného, ale také v rámci smluvního výzkumu. Nově započatými projekty byly např.:

- TAČR TH01020282 se společností CIDEM Hranice, a. s.
- TAČR TH01030054 se společností Fatra, a. s. a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně
- GAČR 15-08755S se společností Lime Business Consulting s. r. o.
- GAČR GA15-23219S s Ústavem geoniky AV ČR, v. v. i.
- Inovační voucher Karlovarského kraje se společností Sedlecký kaolín, a. s. Božičany
- Inovační voucher Jihomoravského kraje se společností INFRAM a. s.

V rámci spolupráce s NPÚ byl podán (a v roce 2016 udělen) společný projekt NAKI II s názvem Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR. Doba řešení 1. 3. 2016 až 31. 12. 2020.

V rámci smluvního výzkumu byla navázána spolupráce např. se společností SAKO Brno a.s. na výzkumu využitelnosti škváry ve stavebních materiálech. Dále byla započata spolupráce s Pískovnou Černovice, spol. s r.o. na výzkumu využitelnosti kopaného písku. Byly uzavřeny 2 zakázky smluvního výzkumu s ČVUT, kde bylo Centrum AdMaS subdodavatelem při řešení projektu, zaměřeného na speciální rychletuhnoucí cementové kompozity. V roce 2015 také vzniklo společné pracoviště AdMaS-CEITEC v oblasti CT.

Obr. č. 1
Ověření technologie podlah pro vysoké provozní zatížení



Obr. č. 2
Ověření technologie sanace sypaných hrází



6.2. Výzkumný program VP2

6.2.1. Výzkumné aktivity VS Konstrukce a dopravní stavby

V roce 2015 v rámci řešení projektů Technologické agentury probíhala spolupráce s ČVUT v Praze a také s firmami Vladimír Fišer a IDEA RS. Problematika řešená v rámci projektů TAČR přispívá k naplňování cílů projektu NPU (AdMaS-UP). Dále byla řešena řada projektů smluvního výzkumu, kde mezi nejvýznamnější zahraniční partnery patřily NEDCON (Holandsko) a LINDAB (Lucembursko), a z českých partnerů to byly EGP INVEST, spol. s r.o., Pokorný, spol. s r.o. a Fosfa, a.s., ŘSD, Technický a zkušební ústav stavební Praha, Státní úřad pro jadernou bezpečnost. V rámci projektu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR, číslo projektu TE01020168) probíhá spolupráce s průmyslovými partnery a správci kolejové infrastruktury. K nejvýznamnějším patří DT - Výhybkárna a strojírna, a.s. Spolupráce byla věnována především vývoji vysokorychlostní výhybky, který v následujících letech směřuje k vytvoření prvního funkčního vzorku této výhybky, který bude vložen k testování do trati ve vlastnictví Správy železniční dopravní cesty, s.o. Student doktorského studijního programu Ing. Lukáš Raif se stal zaměstnancem oddělení vývoje uvedené společnosti.

Byla navázána spolupráce s Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) v Barceloně (za FAST VUT spolupracuje Ing. Josef Holomek a doc. Ing. Miroslav Bajer, CSc.), se kterou byla podepsána smlouva o obecné spolupráci podepsaná rektorem UPC (prof. Colet) a děkanem FAST VUT v Brně (prof. Drochytka) s dodatkem na výzkum plechobetonových desek (podepsaný prof. Ferrerem za UPC a prof. Novákem za AdMaS UP). Na UPC byl vyvinut nový systém spřažení plechobetonových desek, který spočívá v proděravění částí desek pomocí speciální děrovací matrice. Děrování vytvoří v plechu přečnávající konce, které po zalití betonem vykazují velkou smykovou únosnost. Tento systém je chráněný patentem. V březnu 2015 byla obdržena zásilka plechů z UPC pro zkušební vzorky připravených k betonáži. Byly dodány plechy Eurocol 60 a Eurobase 106 výrobce Europerfil, se kterým UPC spolupracuje na vývoji a uplatnění v praxi. Dohromady bylo dodáno a v květnu 2015 vybetonováno 9 vzorků pro ohybové testy a 39 vzorků pro smykové testy. Vzorky s plechy Eurobase 60 byly do konce roku 2015 kompletně odzkoušeny, část vzorků byla zkoušena za přítomnosti prof. Ferrera z UPC. Probíhá vyhodnocení výsledků a příprava společné publikace s využitím obdržených výsledků. Současně probíhá ve firmě Europerfil příprava další série vzorků desek, které budou zaslány k testování v centru AdMaS.

V Madridu byla formalizována spolupráce v oblasti výzkumu, vývoje a inovací mezi španělskou železniční technologickou platformou (PTFE) a správcem železniční dopravní cesty (ADIF) s českými protějšky technologickou platformou Interoperabilita železniční infrastruktury (TP IŽI, Fakulta stavební VUT v Brně je členem) a správcem infrastruktury Správou železniční dopravní cesty (SŽDC), podepsáním Memoranda o spolupráci (MoU), která umožní spolupráci v oblasti výzkumu, vývoje a inovací i výměnu informací a podporou rozvoje projektů. Fakulta stavební byla přizvána k podání společného projektu „RAILSEC COST“ v rámci programu Cost.

V oblasti „Vývoje trvanlivých a autoadaptivních konstrukcí na základě Performance Based Design a/nebo Life Cycle Design“ byly provedeny následující činnosti:

- Rozpracována tvorba teoretického podkladu pro metody zesilování historických konstrukcí v oblasti klenbových pásů. Předmětem vynálezu (unikátní výsledek) je konstrukce statického zajištění zděné obloukové klenby pomocí prostorově uspořádané předpínací výztuže ve tvaru prostorového polygonu. V druhé polovině roku byla úspěšně uzavřena licenční smlouva na využití patentu s firmou Mitrenga-stavby, spol. s r.o. Využití se předpokládá během následujících let v oblasti stabilizace a prodloužení životnosti historických a památkově chráněných staveb. Výsledek a plnění je v souladu s předdefinovaným cílem centra AV ve znění cíle „Budou získány poznatky o reálném působení stávajících zděných nosných soustav pozemních i inženýrských staveb zesílených a stabilizovaných dodatečným vyztužením; chování plošných základů historických a památkových staveb při zesílení jejich rozšířením s využitím předpětí“.
- Rozpracován postup vedoucí ke stanovení míry spolupůsobení trhlinami oddělených částí mostních kleneb.
- Byl vytvořen numerický model pomocí MKP (prutový prvek s vrstvami výztuže) pro multikriteriální optimalizaci návrhu nosných prvků z vyztuženého betonu pro deterministické výpočty (článek s výsledky multikriteriální optimalizace ostění tunelu zaslán na konferenci CESB 2016).

- Významným výsledkem výzkumu (projekt TA03030851 – Sanace tunelů – technologie, materiály a metodické postupy) je nově vyvinutá spárovací hmota s proměnným modulem pružnosti, určená zejména pro sanaci pískovcového zdiva. Spárovací hmota je navržena tak, aby byl její modul pružnosti v určité relaci s modulem pružnosti spárovaného zdiva, čímž je omezeno napětí v samotné spáře či na rozhraní vyzdívky se spárovací hmotou a nedochází tak k její mechanické degradaci.
- Vyhodnocení a zobecnění výsledků experimentů v oblasti ocelových dodatečně osazovaných kotevních prvků do betonu, a dále detailů a přípojí konstrukčních prvků ocelových (provizorních) mostů a lávek. Analýza chování spřažených plechobetonových desek a zesilování ocelobetonových nosníků pomocí FRP kompozitů. Experimentální ověřování detailů a přípojí z kompozitních materiálů na bázi FRP.
- Realizace programu experimentálního ověřování detailů a lepených přípojí mostovek z kompozitních materiálů (na bázi FRP): provedení 5 sérií experimentů po cca 20 ks pro různé konfigurace geometrických parametrů - vyhodnocení výsledků (stanovení velikosti napětí, maximálních návrhových únosností na základě metody Navrhování podle zkoušek dle EC). Experimentální ověření působení spřažených plechobetonových desek s využitím „small-scale tests“, včetně vyhodnocení výsledků s využitím metody složených průřezů. Prvotní analýza v oblasti zesilování ocelobetonových nosníků pod zatížením zesílených FRP kompozity, včetně provedení pilotních testů.
- Rozpracování matematické analýzy s přímou vstupní i výstupní návazností na konkrétní problémy z oblasti návrhu a využití pokročilých materiálů, konstrukcí a technologií. Identifikace hlavní kvalitativní vlastnosti řešení obyčejných diferenciálních rovnic, funkcionálních a funkcionálních diferenciálních rovnic, parciálních diferenciálních rovnic a diskrétních rovnic a zlomkových rovnic. Studium a analýza diferenciální formy a jejich aplikace ve variačním počtu a v obecných systémech parciálních diferenciálních rovnic. Tvorba numerických metod a výpočtových algoritmů pro řešení přímých, citlivostních i inverzních problémů v počátečních a okrajových úlohách inženýrské mechaniky. Tvorba matematického a fyzikálního popisu mikrostruktury materiálu a jejího vlivu na chování pokročilých materiálů a konstrukcí. Výstupy z této části vědecko výzkumných aktivit budou publikovány v impaktovaných časopisech a zapracovány do připravovaných inovativních metodik hodnocení, projektování a provádění trvanlivých a autoadaptivních konstrukcí.

Dále v oblasti „Vyvinutí a verifikace metodiky pro použití materiálů a konstrukčních systémů pro konstrukce dopravních staveb specifických svým zatížením a podmínkami, ve kterých budou působit“ byly provedeny následující činnosti:

- V rámci plnění tohoto cíle ke konci roku 2015 byly skupinou pod vedením doc. Klusáčka v rámci účasti v programu CESTI řešeného pod ADMAS vyvinuty metodiky STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI ZDIVA POMOCÍ JEDNOLANOVÉHO NAPÍNACÍHO LISU –MĚŘENÍ a STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI ZDIVA POMOCÍ JEDNOLANOVÉHO NAPÍNACÍHO LISU – VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ. Tyto metodiky jsou využitelné pro stanovení modulu pružnosti zdiva existujících zděných mostů v oblasti silniční dopravy a na železnici. Uplatní se pro kontrolu stavu existujících mostních konstrukcí a pro upřesnění jejich zbytkové zatížitelnosti a spolehlivosti. Metodiky byly zpracovány formou technických listů v rámci centra kompetence CESTI, jehož dílčí část WP3 byla řešena v 2015 jako součást centra ADMAS. Na vyvinuté metodiky navážou postupy jejich verifikací v proměnných podmínkách mostních opěr, mostních kleneb a pro různé směry namáhání.
- Byla vyvinuta a ověřena metodika pro predikci protismykových vlastností povrchu vozovky v závislosti na dopravním zatížení. Kvalita protismykových vlastností povrchu vozovky je závislá na kamenivu použitém do obrusné vrstvy. Metodika umožní efektivní výběr materiálů pro konkrétní pozemní komunikace a ověření dostatečné životnosti protismykových vlastností pomocí laboratorní zkoušky. Byl také vytvořen základ databáze povrchových vlastností vozovky a použitých materiálů a technologií, která bude sloužit pro výběr nejvhodnějších materiálů a technologií pro nové pozemní komunikace podle intenzity dopravního zatížení a skladby dopravního proudu. Bude také možné určit nejvhodnější dobu pro provedení údržby nebo opravy a tak snížit náklady a zlepšit kvalitu silniční sítě.
- Ve spolupráci s UAM Brno s.r.o. byla zpracována metodika „Rozhodovací proces pro navařování a výměnu kolejnic“, předloženo k certifikaci v roce 2016. Sestavená metodika poskytuje návod,

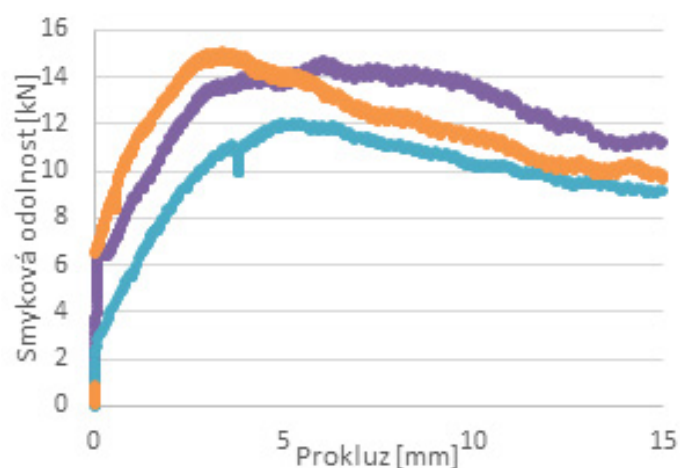
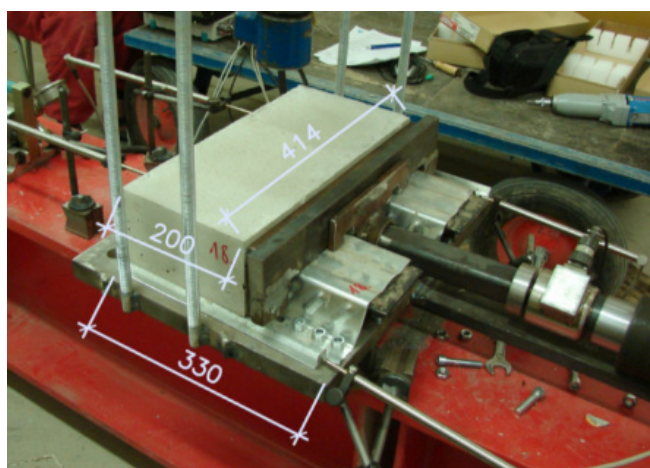
jak při rozhodování postupovat, které faktory při rozhodovacím procesu vzít do úvahy. Předkládá základní klíčové faktory, doplňková kritéria a podrobnou ekonomickou analýzu.

V roce 2015 byly publikovány výsledky výzkumu spřažených plechobetonových desek s prolisovanými výstupky zaměřené zejména na porovnání návrhových metod využívajících malé smykové testy. V příspěvcích jsou prezentovány výsledky experimentálního výzkumu prováděného v laboratořích AdMaS Stavební fakulty VUT v Brně. V této výzkumné oblasti byla navázána spolupráce s Universitat politècnica de Catalunya (UPC) v Barceloně, kde se výzkumem spřažených desek dlouhodobě zabývají. Na UPC byl vyvinut nový systém spřažení, který je chráněn Evropským patentem. UPC spolupracuje na vývoji s významnými výrobci plechů pro spřažené desky, jakým je např. firma Europerfil. Díky této spolupráci zajistila UPC přípravu plechů pro zkušební tělesa na ohybové testy i pro malé smykové testy. Tyto plechy byly zdarma zaslány do Centra AdMaS, kde byly vybetonovány a proběhly testy vakuováním (ohybové testy využívající celoplošné zatížení) i malé smykové testy. Průběhu vybraných testů byl osobně přítomen prof. Miquel Ferrer z UPC. Výsledky těchto testů budou použity pro práci na společných publikacích. V současné době jsou firmou Europerfil připravovány vzorky s jiným typem profilu plechu pro další sérii testů. Aby bylo možné spolupráci oficiálně prezentovat, byla s UPC Barcelona podepsána smlouva o spolupráci. Díky doporučení prof. Ferrera vznikla i nabídka spolupráce s některými z jeho kolegů.

Obr. č. 3

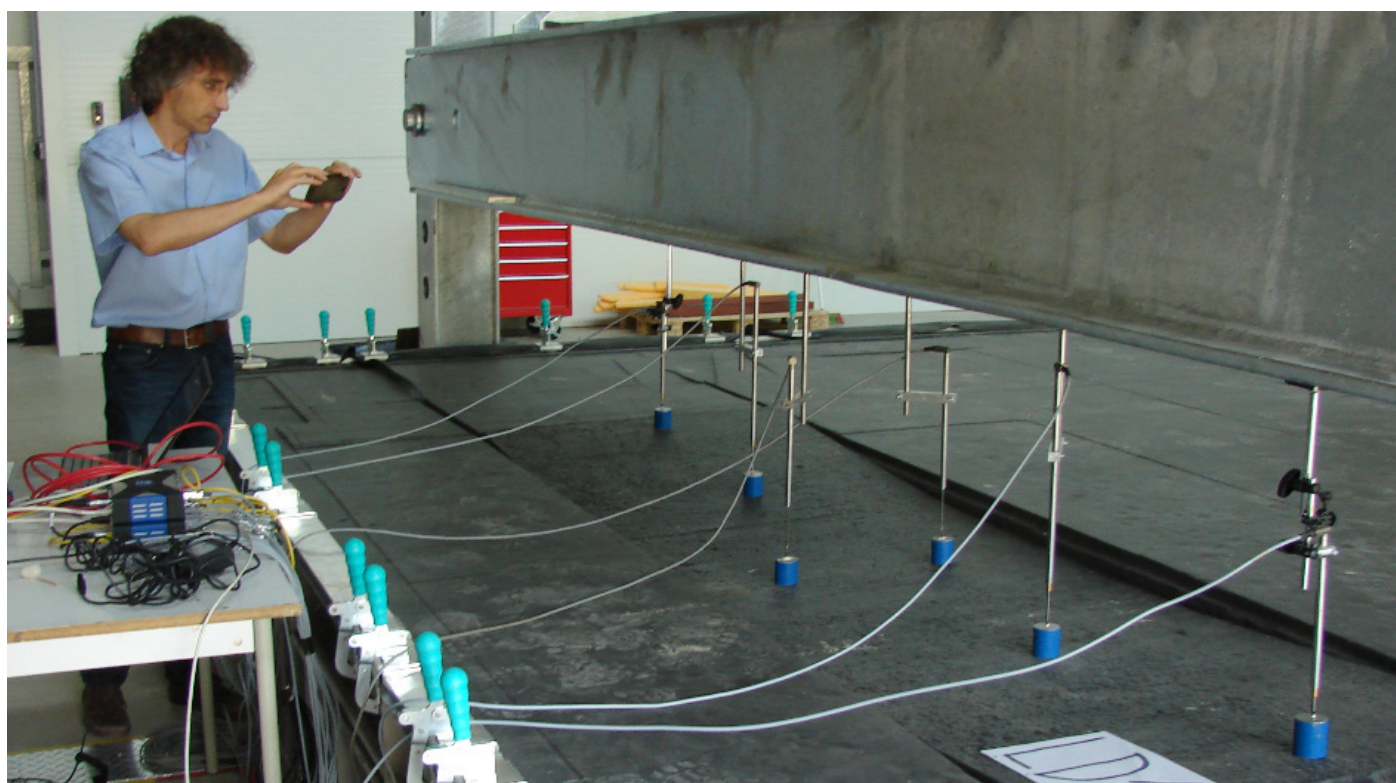
Uspořádání malého smykového testu (vlevo)

Graf smykové odolnosti plechu v závislosti na prokluzu mezi plechem a betonem (vpravo)

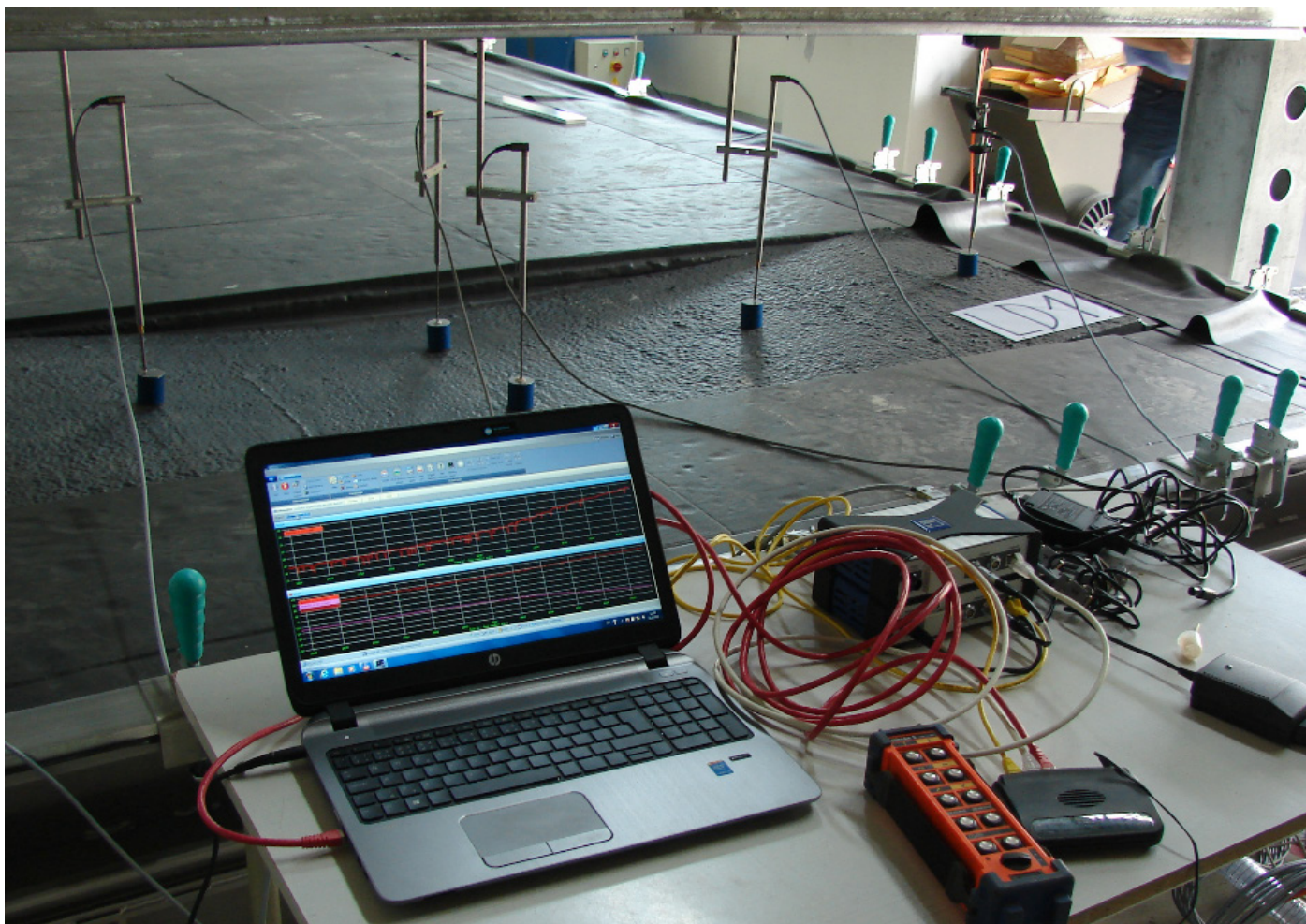


Obr. č. 4

Vzorek plechobetonové desky se systémem spřažení vyvinutým na UPC zatížený vakuováním.



Obr. č. 5
Extrémní průhyby vzorku spřažené plechobetonové desky



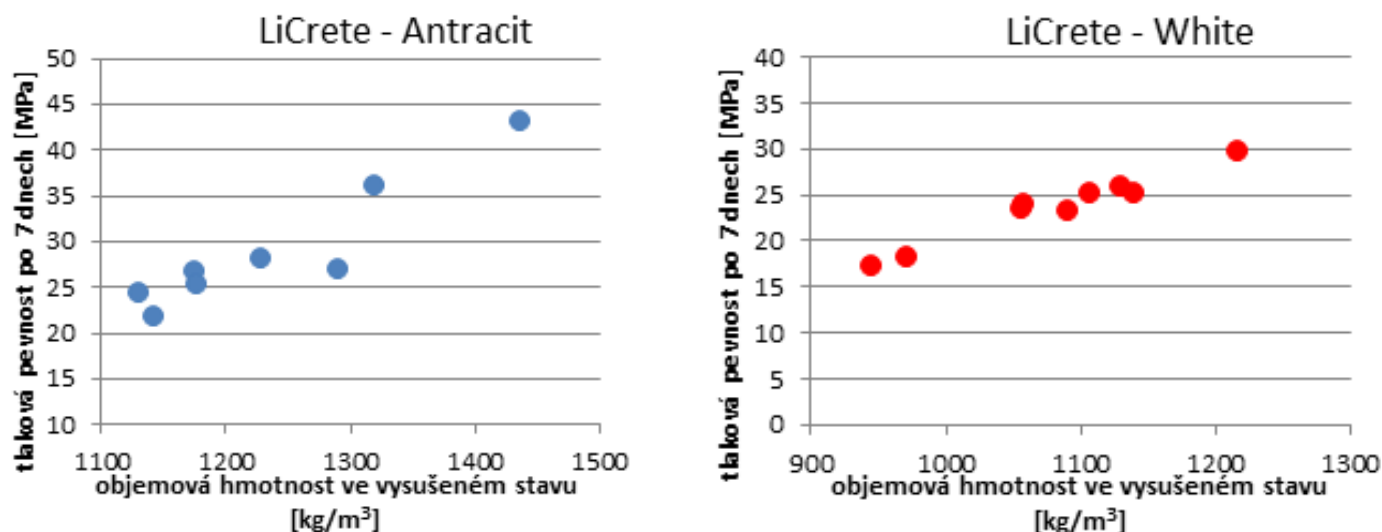
Obr. č. 6
Vzorek spřažené plechobetonové desky po porušení a odkrytí těsnící fólie



V oblasti sanace železobetonových konstrukcí byla v Centru AdMaS řešena významná zakázka HS12557150L – Vývoj dvou variant lehké matrice pro designové tvarovky LiCrete®.

Obsahem smluvního výzkumu byl vývoj dvou variant lehké matrice pro designové tvarovky LiCrete®, a tím dosažení vhodného vylehčení designových tvarovek při zachování jejich stávajících vlastností. Lehká matrice byla vyhotovena jak v antracitovém, tak v bílém provedení. U obou variant bylo navrženo několik směsí, u kterých byla pozorována silná závislost mezi pevností v tlaku a objemovou hmotností ve vysušeném stavu, jak zobrazují následující grafy. Díky tomu bylo možné určit recepturu s optimálním poměrem tlakové pevnosti a objemové hmotnosti. V závěru prací bylo vyhotoveno po 5 tvarovkách od každé nově vyvinuté varianty lehké matrice, které byly předány objednavateli. Celkově bylo dosaženo vylehčení cementového tmelu o 46% v antracitovém provedení a o 47% v bílém provedení oproti původním variantám.

Obr. č. 7
Příklad výstupů smluvního výzkumu



Dále pak probíhalo řešení projektu TA03030851 – Sanace tunelů – technologie, materiály a metodické postupy. Výsledkem byl vývoj nové spárovací hmoty. Spárovací hmota je navržena tak, aby byl její modul pružnosti v určité relaci s modulem pružnosti spárovaného zdiva, čímž je omezeno napětí v samotné spáře či na rozhraní vyzdívky se spárovací hmotou a nedochází tak k její mechanické degradaci.

Obr. č. 8
Fotografie aplikace spárovkové hmoty



Tento materiál umožňuje pomocí jednoduché úpravy receptury změnu svých mechanických parametrů, což je oproti běžně dostupným spárovacím hmotám vysoce inovativní a výhodné. V různých tunelových stavebních se totiž obvykle vyskytují odlišné druhy pískovce či pískovcového zdiva s různými mechanickými parametry, kterým by se měly vlastnosti sanační spárovací hmoty co nejvíce přibližovat. Nová hmota má proměnný modul pružnosti, který se může přizpůsobit modulu pružnosti aktuálně spárované vyzdívky.

Spárovací hmota je chráněna užitným vzorem číslo 28735 a současně byla podána žádost o udělení patentu.

Obr. č. 9

Udělený užitný vzor

UŽITNÝ VZOR		(11) Číslo dokumentu: 28 735
(19) ČESKÁ REPUBLIKA  ÚŘAD PRŮMYSLŮVÉHO VLASTNICTVÍ	(21) Číslo přihlášky: 2015-31487 (22) Přihlášeno: 28.08.2015 (47) Zapsáno: 19.10.2015	(13) Druh dokumentu: U1 (51) Int. Cl.: C09K 3/10 (2006.01) C09K 103/00 (2006.01)
	(73) Majitel: Vysoké učení technické v Brně, Brno, CZ (72) Původce: prof. Ing. Ivailo Terzijski, CSc., Brno - Líšeň, CZ Ing. David Horák, Ph.D., Hrušovany u Brna, CZ Ing. Jaroslav Kadlec, Brno, CZ (74) Zástupce: A. Holas & partner Patentová a známková kancelář, Ing. Mgr. Hana Holasová, Křížová 4, 603 00 Brno	
(54) Název užitného vzoru: Spárovací hmota		

Dále probíhalo řešení projektu TA03030010 - Vývoj postupů a pravidel pro proces návrhu, ukládání a ošetřování betonů s omezeným smršťováním a sníženým rizikem vzniku trhlin.

V části projektu řešené na VUT Brno, Fakulta stavební představuje náplň řešení zejména analýza a experimentální ověření vlivu surovin pro výrobu konstrukčního betonu na míru smršťování betonu. V souladu s hlavním cílem byly v letech 2013-15 dosaženy následující výsledky:

- Byla vyvinuta nová metodika sledování smršťování betonu a jeho citlivosti na vznik trhlin.
- Bylo navrženo a z části vyrobeno odpovídající zkušební zařízení.
- Byl navržen beton s výrazně sníženým smršťováním, a jeho vlastnosti byly ověřeny laboratorními i poloprovozními experimenty.
- Byl zpracován program umožňující zahrnout účinky dotvarování (relaxace) mladého betonu pro identifikaci okamžiku porušení smršťovacími trhlinami.

V oblasti železničního stavitelství probíhalo řešení projektu centra kompetence TE01020168 CESTI. Pokračuje sledování dříve zřízených zkušebních úseků pro konstrukce zpružnění kolejové jízdní dráhy – pro podpražcové podložky a zpružněné upevnění kolejnic na pražci. Úseky se nacházejí v žst. Planá nad Lužnicí, v žst. Ústí na Orlicí a v úseku Havlíčkův Brod – Okrouhlice. Pozornost byla věnována diagnostice rozvoje skluzových vln a vlnovitosti na kolejnicích v obloucích malého poloměru, které byly měřeny ve vybraných úsecích železničních tratí. Měřeny byly vlastnosti podložek pod patu kolejnice podle stávajícího standardu SŽDC a podle zásad platné evropské normy. Byly porovnány metodiky měření a jejich vliv na dosahované výsledky. Pokračuje modelování uložení pražce v kolejovém loži, jehož cílem je popsat změny v kolejovém loži v důsledku dynamického zatížení. Kolejové lože je modelováno metodou diskretních prvků, pražec metodou konečných prvků, sestaveno bylo řešení pro rozhraní mezi nimi. V rámci zkoumání interakce koleje a mostu byla sledována posunutí na vybraných mostních konstrukcích a osazeny snímače poměrných deformací v koleji na jedné mostní konstrukci. Změřená posunutí koleje na mostě byla zpětně analyzována a byly stanoveny stěžejní parametry interakce koleje a mostu – podélný odpor koleje pro různé typy mostovek. Dále byl sestaven matematický model interakce a zpracován software v prostředí Microsoft Excel.

V oblasti pozemních komunikací v Centru AdMaS probíhal výzkum vlastností silničních asfaltů. Zejména se řeší změny vlastností pojiv zapříčiněné jejich stárnutím. Toto stárnutí je možné laboratorně simulovat zařízením RTFOT, kterým je centrum vybaveno. Změna vlastností pojiv se poté hodnotí pomocí unikátních laboratorních přístrojů - dynamický smykový reometr a průhybový trámečkový reometr.

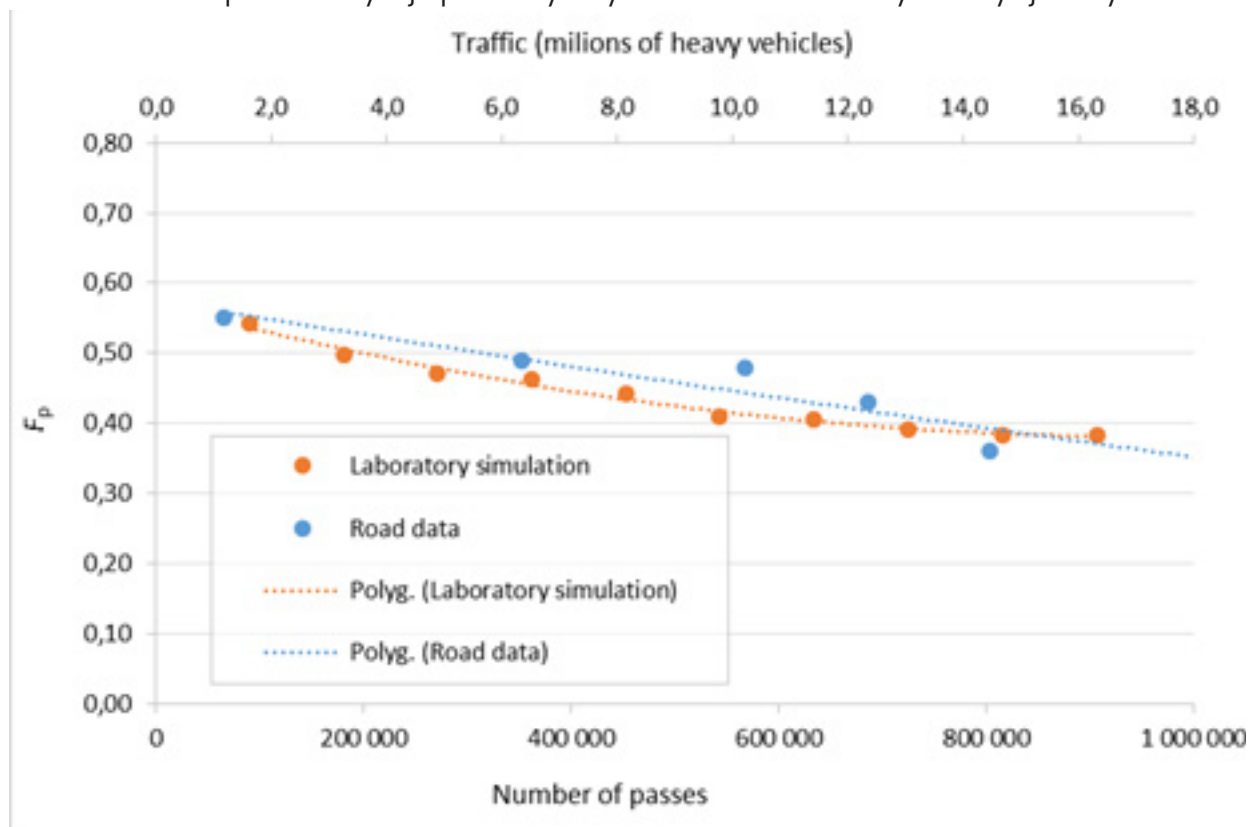
Dále probíhal výzkum týkající se používání pryžového granulátu, což je sypký materiál získávaný z odpadních pneumatik, do asfaltových vrstev vozovek. Pryžový granulát se přidává do horkého silničního asfaltu v množství cca 15 %, čímž dojde ke zlepšení jeho vlastností (modifikace). Cílem výzkumu je zavedení této technologie do podmínek ČR.

Laboratorní zařízení pro stanovení protismykových vlastností povrchů vozovek (obr. č. 11) bylo srovnáno s dynamickým měřicím zařízením, které zjišťuje protismykové vlastnosti povrchu vozovky in situ. Je tedy možné srovnávat dlouhodobě sledovaná data s laboratorními měřeními. Také byl určen vztah mezi laboratorním ohlazováním, které představuje dopravní zatížení, a skutečným zatížením dopravou. Počet

pojezdů kuželíky v laboratoři lze přepočítat na počet přejezdů těžkých nákladních vozidel (obr. č. 10). Nyní je tedy možné v laboratoři predikovat životnost protismykových vlastností, což bude využito k návrhu nových asfaltových směsí, které zvýší bezpečnost dopravy a současně zefektivní využití materiálů dostupných v České republice.

Obr. č. 10

Srovnání laboratorní predikce vývoje protismykových vlastností s reálnými daty zjištěnými na vozovce



Obr. č. 11

Zařízení pro stanovení protismykových vlastností povrchu vozovky po ohlazování



Zařízení Hawkeye 1000 bylo využito pro sběr parametrů povrchu vozovky – makrotextury MPD (Mean Profile Depth) a mezinárodního indexu nerovností IRI. Spolu s dalšími parametry vozovky (protismykové vlastnosti, poruchy, dopravní zatížení, typ asfaltové směsi, použité kamenivo atd.) byla vytvořena databáze, která bude sloužit jako podklad pro Pavement Management System. Ten umožní efektivní výběr úseků a materiálů pro opravu a rekonstrukci a tedy hospodárnější nakládání s financemi a přírodními zdroji.

Dále byl stanovován komplexní modul tuhosti a únavové charakteristiky asfaltových směsí pomocí zařízení Cooper - Two Point Trapezoidal

Bending Beam Machine (obr.č.12). Byly stanoveny vlastnosti různých asfaltových směsí při několika teplotách. Zkoušena byla také možnost vložení speciální geotextilie mezi asfaltové směsí, která zabraňuje vzniku a šíření trhlin. Cílem je vývoj nových asfaltových směsí s nižší tloušťkou a vyšší odolností proti únavě, což by vedlo k úspoře asfaltového pojiva a prodloužení životnosti vozovek.

Obr. č. 12

Zařízení pro stanovení komplexního modulu tuhosti (vlevo), zkušební vzorek – trapezoid (vpravo)



V oblasti pozemního stavitelství probíhal výzkum v oblasti studia materiálových vlastností dřeva a studia chování dřevěných prvků a konstrukcí. Dále byl v areálu Centra AdMaS vybudován testovací objekt EnviHut. Jedná se o přemístitelný testovací objekt založený na nosné konstrukci kontejnerové buňky. Půdorysné rozměry 3 x 7,5 m. Výška objektu do 3,5 m. Objekt je zcela energeticky autonomní, disponuje vlastním fotovoltaickým systémem a větrnou turbínou pro výrobu energie. Konstrukce objektu umožňuje variantní záměnu skladeb obvodových stěn a střešního pláště.

Využitelnost objektu je především pro výzkum v oblasti konstrukcí dřevostaveb, souvisejících kompozitních systémů a energií (především Hybrid a Off-Grid systémy). V těchto oblastech jsou plánovány výstupy VaV v roce 2016 a dalších.

Obr. č. 13
EnviHut.



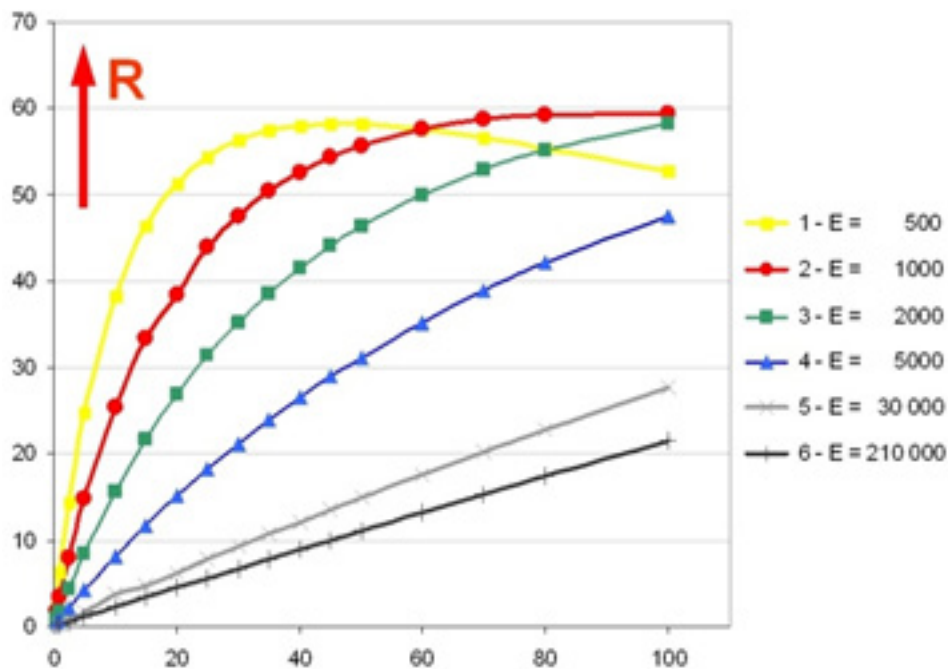
V roce 2015 byl v rámci projektu AdMaS ukončeno a vyhodnoceno 15 let trvající sledování zesílení základů radniční věže ve Vyškově. Kolektiv autorů pod vedením doc. Ing. Ladislava Klusáčka, CSc. navrhnul zesílení stávajících základů dosud netradiční metodou – dodatečně předpjatými betonovými konzolami a klenbami. Konstrukce byla vybavena množstvím senzorů pro dlouhodobé sledování.

Zvětšení základů výrazným plošným rozšířením v kombinaci s předepnutím publikoval již Prof. Hruban, který předpokládal vrubový kloub v místě spojení rozšiřujících konzol s původním základem. Účel je zřejmý – umožnit potočení vyložených částí a působením předpínací síly dosáhnout zatlačení rozšiřující části základu do podloží. Takové zatlačení totiž musí být doprovázeno vznikem reakce v místě spojení směřující vzhůru a tím zmenšení tlaku na původní základovou spáru. Při bližším rozboru přetvoření původního základu, rozšiřující konstrukce a podloží se ale ukáže, že v některých případech není použití kloubu pro dosažení okamžité aktivace rozšíření nezbytné. Numerická studie provedená pro konstrukční soustavu složenou z nového betonového základu a původního základového zdiva ukázala, že účinného zatlačení do podloží lze dosáhnout pružným stlačením původního základu, zejména jde-li o základ vytvořený zdivem, jehož modul pružnosti je obecně oproti např. betonu výrazně nižší. Výsledky numerické studie provedené autory vyhodnocení zesílení základů jsou pak zobrazeny na obrázku dále.

Obr. 14

Velikost reakce R v závislosti na modulu přetvárnosti podloží a pro různé moduly pružnosti původního základového zdiva

Reakce R [kN]
předepnutého rozšíření



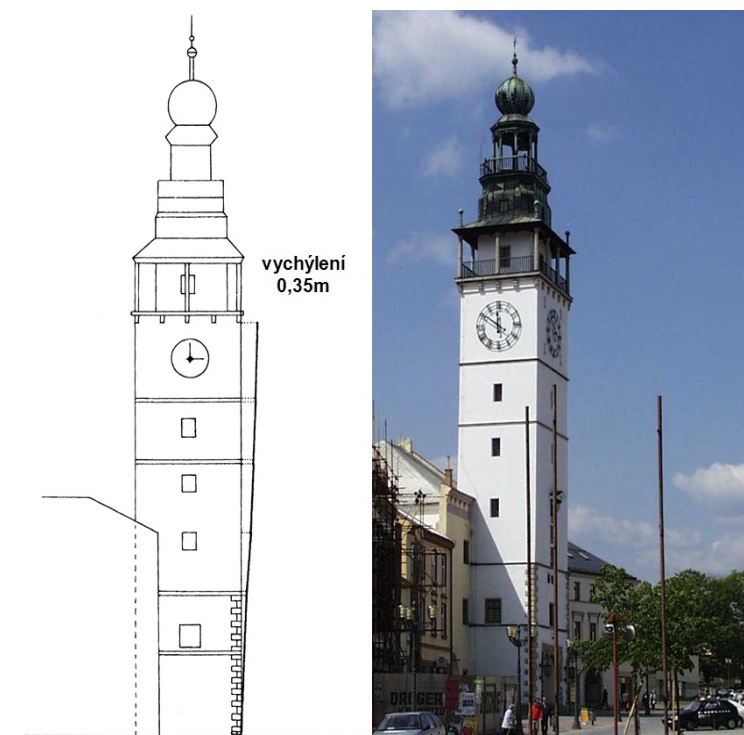
Graf na tomto obrázku ukazuje velikost reakce R [kN] vyvolané dodatečným předepnutím směřujícím svisle vzhůru v závislosti na modulu přetvárnosti podloží pro různé hmoty původního základu vyjádřené modulem pružnosti materiálu. Pro srovnání jsou uvedeny i moduly odpovídající oceli a kvalitnímu betonu, což jsou nereálné materiály zesilovaného základu, ale dobře dokreslují hledanou závislost. Podloží bylo modelováno zjednodušeně jako Winklerovo. Je vidět, že pro velmi tuhý materiál původního základu vzniká významná odlehčující reakce prakticky až na půdách štěrkovitých. S klesajícím modulem pružnosti původního základu vzniká významná reakce již při základových půdách typu jílu, spraší, což byl právě autory řešený případ zesílení základů věže. Při těchto kombinacích základové půdy a zdiva zesilovaných základů totiž pružné stlačení základového zdiva vlivem dodatečného předepnutí umožňuje pootočení a prakticky okamžitou aktivaci vyložených rozšiřujících základových pásů. Tímto způsobem byly zesíleny základy nestabilní věže na obrázku níže. Následné 15leté sledování potvrdilo reálnost vneseného předpětí a jeho dlouhodobou stálost. Tím byla v rámci projektu AdMaS potvrzena vysoká spolehlivost návrhu a vlastní realizace stavby.

Obr. č. 15

Vychýlení věže radnice ve Vyškově

V uveřejněném výsledku byly zdůrazněny dále uvedené poznatky získané vyhodnocením v rámci projektu AdMaS.

Na popsané konstrukci se zřetelně ukazuje užitečnost metody. Je ovšem nutné spojit železobetonové rozšiřující pásy s původními základy tuze – tedy pomocí předpětí, jinak by tato metoda neměla dostatečnou účinnost. Přenášení tahových sil pouze prostřednictvím běžné betonářské výztuže (kotevní výztuže) je především proto nemožné, neboť dodatečnou kotevní výztuž pro přenesení tahů ve styčné spáře je obtížné spolehlivě ukotvit v původním zdivu. Dodatečné předpětí pomocí lan nebo kabelů úlohu zásadně modifikuje a mění ve styčné spáře mezi starými a novými základy tahová napětí v namáhání tlaková. Přenos posouvajících sil se pak realizuje smykovými hmoždíky.



Dalším důležitým přínosem dodatečného předeptnutí je možnost okamžité reakce podloží. Té může být dosaženo prostřednictvím vhodného, povětšinou excentrického vedení kabelů, které orientuje přetvoření od předeptnutí od nově připojené základové konstrukce směrem do podloží. Tím se zabrání volnému přetvoření od předeptnutí a na styku starých a nových základů vzniknou reakce, které tlakové zatížení na původní zděné základy výrazně sníží.

6.2.2. Výzkumné aktivity VS EGAR

V oblasti VS EGAR probíhaly VaV aktivity v souladu s vytčenými cíli dle TA projektu.

V roce 2015 probíhala spolupráce se zahraničními vědeckými pracovišti a univerzitami. Jako příklad lze například uvést pobyt pracovníků centra (Krmíček) v německé Postupimi, byl kontaktní osobou na německé straně prof. dr. Rolf Romer (Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam) a dr. Martin J. Timmerman (Universität Potsdam). S těmito partnery byla konzultována příprava vědeckých publikací a projektů. Jedním z výstupů dlouhodobé spolupráce s Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam je přijetí společné publikace k tisku v časopise *Gondwana Research* s impaktním faktorem 8,235. Dále byl se zástupci Universität Potsdam byl vytvořen návrh vědeckého grantového projektu, který bude v jarních měsících roku 2016 předložen k posouzení Německé grantové agentury „Deutsche Forschungsgemeinschaft“.

V oblasti činnosti VS EGAR byly v roce 2015 následující konkrétní VaV aktivity:

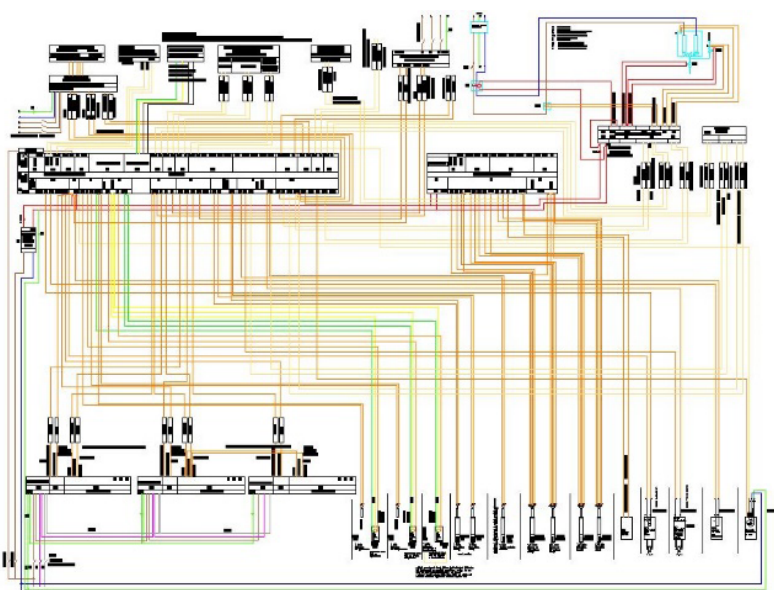
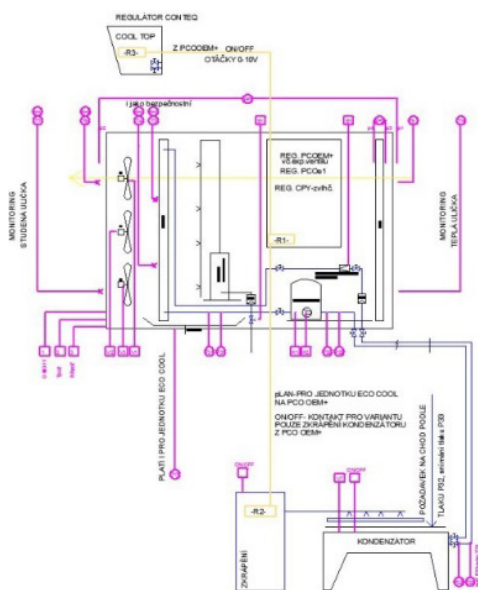
- Zajištění součinnosti na vývojovém projektu plaveckého trenažéru „Swimm Trainer“ se společností NIVEKO, s.r.o. ve věci návrhu úpravy a následného testování prototypu plaveckého trenažéru s požadovanými parametry definovanými v SoD o smluvním výzkumu. Na základě testování prototypu byly VS EGAR navrženy konstrukční úpravy na plaveckém trenažéru včetně problematiky pohonu.
- Smluvní výzkum v oblasti využití nejmodernějších vědeckých poznatků v oblasti technologie čištění odpadních vod, prognózy rozvoje území a ve vazbě na dosažení maximální ekonomické efektivnosti provozovatelů vodáren a kanalizací.
- Smluvní výzkum pro využití uhlíku z pyrolýzy – zpracování čistírenského kalu z komunálních a průmyslových ČOV, dočištění odpadních vod - odstranění xenobiotik (farmaka, disruptory žláz s vnitřní sekrecí, prostředky osobní hygieny, pesticidy atd.), odstranění amoniaku z pitných a odpadních vod.
- Ve fázi žádosti o poskytnutí grantových prostředků: využití mikrovlnné pyrolýzy čistírenského kalu jako obnovitelného zdroje paliva a energie.
- Ve fázi žádosti o poskytnutí grantových prostředků: AOP technologie pro odstraňování toxických látek z vyčištěných odpadních vod.
- Ve fázi žádosti o poskytnutí grantových prostředků: odstraňování obtížně odbouratelných chemikálií z odpadních vod pomocí dřevokazných hub.
- Smluvní výzkum v oblasti pokročilého strategického řízení - vstupní studie „Smart město“.
- Vývoj platformy „energetického managementu“ pro využití v aplikační oblasti – komunální sféra a průmyslové podniky.
- Smluvní výzkum v oblasti matematické analýzy výrokové řady tlumičů hluku (komínových nástavců) fy Schiedel s výstupem uceleného selekčního software pro jejich návrh. Software obsahuje pro každý tlumič výpočet útlumu hluku v jednotlivých frekvenčních pásmech, výpočet vlastního hluku tlumiče, výpočet tlakové ztráty tlumiče s grafickým výstupem a výpočtem hladiny akustického tlaku v místě posluchače.

Obr. č. 16
Ukázka z měření a zpracování zjištěných dat



- Vývoj funkčního vzorku speciálního chladicího okruhu, který bude sloužit pro chlazení serveroven či celých datových center. Vývoj je založen na CFD simulacích proudění vzduchu, simulací chladicího výkonu jednotlivých geometrií výparníků.

Obr. č. 17
Ukázka z přípravy chladicího zařízení (vlevo), schéma řízení a propojení prvků zařízení (vpravo)



- Výzkum izotopové kompoziční charakteristiky geomateriálů.
- Participace na přípravě návrhu projektu na využívání vysokopotenciálních geotermálních zdrojů v rámci projektu „Mezinárodního programu hlubokého vrtání na kontinentech“.
- Získání komplexních poznatků o geotechnickém potenciálu brněnského a třebíčského masivu; v této souvislosti mimo jiné ve fázi projektové žádosti z OP PIK návrh projektu „Partnerská kooperace mezi firmou GEOtest a regionálním centrem AdMaS“ s cílem detekovat a řešit problémy horninového prostředí vs kolektor a IG sítě, nastavit mechanismy eliminace negativních vlivů a určit limitní hodnoty sledovaných parametrů. Získat nové poznatky z geotechniky, na základě praktických dovedností z oblasti jak terénního měření in-situ, tak laboratorního testování, zahrnující jak práce na moderních laboratorních přístrojích, tak komplexní či matematické modelování generovaných dat, stanovení metod monitoringu a vývoj SW.
- Smluvní výzkum při napínání zemních kotev u mostních opěr.

- Testování a ověření datového systému pro vkládání, monitoring a vyhodnocení technického stavu sběrných míst odpadů v Brně včetně provedení aktualizace pasportu kontejnerových stání.
- Smluvní výzkum v oblasti experimentálního návržení a ověření technologie zpracování archivních černobílých leteckých snímků s cílem ověření technologie zpracování nestandardních archivních snímků včetně dodaných vybraných spojovacích a vlíčovacích bodů a určených prvků vnitřní a vnější orientace.
- Možnosti využití mobilního mapovacího systému pro účely analýzy celkových nákladů na stavbu, údržbu a opravy pozemních komunikací.
- Možnosti využití mobilního mapovacího systému v oblastech se zhoršeným GNSS signálem – testování v lokalitě Moravského krasu.
- Smluvní výzkum v oblasti nasazení bezpilotních letounů v podmínkách provozu distribuční soustavy elektřiny.
- Smluvní výzkum v oblasti nasazení pozemního skenování pro pořízení bezpečnostní a požární dokumentace podzemních prostorů KU.
- Ve fázi žádosti o poskytnutí grantových prostředků – vývoj metody SLAM (simultánní lokalizace a mapování) porovnání efektivnosti využití přenosného mapovacího zařízení a průmyslových kamer s praktickým přesahem pro stavebnictví, urbanismus, architekturu a průmysl.
- V oblasti „Vývoje nových technologií v oblasti odvádění a čištění odpadních vod, úpravy pitné vody a její distribuce, nakládání s odpady, vývoj nových postupů pro využití energie z odpadních vod, odpadů a kalů vznikajících při čištění odpadních vod,“ se jednalo o vývoj membránové čistící jednotky pro šedé vody v rodinném domu. Optimalizace provozu a možnosti využití odpadního tepla z produkce šedých vod. Testování v rodinném domu.
- V oblasti „Měření tepelných a mikroklimatických vlastností budov a dílčích částí staveb (včetně jejich vlastností vzhledem k vnějším i vnitřním podmínkám) s cílem návrhu metodik výstavby a technologií výroby stavebních dílců pro dosažení zejména optimálních energetických a dalších parametrů staveb“ byl podán v roce 2015 projekt GAČR týkající se problematiky reflexních fasád a jejich dopadu na mikroklima budov (projekt byl vybrán k podpoře od 1.1.2016). Dále probíhal specifický výzkum orientovaný na tepelnou stabilitu budov v letním období, kdy na volné ploše centra byly vybudovány celkem 4 pokusné jednotky pro hodnocení tepelné stability s variabilní skladbou obvodových plášťů.
- V teoretické oblasti byla řešena problematika testování membránové čistící jednotky pro šedé vody v rodinném domu. Měření průtoků, spotřeby elektřiny a vzduchu. Návrh výpočtového modelu čištění šedých vod membránovou jednotkou. Řešení spolehlivosti čistící jednotky. Řešení optimalizace provozu čistící jednotky. Měření teploty šedé vody pro možnost využití tepla. Sledování účinnosti membránové čistící jednotky. Návrh úpravy připravované normy pro využití šedých a dešťových vod v budovách.
- V oblasti „Vytvoření geodetické, fotogrammetrické a metrologické podpory stavební činnosti a výzkumu (zaměřování stavebních konstrukcí a přírodních objektů, tvorba prostorových modelů z leteckých i pozemních snímačů - letecký skener Lidar, pozemní skenery, svazkové kamery, stanovení přesné geometrie jednotlivých prvků, dílů, konstrukcí a staveb, kalibrace malých i velkých rozměrů). Stanovení absolutní prostorové polohy stavebních konstrukcí a dalších objektů, sledování jejich krátkodobých i dlouhodobých změn s využitím globálních navigačních satelitních systémů (GNSS - GALILEO, GPS, GLONASS).“ Probíhal jednak smluvní výzkum v oblasti geodetické činnosti a leteckého snímkování, kdy nejvýznamnější spolupráce v roce 2015 byla se společností Hansa Luftbild AG. Dále pak probíhalo testování využití systémů GNSS například v oblasti železničního stavitelství. Byl podán projekt NAKI týkající se využití novodobých geodetických metod v oblasti památkové péče. Na základě dílčích částí výzkumných projektů a smluvního výzkumu analyzujeme možnosti využití fotogrammetrických a laserových metod v oblasti energetiky, dopravního a pozemního stavitelství. V oblasti energetiky se jedná o testování využití bezpilotních letounů k provádění kontroly stožárů a vedení vysokého napětí bez nutnosti odpojení od elektrické sítě. V dopravním stavitelství analyzujeme alternativní možnosti sledování nerovností vozovek a dále ověření metodiky pro zajištění prostorové polohy

tramvajových kolejí. Pro oblast pozemního stavitelství pracujeme na sestavení zařízení využívající metodu simultánní lokalizace a mapování, které najde využití zejména v technologii informačních modelů budov."

- V oblasti „Ověřování a vývoj nových technologií čištění odpadních vod a úpravy pitné vody“ probíhá testování nové regenerační jednotky BIONIC umístěné v hale pavilonu P4.
- V oblasti „Vyvinutí a verifikace metodiky pro ověřování praktických aplikací terénních a laboratorních měření, vyhodnocování (včetně matematického modelování) a vývoje metodik v oblasti geotechnických metod průzkumu a diagnostiky základových podmínek staveb, a to jak z hlediska návrhu staveb, tak i při jejich sanaci a analýze životnosti“ byla v roce 2015 vydána certifikovaná metodika „Metodika zkoušení kvality a míry zlepšení základové půdy šterkovými pilíři“, užitiný vzor „Zkušební pole pro ověření kvality šterkových pilířů“ (číslo zápisu: 28937 a užitiný vzor „Rychlovazná silikátová injektážní směs odolná vůči rozplavení“ (číslo zápisu: 28686).
- V oblasti „Vyvinutí a verifikace metodiky pro měření tepelných a mikroklimatických vlastností budov a dílčích částí staveb (včetně jejich vlastností vzhledem k vnějším i vnitřním podmínkám) s cílem návrhu metodik výstavby a technologií výroby stavebních dílců pro dosažení zejména optimálních energetických a dalších parametrů staveb“ probíhá řešení projektu Smart City „Inteligentní Regiony - Informační modelování budov a sídel, technologie a infrastruktura pro udržitelný rozvoj, a dále vývoj nových měřicích aparatur pro monitorování a sběr dat souvisejících se stavem prostředí a teplot a vlhkostí materiálů stavebních konstrukcí.
- Oblast BIM je řešena dále v řešení projektu Centra kompetencí TAČR ČR TE0200077 (viz MI 0603) byly v oblasti informačního modelování (BIM) adaptovány pro ČR mezinárodní standardy a byla vytvořena pilotní verze webové aplikace pro tvorbu Národní knihovny BIM v ČR. <http://www.narodni-bim-knihovna.cz/kategorie-stavebn%C3%ADch-v%C3%BDrobk%C5%AF-eu-3052011>.

Příklady využití infrastruktury a přístrojů skupinou VS EGAR:

- **Dodávka a instalace komplexního geotechnického monitorovacího systému** - využití skupinou geotechnika. Geotechnický monitorovací systém byl pořízen s cílem vhodně detekovat a řešit problémy podzemních staveb ve složitých přírodních podmínkách a správně nastavit mechanismy detekce negativních vlivů, což představuje určení limitních hodnot sledovaných parametrů. Instalace monitorovacích prvků proběhla na experimentálním polygonu kontrolního geotechnického monitorovacího systému vybudovaného pro vybrané úseky primárního kolektoru v Brně (detekce a řešení problémů horninového prostředí vs kolektor a IG sítě). Skupina geotechniky provádí na základě výstupů monitorovacího systému interpretaci naměřených dat formou numerického modelování. Tak bude možné např. přesněji stanovit a nastavit varovné stavy pro jednotlivá čidla, které mají prioritní význam z hlediska využitelnosti geotechnického monitorovacího systému. Vědečtí pracovníci tímto získávají nové poznatky z geotechniky, na základě praktických dovedností z oblasti jak terénního měření in-situ, tak laboratorního testování, zahrnující jak práce na moderních laboratorních přístrojích, tak komplexní či matematické modelování generovaných dat, stanovení metod monitoringu a vývoj SW. Se společností GEOTest Brno, a.s. byl podán projekt do OP PIK, Partnerství znalostního transferu s cílem transferu teoretických znalostí do aplikační sféry. To povede k výstupu typu metodického postupu při navrhování podzemního díla s využitím kombinace matematické modelování – pokročilý materiálový model. Dále bude výstupem softwarová aplikace a numerický model.
- **Datová infrastruktura** - využití celou skupinou EGAR. Pořízená datová infrastruktura byla instalována do zázemí serverovny centra AdMaS s příslušnými okrajovými podmínkami (napájení, chlazení, zabezpečení UPS technologií) a je využívána jako úložiště a správa pro pořízené síťové licence SW VS EGAR, jako datové úložiště např. pro datové balíčky pořízené systémem mobilního mapování a systémem LIDAR, jako publikační servery (např. pro platformu typu národní BIM knihovna, která je výstupem řešení projektu TA ČR TE0200077 Centrum kompetence Smart Regiony).
- **Multifunkční ústředna pro energetickou analýzu TZB II** - využití skupinou energetická diagnostika budov a regionů. Jedná se o komplet pro měření vlastností vnitřního klimatu budov, konkrétně je to sada datalogerů (snímačů a čidel) s možností připojení k PC pro měření teploty, vlhkosti vnitřního prostředí a koncentrace CO₂ uvnitř budov. Snímače a datalogery jsou v současné využívány pro řešení projektu TA ČR TE0200077 Centrum kompetence Smart Regiony. Probíhala spolupráce na teoretickém řešení inovačních technologií technických systémů na pilotní

lokalitě Brno – Nový Lískovec. Modely budov jsou připraveny pro řešení interakce s distribuční energetickou sítí v teoretické rovině a následné pilotní realizaci. Dále jsou snímače a datalogery využívány pro řešení smluvního výzkumu v oblasti návrhu opatření strategie tzv. Smart City pro návrhová opatření optimalizace vlastností vnitřního klimatu zejména veřejných budov – školy, obecní úřady, apod.

- **Zaměření kalibrační základny** – kalibrační základna slouží výhradně pro kalibraci systému mobilního mapovacího systému, bez kalibrace systému by systém poskytoval nepřesné polohopisné informace, nutné pro správnou funkci a následnou práci s mračnem bodů.
- **Ústředny s připojením k PC a snímače průtoku, teploty, rychlosti proudění, vlhkosti, slunečního záření a koncentrace látek.** Využití skupinou energetická diagnostika budov a regionů. V současné době se se snímači experimentálně pracuje v Centru AdMaS v rámci sledování vybraných parametrů v budově P4, která je zařazena mezi pilotní lokality v rámci řešení projektu TA ČR TE0200077 Centrum kompetence Smart Regiony. Dále jsou využívána v experimentálních objektech vybudovaných v centru AdMaS v rámci specifického výzkumu při sledování míry vlivu tepelně-izolačních vlastností na vývoj teploty horního pláště. Sledování vybraných parametrů v budově P4 slouží mimo jiné při vývoji platformy „energetického managementu“ pro využití v aplikační oblasti – komunální sféra a průmyslové podniky. V přípravě grantový projekt smluvního výzkumu se společností DONE, s.r.o.
- **Dodávka vybavení stacionární analytické laboratoře technologií městského inženýrství** – je využívána především v oblasti rozborů vod, jako podpora probíhajícího výzkum v oblasti městského inženýrství – viz. výše.
- **Pilotní zařízení anaerobního reaktoru s membránovou separací** - využití skupinou městské inženýrství - pilotní zařízení anaerobního reaktoru bylo testováno od 01/2015 do 04/2015 v areálu AdMaS – hala P4. Od 05/2015 je instalováno v pivovaru Černá hora pro čištění průmyslových odpadních vod z potravinářského průmyslu) v rámci řešení projektu specifického výzkumu VUT. Na základě výsledků testování (účinnost odstranění znečištění, zanášení membrány, produkce bioplynu, kalu a spotřeba elektrické energie) je provoz AnMBR průběžně optimalizován (změny v nastavení provozních parametrů) a dle aktuální potřeby probíhá údržba, případně čištění. Sledovanými parametry jsou kvalita přítoku a odtoku (CHSK, BSK, NL, N, P), množství a kvalita vyprodukovaného bioplynu, produkce a složení kalu. Sledovanými provozními parametry jsou transmembránový tlak, permeabilita, flux, pH, teplota, doby zdržení, spotřeba elektrické energie a chemikálií, množství vhněteného bioplynu (míchání směsi a propírání membrány). Průběžně je stanovována efektivita (hodnoty a účinnost odstranění znečištění) a spolehlivost čistícího procesu (mj. tendence k zanášení membrány a její degradace), specifická produkce bioplynu a jeho kvality v různých provozních podmínkách. V rámci řešení jsou dané parametry sledovány při zkouškách v mezofilním (25-37°C) a termofilním (45-60°C) režimu. Pilotní jednotka bude na lokalitě do 06/2016. V závěru bude připraveno celkové vyhodnocení efektivnosti provozu AnMBR (dosažitelná kvalita odtoku, náklady na m³ přečištěné odpadní vody – spotřeba elektrické energie, chemikálií, produkce bioplynu a kalu). Výsledky vyhodnocení provozu AnMBR budou také porovnány s konvenčními technologiemi na čištění průmyslových odpadních vod.

6.2.3. Výzkumné aktivity VS Matematické modelování

V oblasti matematického modelování (VS MM) v roce 2015 probíhaly výzkumné práce v souladu s cíli dle TA projektu.

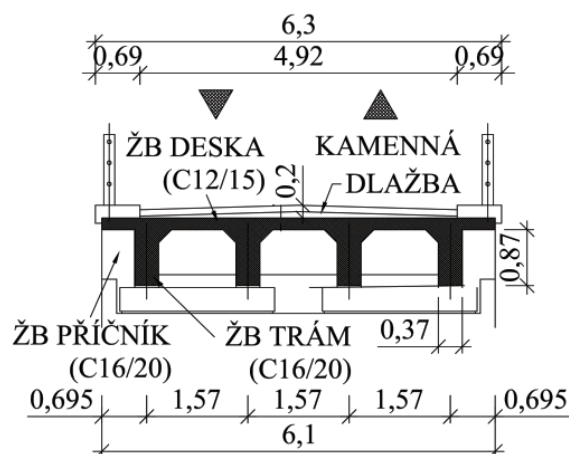
- Na sklonku 2015 byla podepsána předjednávaná smlouva o spolupráci mezi týmem VUT v Brně a TUWien. Spolupráce obou stran je zaměřena k aspektům lomu kvazikřehkých materiálů, stanovování relevantních hodnot lomově-mechanických parametrů modelů užívaných při analýzách konstrukcí, charakterizaci materiálů z ohledem na šíření porušování včetně popisu lomové procesní zóny. Spolupráce pokrývá experimentální kampaně, detailní numerické analýzy a pokročilá vyhodnocování výsledků lomových testů. Spolupráce předpokládá a přináší přípravu a publikaci dosažených vědeckých výsledků. Odpovědnými osobami spolupráce jsou prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc. na straně VUT a Dipl.-Ing. Dr. techn. Ildiko Merta, MSc. na straně TU Wien.

Dále pokračoval vývoj metodiky pravděpodobnostního posouzení. Jedná se o oblast zkoušení a stanovení materiálových parametrů betonu, statistické hodnocení výsledku zkoušek s následnými odhady charakteristických a návrhových hodnot, matematické modelování časově závislých degradačních procesů betonu vč. koroze výztuže na stochastické úrovni a oblast spolehlivostní analýzy. Původní koncept metodiky plně pravděpodobnostního posouzení stávajících betonových mostů pozemních komunikací byl doplněn o odhad zatížitelnosti mostu pro danou zbytkovou životnost ve vazbě na jeho stáří a probíhající degradační procesy betonu a koroze výztuže.

Metodika plně pravděpodobnostního posouzení byla použita při stanovení aktuální úrovně normální zatížitelnosti mostu přes Sázu před Utínem (ev.č. 03818-3) z roku 1953 a pro odhad zatížitelnosti mostu ve vazbě na jeho zbytkovou životnost 15, 30 a 40 let při stáří konstrukce 60 let. Odhad normální zatížitelnosti mostu ve vyšetřovaných časových uzlech 60 let, 75 let, 90 let a 100 let byl proveden na globální úrovni konstrukce na základě statistického hodnocení 25 virtuálních MKP simulací porušení konstrukce pro dané účinky zatížení s vektorem náhodných veličin generovaných simulační technikou Latin hypercube sampling. Hodnoty normální zatížitelnosti byly stanoveny pro požadovanou úroveň spolehlivosti odpovídající meznímu stavu únosnosti a použitelnosti, která byla dána směrnou hodnotou indexu spolehlivosti. Byly uvažovány následující směrné hodnoty indexu spolehlivosti: 3,8 resp. 3,1 pro mosty na komunikacích III. třídy pro mezní stav únosnosti a 1,5 resp. 1,3 pro mosty na komunikacích III. třídy pro mezní stavy použitelnosti pro nevratné jevy. Hodnoty normální zatížitelnosti stanovené pravděpodobnostní analýzou v jednotlivých časových uzlech jsou uvedeny na Obr. 19 a jsou získány za předpokladu, že odezva konstrukce má log-normální rozdělení pravděpodobnosti. Výsledky byly prezentovány na konferenci Mosty 2015 v Brně (Doležel a kol.).

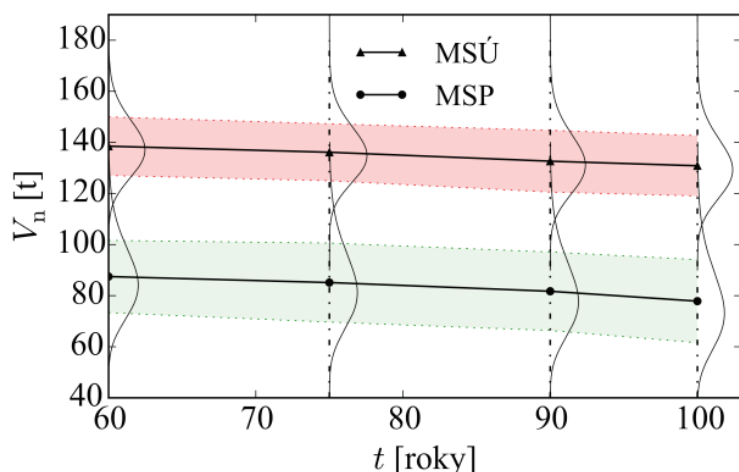
Obr. č. 18

Řešený most ev. č. 03818-3: boční pohled (vlevo), příčný řez mostem (vpravo)



Obr. č. 19

Průběh normální zatížitelnosti v čase pro mezní stav únosnosti a použitelnosti



V roce 2015 byl řešitelským týmem vytvořen podpůrný software IO-SUPPORT pro stanovení zatížitelnosti s vizualizací plně pravděpodobnostního přístupu a normových postupů. Software má dvě základní funkce (INPUTS a RESPONSE) a ty jsou zpracovány jako 2 typy záložek:

- výpočet jednotlivých neznámých vstupních veličin – záložka INPUTS (Obr. 20);
- vizualizace únosnosti stavební konstrukce na základě dat z programu FREET/SARA/ATENA – záložka RESPONSE.

Obr. č. 20
Program IO-SUPPORT – záložka INPUTS

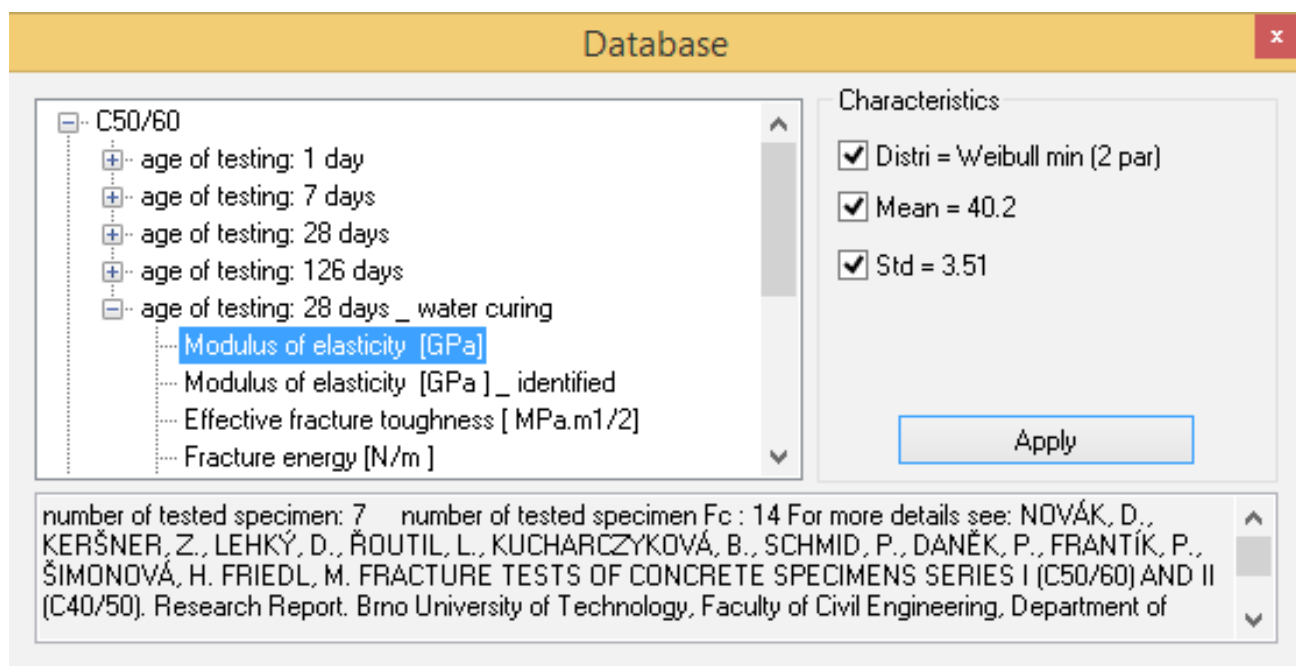


Při analýze mechanické odezvy/poškození konstrukcí z kvazikřehkých materiálů nelze zanedbat lomovou procesní zónu vznikající před čelem trhliny, která způsobuje charakteristické nelineární chování. Při tom je klíčová znalost lomově-mechanických parametrů vyšetřovaného materiálu. Stanovené lomově-mechanické parametry mohou sloužit pro kvantifikaci odolnosti proti vzniku/šíření trhliny či křehkosti/houževnatosti kompozitu, dále jako srovnávací parametr studovaných cementových kompozitů (resp. prvků/konstrukcí po zavedení dimenze zohledňující geometrické charakteristiky konstrukce) a zároveň jako součást vstupních dat do numerických modelů chování prvků/konstrukcí z kvazikřehkých materiálů (založených na metodě konečných prvků s implementovanými principy nelineární lomové mechaniky), a to na deterministické či stochastické úrovni. Podporu nastíněnému postupu má představovat databáze lomově-mechanických parametrů betonů vybraných pevnostních tříd, zpracovaná a implementovaná do prostředí softwaru FReET. Údaje zahrnuté v databázi představují výsledky rozsáhlých experimentů. Ze záznamů závislosti zatížení–posun uprostřed rozpětí trámce se zářezem byly stanoveny hodnoty lomově-mechanických parametrů. Pro stanovení vybraných parametrů (modul pružnosti, pevnost v tahu, lomová energie) byly využity i identifikační metody – v těchto případech jsou uživateli databáze nabídnuty výsledky experimentů i identifikace. Databáze je zpracována hierarchicky ve třech úrovních:

- **Úroveň 1** – Třída betonu.
 - **Úroveň 2** – Stáří betonu.
 - **Úroveň 3** – Jednotlivé parametry.

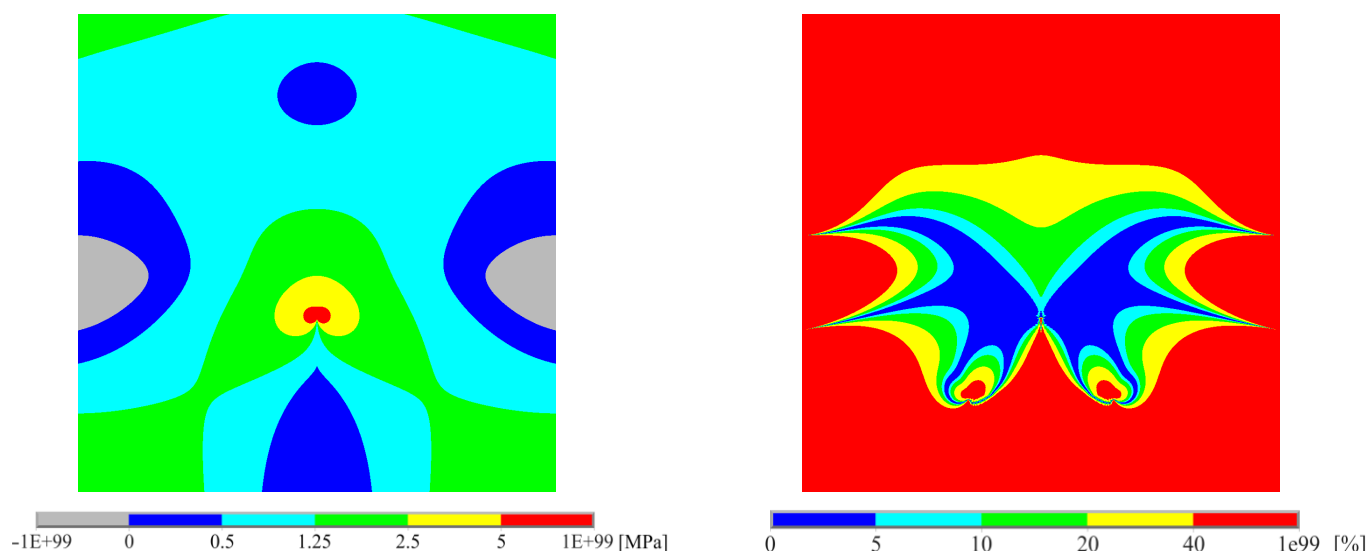
Pro každý parametr je definován vhodný model rozdělení pravděpodobnosti a základní statistické parametry, což představuje podporu při tvorbě pravděpodobnostních modelů. Vybraný náhled databáze v prostředí programu FReET ukazuje Obr. 21.

Obr. č. 21
Náhled databáze v programu FReET



Významná část výzkumné činnosti byla zaměřena na popis polí napětí a posunů v tělese s trhlinou pomocí Williamsovy řady. Tyto popisy jsou pak využity v různých typech lomově-mechanických analýz. Hodnoty koeficientů členů řady jsou určovány technikou založenou na metodě nejmenších čtverců z výsledků elastického MKP řešení. Následně jsou tyto hodnoty použity pro rekonstrukci těchto polí, avšak s uvážením pouze konečného počtu členů řady. Získávají se tak aproximace těchto polí (viz Obr. 22 vlevo, kde je vykresleno pole napětí 1, vrchol trhliny je situován do „zářezu“ v červeně vybarvené oblasti, použito je 7 členů řady), jež v blízkosti čela trhliny lze považovat za velmi přesné, se vzdalováním se od čela trhliny se přesnost aproximace snižuje (viz Obr. 22 vpravo, kde je vykreslena procentuální odchylka aproximace pole napětí 1 od MKP řešení, tento obrázek odpovídá Obr. 22 vlevo).

Obr. č. 22
Aproximace pole napětí v tělese s trhlinou pomocí Williamsovy řady (vlevo), přesnost provedení aproximace (vpravo)



Dále byla pozornost věnována numerickým simulacím lomových testů, a to z hlediska odhadu rozložení disipace energie v procesech porušování (jak lze situaci zachytit pomocí snímání akustické emise) a také určování kalibračních křivek pro stanovování lomových parametrů.

Numerická studie lomové zkoušky štípání klínem uváděná v předchozí zprávě (je z ní připravován článek v časopise s IF) byla dále rozšířena tak, aby získané výsledky mohly být použity pro sestavení doporučení pro provádění experimentů vedoucí k eliminaci negativních doprovodných jevů. Zkoumány jsou varianty testu s akcentem na vliv proporcí tělesa a typu okrajových podmínek.

Byly navrženy a vyrobeny přípravky pro umožnění provádění zkoušky štípáním klínem, což zahrnuje vlastní klín připojovaný k příčníku zkušebního lisu, příložky s ložisky vkládané do drážky zkušebního tělesa a držáky měřičů posunů nasazované na čepy ložisek na příložkách. Tyto přípravky byly vykázaný jako funkční vzorky.

Dále byla studována stabilita štíhlých ocelových konstrukcí. Pro nelineární systémy stavební mechaniky složené z více interaktivních prvků byly zpracovány stochastické výpočtové modely zaměřené na vyhotovení spolehlivostních analýz. Byly zpracovány numerické analýzy založené na metodách Monte Carlo a Latin Hypercube Sampling. Počítačové programy byly optimalizovány tak, aby výpočet koeficientů probíhal s maximálním využitím CPU. Bylo stanoveno, v jakých situacích jsou odhady parametrů nelineárních výpočtových modelů dostatečně přesné pro poskytnutí spolehlivé předpovědi selhání konstrukce. Byly filtrovány vstupní veličiny, jejichž vliv na modelový výstup je zanedbatelný. Na základě výsledků citlivostních analýz odezev modelů konstrukcí byly vytvořeny varianty stochastických výpočtových modelů, které zohledňovaly grupování definičních oborů vstupních veličin s těžejších pro spolehlivost. Spolehlivostní analýzy vyhotovené v grupovaných variantách identifikovaly a kvantifikovaly interakce náhodných veličin. Dále byl zkoumán vliv deterministických parametrů nelineárních výpočtových modelů spolu s přesností statistických charakteristik s rozhodujícím vlivem na výsledky spolehlivostní analýzy a z toho plynoucích možností zjednodušení a zrychlení odezvy výpočtových modelů založených na virtuálních simulacích.

Pokračovalo se rovněž v rozvoji numerických metod pro integraci pravděpodobnostních funkcí pomocí metody Monte-Carlo. Dříve bylo opraveno tzv. Audze-Eglajs kritérium, nyní se podařilo opravit pomocí periodického rozšíření také kritéria MaxiMin a MiniMax. Všechna tato opravená kritéria slouží k umísťování integračních bodů do jednotkové hyperkrychle. Bylo prokázáno, že vedou k výraznému zlepšení oproti dřívějším postupům. Dále byla vytvořena metodika a algoritmus, který umožňuje velmi rychle a zcela přesně vyčíslit hodnotu kritéria rovnoměrnosti pro pravidelné ortogonální gridy (rastry) bodů v jednotkové hyperkrychli libovolné dimenze. Toto je velmi důležité pro stanovení minimální hodnoty kritéria, neboť znalost minima umožňuje výrazně zlepšit konvergenci heuristických kombinatorických algoritmů, které se používají k optimalizaci stávajících návrhů.

Dále se podařilo publikovat v prestižním časopise článek zabývající se modelováním lomového porušení v betonu pomocí pravděpodobnostního diskrétního modelu. Zrna kameniva a okolní matrice jsou reprezentovány diskrétními dokonale tuhými polyhedrony. Na kontaktech polyhedronů je definován konstitutivní zákon. Parametry konstitutivního zákona jsou uvažovány jako náhodné a mění se podle realizací náhodného pole. Porovnání výsledků modelu s experimenty ukázalo výborné prediktivní schopnosti takového přístupu. Pracovníci se zaměřili na výzkum vlivu autokorelační délky náhodného pole na pevnost konstrukce nebo zkušebního tělesa. Ukazuje se, že vliv autokorelační délky se projevuje jinak u těles bez zářezu a u těles s výrazným koncentrátorem napětí. Předběžné výsledky byly prezentovány na konferenci CFRAC v Paříži.

Bylo hlouběji rozpracováno klasické téma aproximace pevnosti svazku křehkých vláken, které mají náhodné pevnosti řízeny Weibullovým rozdělením. Pracovníkům se podařilo naprogramovat unikátní algoritmus výpočtu, který umí vypočítat hodnotu distribuční funkce pevnosti svazku zcela přesně pro svazky obsahující až cca 6000 vláken. Program je unikátní, neboť využívá rekurzivního vztahu, který se bez úprav dá použít pro svazky o maximálně dvaceti vláknech. Program využívá speciálních knihoven pro velmi přesnou reprezentaci desetinných čísel (jsou zapotřebí tisíce platných číslic). Analýza rekurzivního vztahu umožnila neopakovat vyčíslení některých členů a zrychlit výpočet o mnoho řádů. S takto získanými daty o distribuční funkci pevnosti lze konstruovat aproximaci přesné distribuční funkce, která se okolo středních hodnot jeví jako normální veličina, ale chvosty rozdělení představují komplikovaný vývoj Weibullova rozdělení s proměnlivými parametry. O tomto jsou publikovány v roce 2015 dvě práce a chystá se publikace v časopise.

Významným tématem zpracovávaným v roce 2015 byla pevnost kompozitů vyztužených svazky uhlíkových vláken. Takové způsoby vyztužování se používají např. při výrobě textilního betonu. Týmu se podařilo zformulovat pokročilý mikromechanický model, který je schopen predikovat postupnou saturaci tažených těles trhlinami a s tím asociovaný vývoj síly v závislosti na protažení kompozitu. Studie chování modelu pak pomohly objasnit netriviální roli hmotnostního zastoupení vláken při tahovém porušování kvazi-duktilních kompozitů.

Dalším rozvíjeným tématem bylo řešení inverzních problémů spolehlivosti. Jedná se o úlohu stanovení tzv. návrhových parametrů prvku/konstrukce (materiálových, geometrických nebo souvisejících se zatížením či okolním prostředím) tak, aby byla zajištěna předepsaná úroveň spolehlivosti, která bývá vyjádřena pomocí ukazatelů spolehlivosti, jako jsou indexy spolehlivosti či teoretické pravděpodobnosti poruchy. Jedná se tedy o typickou inverzní úlohu, jejíž analytické řešení bývá možné většinou jen při

použití deterministické analýzy systému, a to pouze v jednoduchých případech. V ostatních případech se často postupuje metodou pokus/omyl, kdy se provede odhad návrhových parametrů (většinou na základě předem daných empirických vztahů či doporučení) a následně se vyhodnotí spolehlivost systému. Jakmile přistoupíme k plně pravděpodobnostnímu řešení úlohy, bývá hledání analytického řešení či použití metody pokus/omyl v lepším případě časově náročné a neefektivní, v horším případě pak nemožné. Zde se jeví jako nezbytné použití některé pokročilejší metody pro hledání inverzní funkce.

Byly navrženy dva různé přístupy řešení inverzní analýzy spolehlivosti – metoda založená na kombinaci umělé neuronové sítě se stratifikovanou simulační metodou Latin hypercube sampling a metoda dvousmyčkové spolehlivostní optimalizace. V obou případech byl kladen důraz na co největší efektivitu řešení z důvodu časové náročnosti prováděných nelineárních stochastických analýz. Obě metody byly aplikovány při hledání návrhových parametrů několika teoretických i praktických úloh z oblasti stavebního inženýrství. Z těch praktických se jednalo o návrh rozměrů konzolového nosníku, návrh tloušťky a vyztužení železobetonové stropní desky, návrh šroubového spoje ocelového nosníku a v případě segmentového železobetonového mostu stanovení požadované únosnosti betonu příčných a spár a povolených ztrát předpětí, a to vždy pro požadovanou úroveň spolehlivosti dle normativních předpisů. Vybrané výsledky řešení byly publikovány a prezentovány na významné mezinárodní konferenci Civil-Soft-Comp. Rovněž byla připravena rozšířená verze publikace, která je nyní v recenzním řízení v impaktovaném časopise společnosti Elsevier.

Nedílnou součástí řešení byl vývoj softwaru IRel (Inverse Reliability). Jedná se o nástroj vyvinutý v objektově orientovaném jazyce Delphi a sloužící pro automatizaci řešení časově náročných úloh inverzní analýzy spolehlivosti pomocí metody založené na umělých neuronových sítích. Celý proces řešení vyžaduje přímou komunikaci mezi spolehlivostním modulem a modulem pro práci s umělými neuronovými sítěmi. Tato komunikace je mimo jiné řízena právě navrženým programem. Jako spolehlivostní modul je využíván program pro statistickou, citlivostní a spolehlivostní analýzu FReET, vyvíjený na pracovišti řešitele. Pro práci s umělými neuronovými sítěmi lze využít některý z dostupných programů, např. software DLNNET, rovněž vyvíjený na pracovišti řešitele.

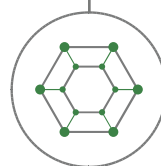
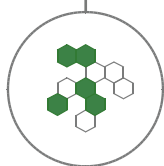
Obr. č. 23
Program IRel – výběr návrhových parametrů

The screenshot shows the IRel software interface. The top section is titled 'Probability task' and contains a sub-section 'Define model parameters in FReET'. Below this is a table with columns: Parameter, Distrib., Mean, Std, COV, Skew., and Kurt. The table lists parameters x1, x2, x3, and x4 with their respective distributions and statistical moments. The 'x3' row is highlighted. Below the table is a button 'Add selected statistical moment to identification task' and an ellipsis button '...'. The bottom section is titled 'Identification task' and contains a table with columns: Parameter, Mean, COV, a, and b. The table lists parameters std_x1, mean_x2, and mean_x3 with their respective values. To the right of this table is a button 'Delete parameter' and a text box 'Training set samples' with the value '100'.

Parameter	Distrib.	Mean	Std	COV	Skew.	Kurt.
x1	NORM	6	1	0.16666666666666666	0	0
x2	LGN2	2	0.4	0.2	0.608	0.66438656
x3	LGN2	2	0.2	0.1	0.301	0.16150601
x4	GLMV	1	0.1	0.1	1.12954709945	2.4

Parameter	Mean	COV	a	b
std_x1	1	0.14433756725	0.75	1.25
mean_x2	2	0.14433756725	1.5	2.5
mean_x3	2	0.23094010767	1.2	2.8

Dalším rozvíjeným tématem bylo využití postupů a stávajících nástrojů neurocomputing při citlivostní analýze namísto tradičních statistických metod. Konkrétně se zde využívá tzv. souboru neuronových sítí (neural network ensemble, NNE), které jsou naučeny na stejných datech nezávisle na sobě. Důvodem je zlepšení obecných vlastností náhradního modelu v porovnání s jednou samostatnou sítí. Ta vzhledem k nejistotám vstupních parametrů modelu sítě (počty vrstev, neuronů, náhodná inicializace vah a prahových hodnot atd.) může vykazovat určitou nestabilitu, která se následně projeví na přesnosti hodnot citlivostních koeficientů.



7. Závěr

Budování výzkumného Centra AdMaS bylo po čtyřech letech úspěšně dokončeno k datu 31. 12. 2014. Centrum má za sebou první rok plného provozu v novém areálu na adrese Purkyňova 139, Brno. V roce 2014 centrum získalo z Národního programu udržitelnosti pětiletý grant ve výši 143 mil. Kč. V létě roku 2015 centrum uspělo ve výzvě na dodatečné přístrojové vybavení z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace. Projekt „Admas – posílení výzkumných kapacit“ se s dosaženými 95 body z 26 posuzovaných umístil na 1. - 4. místě z hlediska věcného hodnocení. Celkový objem získaných prostředků činil 27,5 milionu korun.

V roce 2015 došlo k naplnění všech monitorovacích indikátorů a prakticky ve všech případech k přeplnění ročních plánovaných hodnot.

Počet projektů smluvního výzkumu: 281

Počet VaV projektů: 64

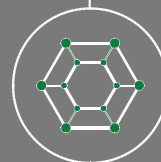
Celkový příjem z komerční činnosti: 48 879 tis. Kč.

Z toho příjem ze smluvního výzkumu: 36 394 tis. Kč.

Příjem z nekomerční činnosti: 193 212 tis. Kč.

Celkový příjem centra: 242 091 tis. Kč.

Nejvýznamnějšími partnery z oblasti aplikační sféry bylo v segmentu dopravních staveb Ředitelství silnic a dálnic, Správa železniční dopravní cesty a vybrané regionální správy a údržby silnic. Centrum úspěšně rozvinulo spolupráci v oblasti geoinformatiky s významnou německou geodetickou společností Hansa Luftbild AG. V oblasti materiálového výzkumu patří mezi klíčové partnery centra společnost Robert Bosch, spol. s r.o. a společnost Redrock Construction s.r.o. Pro budoucnost zajímavou referenční zakázkou kolektivu výzkumného centra bylo zpracování komplexního vyhodnocení efektivnosti veřejných investic do rozvoje infrastruktury vodních cest vhodných pro nákladní vnitrozemskou dopravu v ČR. Obecně došlo k významnému rozvoji spolupráce s aplikační sférou a znásobením obrátu centra v oblasti smluvního výzkumu. Pozitivním jevem je, že smluvní výzkum probíhá ve všech oblastech zaměření výzkumného centra a jednotlivé projekty se vztahují k řadě zákazníků. Prosperita centra tak není spojena s několika klíčovými partnery, ale činnosti jsou diverzifikovány.



AdMaS

POKROČILÉ STAVEBNÍ MATERIÁLY,
KONSTRUKCE A TECHNOLOGIE



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA
TECHNICKÉ STAVEBNÍ
V BRNĚ

Centrum AdMaS
Vysoké učení technické v Brně
Fakulta stavební
Purkyňova 139
612 00 Brno

www.admas.eu
admas@fce.vutbr.cz
telefon: +420 541 148 011
GPS 49°14'07.5"N 16°34'19.4"E