

Наслов: Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема

Евиденциони број: ТР - 32036

Руководилац: Др Мирослав Живковић, ред. проф., Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу

Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Сестре Јањић 6
34000 Крагујевац
тел: +381 34 300790
факс: +381 34 300786
моб: +381 69 8288777

НИО координатор: 200107 Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу

НИО учесници: 200155 Факултет техничких наука у Косовској Митровици

Организације корисници-партиципанти:

1. ИЦ Инжењеринг д.о.о.
2. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“

Број месеци истраживача: 166

Трајање пројекта: 2011-2018

Обавезе дефинисане Уговором о реализацији пројекта за 2017. годину (у даљем тексту: Уговор)

1. Кратак приказ предмета, садржаја и циљева истраживања (Прилог.1 Уговора)

Циљ пројекта је да се развије домаћи комерцијални софтвер PAK-Multiphysics за решавање спрегнутих мултифизичких проблема на нивоу светски познатих софтвера као што су ABAQUS, ADINA, ANSYS, NASTRAN и др. Развијен софтвер ће бити присутан на домаћем и иностраном тржишту софтвера и моћи ће успешно да се примењује у решавању практичних проблема у индустрији, као и у даљем истраживачком раду и у настави на техничким факултетима у земљи и иностранству. Развијени софтвер ће имати упуство за коришћење и велики број детаљно урађених верификационих примера који покривају све типове коначних елемената и све врсте анализа.

Мултифизички проблеми се могу дефинисати као блиска интеракција у континууму између више физичких поља која припадају различитим научним дисциплинама. Примена софтвера за решавање мултифизичких проблема постала је неопходна у више грана индустрије укључујући аутомобилску, грађевинску, авионску, електронску, телекомуникациону, фармацеутску, биомедицинску итд. Због ограничења које имају поједини програмски модули у решавању сложених спрегнутих проблема, последњих година се појавила потреба за наглим развојем верзија софтвера за мултифизичке проблеме. У складу са савременим светским трендовима и потребама наших корисника у индустрији и на универзитетима у земљи и иностранству, планиран је развој верзије софтверског система за решавање спрегнутих мултифизичких проблема, који ће се звати PAK-Multiphysics. Комплетна истраживања и предвиђене активности пројекта реализоваће се у периоду трајања пројекта у оквиру 7 фаза, од чега је у претходној години била предвиђена реализација 5 фаза кроз укупно 12 активности.

2. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ СОЛИДА. Предвиђено је унапређење материјалног модела бетона ради пружања информација неопходних за анализу конструкција (удаљење од површи течења). Предвиђено је дефинисање и унапређење материјалног модела за понашање полимерних материјала са својством памћења облика у поређењу са предложеним постојећим конститутивним моделима. Планирана је примена 1Д модела за анализу експерименталних резултата и развој софтвера који може да послужи за тестирање и верификацију модела. На основу развијеног 1Д модела планиран је даљи развој којим би се решавали 2Д и 3Д проблеми.

3. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ ФЛУИДА. Наставиће се са имплементацијом модула за турбулентно струјање у програм за рачунску механику флуида. Тестирање и верификација развијеног турбулентног модула биће извршена анализом већег броја нумеричких тест примера који треба да покажу основне карактеристике турбулентног струјања. Развијени турбулентни модел ће бити примењен у симулацији струјања крви на реалном 3Д моделу артеријске бифуркације са стенозама.

5. СПРЕЗАЊЕ И ПАРАЛЕЛИЗАЦИЈА ПОЈЕДИНИХ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА. Предвиђено је повезивање експлицитне верзије софтвера PAK-Multiphysics са експлицитним безмрежним методама (енг. Meshless Continuum Mechanics - MCM) и солвером за глатку честичну хидродинамику (енг. Smoothed Particle Hydrodynamics - SPH). Карактеристике овог повезивања биће упоређене са карактеристикама везе између имплицитне верзије софтвера PAK-Multiphysics са MCM солвером. Планиран је развој софтвера који ће омогућити предвиђање понашања ФГ плоча за случајеве линеарне и нелинеарне статичке и линеарне динамичке анализе. Очекује се да резултати, добијени применом развијене и имплементиране 2Д смицајне деформационе теорије вишег реда дају тачност као 3Д еластична теорија, а у циљу смањења рачунарских трошкова и повећања ефикасности анализе.

6. ИНДУСТИЈСКА ПРИМЕНА. У свим фазама развоја, софтвер PAK-Multiphysics биће тестиран и верификован на многим тест примерима који се могу наћи у литератури, као и у корисничким упутствима са примерима које имају сви познати светски софтвери из ове области. У току реализације пројекта, развијени модули софтвера PAK-Multiphysics превасходно ће се примењивати за потребе свих партиципаната пројекта, као и других потенцијалних корисника у земљи и у свету. Предвиђена је примена развијених спрегнутих

софтверских модула и њихова верификација на решавању 5 реалних мултифизичких проблема за потребе партиципаната пројекта.

7. МЕНАЏМЕНТ ПРОЈЕКТА. У току целокупне реализације пројекта и развоја софтвера PAK-Multiphysic, предвиђена је и фаза која ће обухватати активности везане за технички и административни менаџмент пројекта, дисеминацију резултата и одрживост.

Планиран је завршетак једне докторске дисертације, као и почетак израде нових докторских дисертација што је од изузетног значаја за развој науке у Србији. Предвиђено је публиковање радова у водећим светским часописима, а многи други резултати пројекта биће саопштени на више међународних скупова.

2. Циљ истраживања (Прилог.1 Уговора)

Циљ истраживања је да се развије софтверски систем PAK-Multiphysics за решавање спрегнутих мултифизичких проблема, развијен до нивоа водећих светских софтвера у овој области. Да би се то остварило неопходно је да се реализују следеће активности: развој софтверских концепата за спрезање софтверских модула директног приступа; реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике солида; реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике флуида; спрезање и паралелизација појединих софтверских модула, спрезање струјања флуида-пренос масе; индустријска примена развијеног софтвера у решавању практичних проблема партиципаната.

3. Фазе и активности истраживања (Прилог.1 Уговора)

Фаза 2: Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике солида

Активност 1: Развој материјалног модела бетона са оштећењем

Активност 2: Развој материјалног модела полимерних материјала са својством памћења облика

Фаза 3: Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике флуида

Активност 3: Развој и имплементација модула за турбулентно струјање флуида

Фаза 5: Спрезање и паралелизација појединих софтверских модула

Активност 4: Адаптација експлицитне верзије софтвера PAK-Multiphysics и повезивање са експлицитним MCM-СПХ солвером

Активност 5: Развој софтвера за предвиђање понашања ФГ плоча за случајеве линеарне и нелинеарне статичке и линеарне динамичке анализе

Фаза 6: Индустријска примена

Активност 6: Анализа стабилности бране хидроелектране Ђердап I

Активност 7: Развој методологије за експериментално одређивање параметара Johnson-Cook материјалног модела

Активност 8: Израда корисничке документације, са упутством за употребу развијеног програма PAK-Multiphysics, са верификационим примерима

Активност 9: Испитивање механичких карактеристика челика повећане чврстоће и заварених спојева који су изложени великим ударним оптерећењима

Фаза 7: Менаџмент пројекта

Активност 10: Технички и административни менаџмент

Активност 11: Промоција резултата пројекта

Активност 12: WEB сервис

Реализација обавеза дефинисаних Уговором

У седмој години истраживања реализоване су све обавезе дефинисане Уговором, дате у поглављу 1. Настављен је рад на реинжењерингу и развоју софтвера у области рачунске механике солида и рачунске механике флуида. Сви развијени програмски модули и софтверски систем верификовани су и поређени са резултатима експеримената, публикованим резултатима и резултатима других водећих софтвера у свету из ове области, као што су ABAQUS, ADINA, ANSYS, COMSOL, NASTRAN и други. Комплетан развој

софтвера је праћен пропратном документацијом са свим потребним упутствима на енглеском и српском језику. Развијени и спрегнути РАК модули се успешно примењују за решавање реалних проблема у индустрији, као и за едукацију и истраживање. Корисницима софтвера се пружа потпуна подршка у обуци, одржавању и прилагођавању софтвера специјализованим захтевима.

У Табели 2.1 наведени су предвиђени и остварени резултати на пројекту у периоду за који се подноси извештај. Очигледно је да је знатно већи број резултата остварен него што је планиран. Тренутно је на пројекту ангажовано тринаест студента докторских студија, чије су докторске дисертације директно везане за реализацију пројекта. У току шесте године истраживања три докторанта су успешно одбранила своје докторске дисертације, док је четворици одобрена израда докторске дисертације.

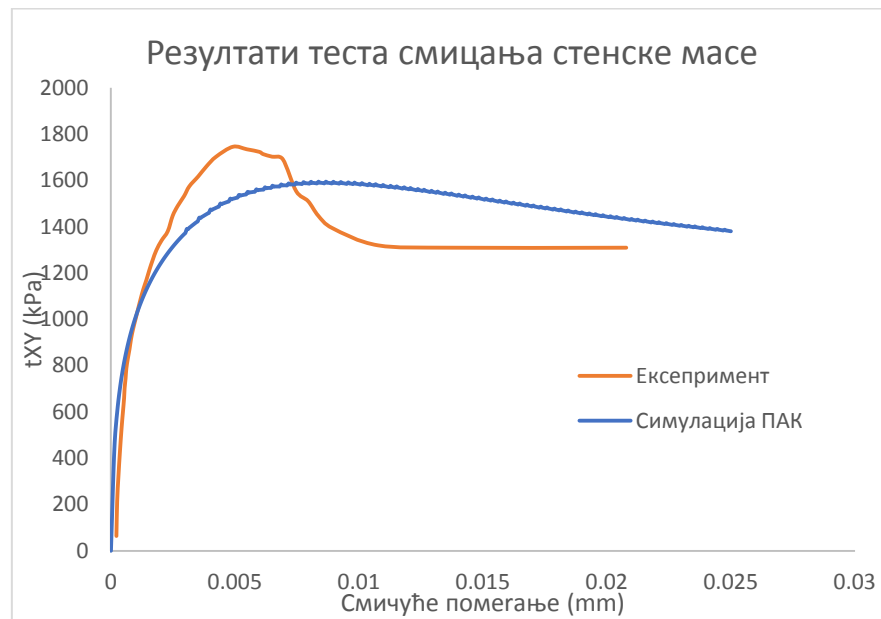
Табела 2.1. Предвиђени и остварени резултати у шестој години истраживања

Шифра	Врста резултата	Предвиђено	Остварено
M21	Рад у врхунском међународном часопису		
M22	Рад у истакнутом међународном часопису		1
M23	Рад у међународном часопису		3
M24	Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком		
M33	Саопштење са међународног скупа штампано у целини	14	16
M51	Рад у водећем часопису националног значаја		2
M52	Рад у часопису националног значаја		4
M63	Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини		
M71	Одбрањена докторска дисертација		1
M85	Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми (уз доказ)		
Укупно		14	27

1. Конкретан опис резултата пројекта, по активностима и фазама, који су остварени у извештајном периоду (до 15 страница), са упоређењем са обавезама и резултатима дефинисаним Уговором.

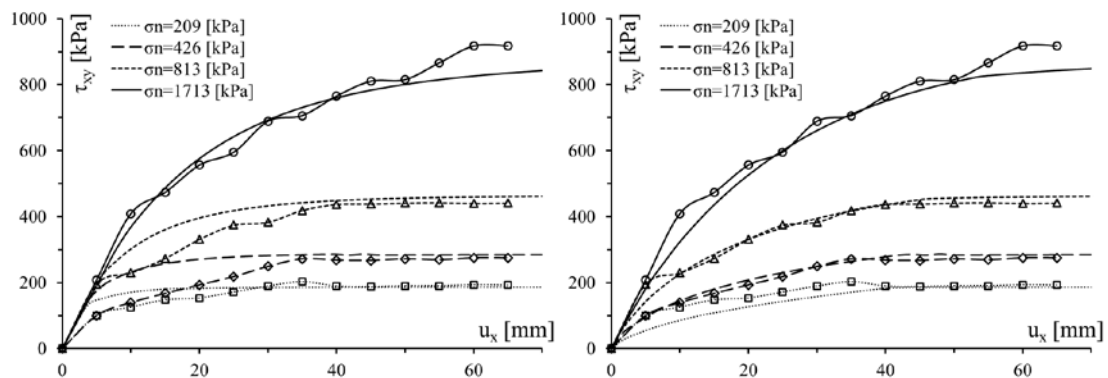
Фаза 2: Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике солида

У оквиру фазе 2 активност 1 настављен је даљи развој материјалног модела бетона и његово прилагођавање за анализу механичког понашања стенске масе. Развијени модел бетона са оштећењем, имплементиран у софтвер PAK-Multiphysics, је верфикован поређењем са тест примерима из литературе. У оквиру ове фазе пројекта испитивана је његова могућност примене за прорачуне великих инфраструктурних објеката као што су бране. У литератури је анализирана могућност примене сличних модела и њихови недостаци, па је имплементирани модел бетона заснован на радовима Lee-а и Lubliner-а тестиран на сегменту бране који је експериментално анализиран у литератури. Развијени модел бетона са оштећењем је тренутно у фази испитивања његове примене за анализу понашања стенске масе.



Слика 1. Резултати теста смицања стенске масе

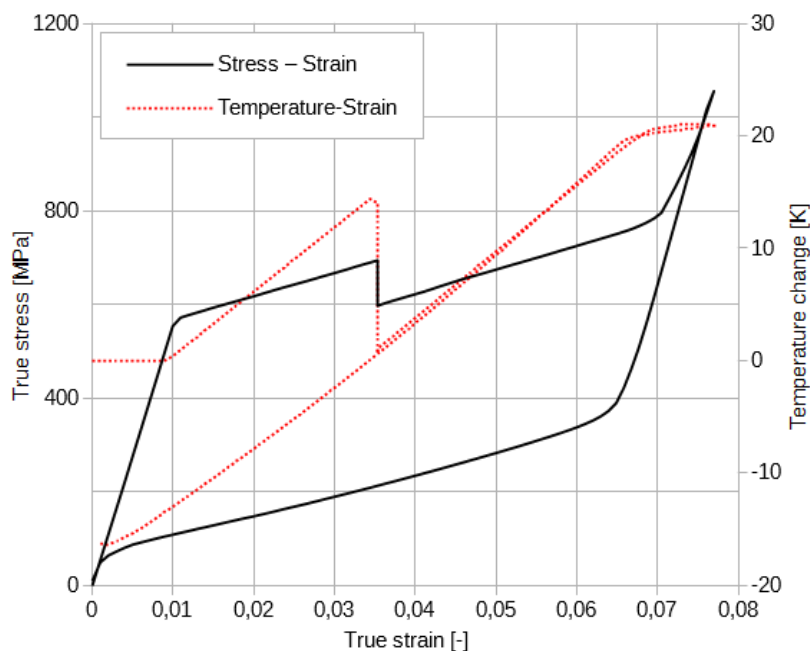
У оквиру фазе 2, активност 1, поред материјалног модела бетона са оштећењем, развијен је и имплементиран материјални модел са деформационим ојачањем, заснован на Mohr-Coulomb услову лома. Модел је развијен применом теорије инкременталне пластичности и методе водећег параметра. Површ течења модела је дефинисана применом параметара Mohr-Coulomb модела као и додатних параметара којима је описано ојачање материјала. Материјални модел је имплементиран у програм PAK-Multiphysics и извршена је његова верификација.



Слика 2. Тест директног смицања применом: а) Mohr-Coulomb модела и б) модела са ојачањем

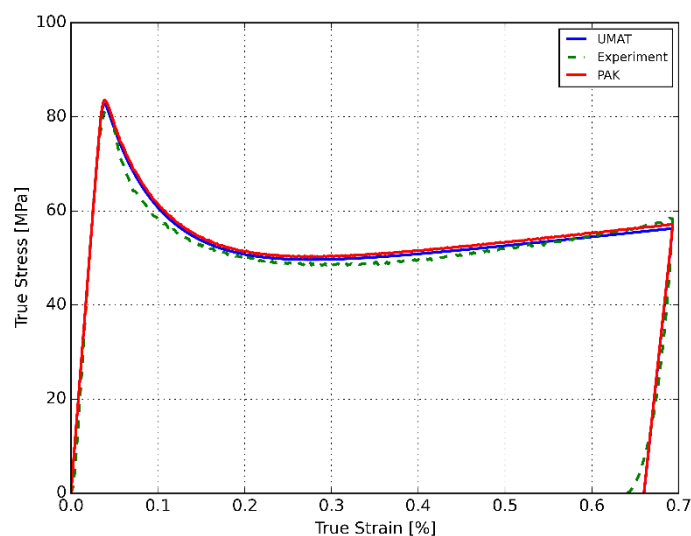
У оквиру ове активности публикована су 2 рада категорије M33.

У оквиру фазе 2, активност 2 разматран је феномен релаксације напона код материјала са својством памћења облика. Феномен релаксације напона је анализиран коришћењем термо-механичке спреге у софтверу PAK-Multiphysics, и материјалног модела за легуре са својством памћења облика и резултати су верификовани поређењем са експерименталним резултатима у сарадњи са истраживачима са Института за основна технолошка истраживања, Пољске академије наука у Варшави. Промена латентне топлоте је повезана са уделом мартензита у запремини елемента. Испитиван је узорак облика траке тако што је изведено једносоно оптерећење при чему је контролисана брзина деформације контролом померања. У току оптерећења, оптерећење је заустављено на период од 3 минута, у фази мартензитне трансформације. Нумеричком симулацијом коришћењем ове врсте термо-механичке спреге је успешно симулиран овај ефекат значајне промене напона током паузе у оптерећењу који је узрокован мартензитном трансформацијом. Публикована су два рада категорија M33 и M51.



Слика 3. Зависност напон-деформација и промена температуре - деформација

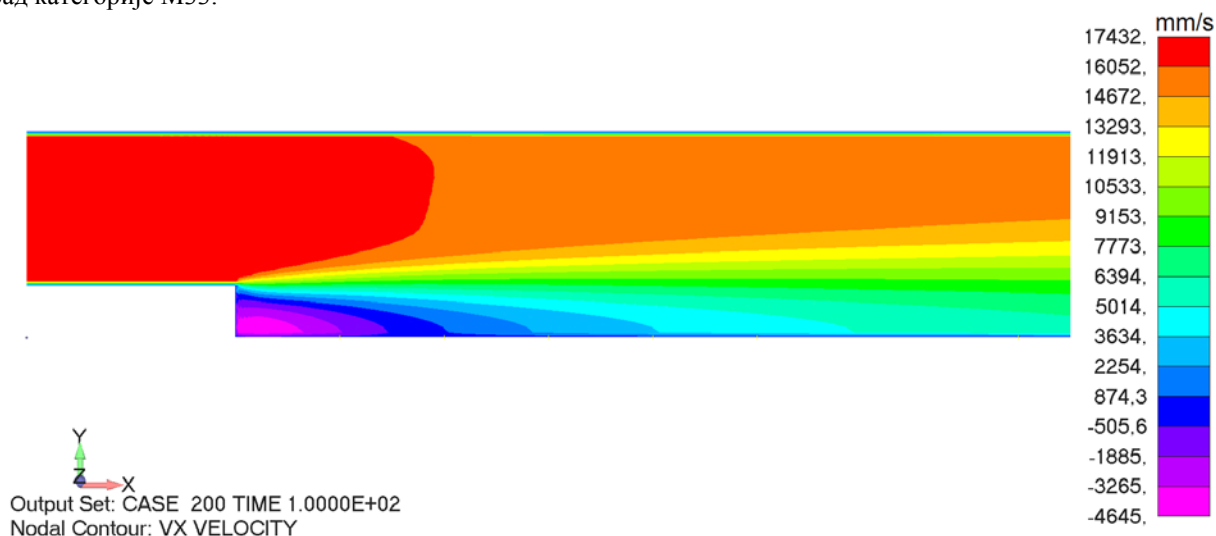
У оквиру фазе 2 активност 3 у току 2017. године је на основу обављених експерименталних мерења вршена калибрација материјалних параметара за материјални модел ПЛА полимера. Калибрација се одвијала на два нивоа: добијени иницијални параметри на основу мерења имплементирани су у унапред развијен 1Д модел у програмском језику python како би се постигло што веће кориговање према експериментима а затим је у комерцијалном софтверу MCalibration обављено финије подешавање параметара. Као основа за развој материјалног модела узет је познати модел паралелних мрежа са припадајућим мрежним елементима на бази добијеног понашања материјала. Материјални модел састоји се од три паралелне мрежне гране, које су описане одговарајућим материјалним параметрима и одговарају различитим фазама понашања материјала (еластична грана – еластични одзив, вискозна грана – омекшавање и течење, хипереластична – фаза ојачавања материјала). Калибрисан материјални модел имплементиран је и верификован у софтверском пакету PAK Multiphysics. Модел на задовољавајући начин опонаша понашање материјала у условима различитих брзина деформације и температура.



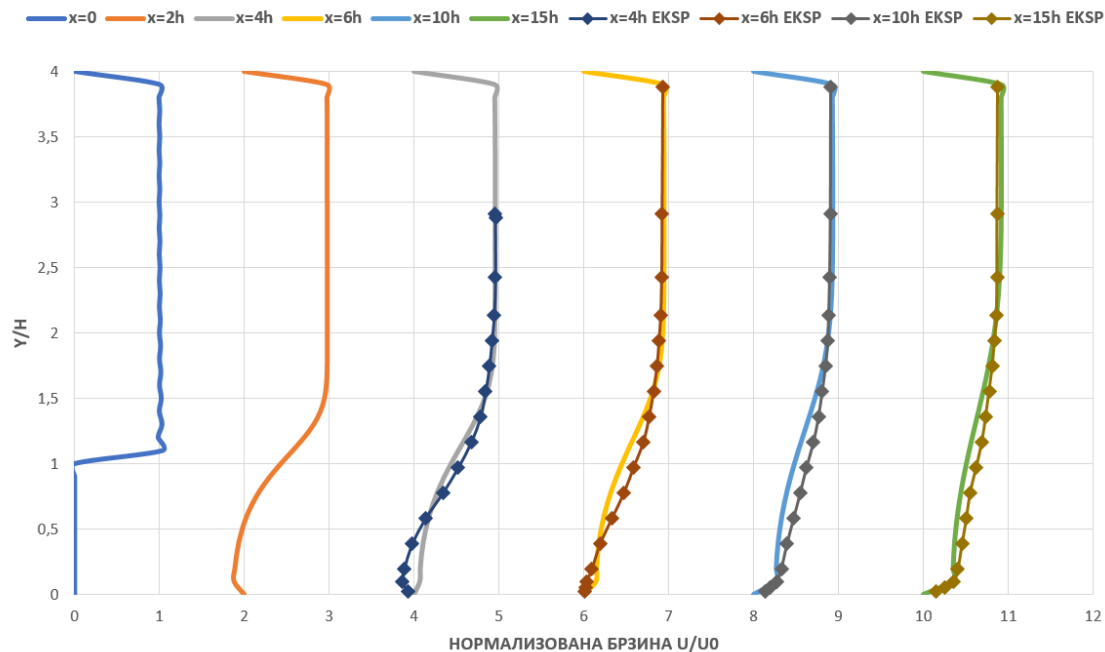
Слика 4. Поређење експерименталних резултата и резултата материјалног модела у софтверу PAK Multiphysics

Фаза 3: Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике флуида

У оквиру фазе 3, активност 3 развој и имплементација модула за турбулентно струјање флуида извршено је тестирање имплементираног k - ω турбулентног модела на више верификационих примера. У поређењу са резултатима из литературе уочено је да развијени модел има добра поклапања са резултатима из литературе. Модел је верификован за више вредности Рејнолдсовог броја које иду до 100000. Публикован је рад категорије M33.



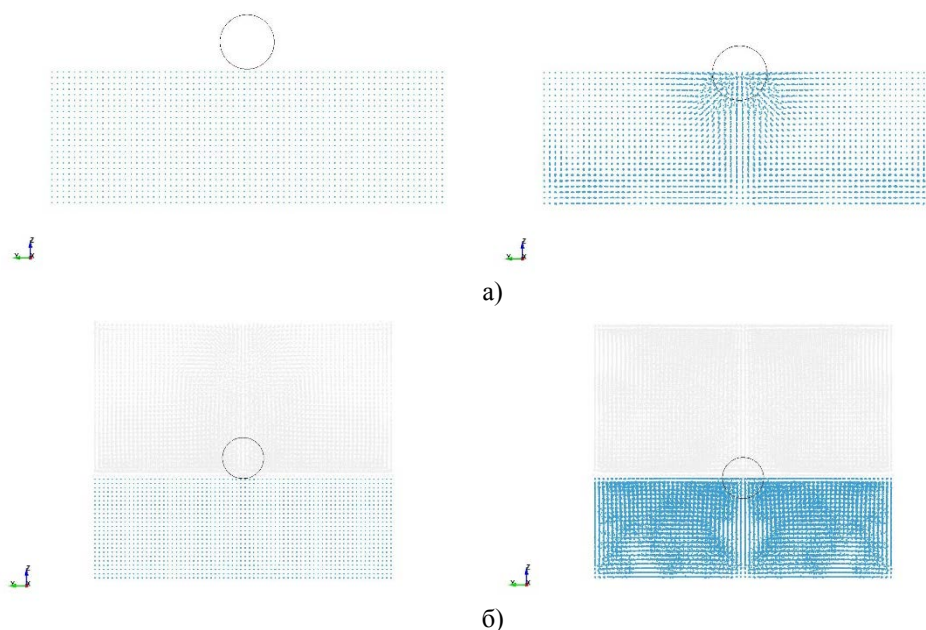
Слика 5. Расподела брзине струјања флуида у каналу са степеником, $k - \omega$ турбулентни модел, мрежа од 7600 елемената, солвер PAK-F



Слика 6. Дијаграм брзине струјања флуида за различите додирне дужине после степеника X_r , $k-\omega$ турбулентни модел, поређење са литературом Jovic, Driver

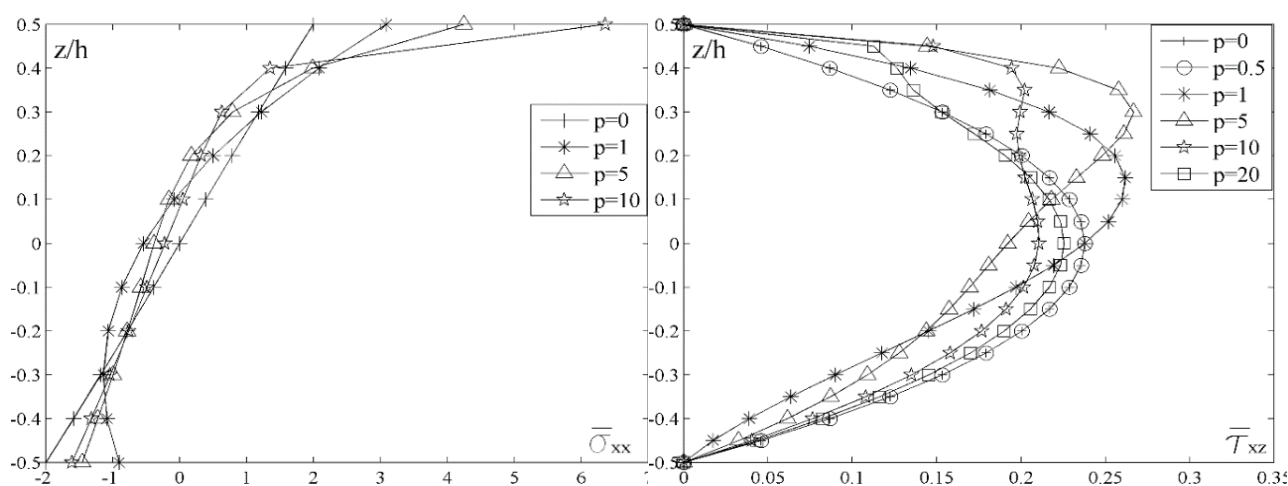
Фаза 5: Спрезање и паралелизација појединих софтверских модула

У оквиру фазе 5, активност 4 анализиран је „drop“ тест нумеричким прорачунима који користе везу СПХ и МКЕ методе. Анализиран је пад металног цилиндра у воду са и без утицаја ваздуха. Занемаривање утицаја ваздуха доводи до знатне апроксимације приликом прорачуна јер отпор ваздуха успорава пад цилиндра, ваздух који се налази у цилиндру успорава пуњење цилиндра водом, а мехурићи ваздуха који се прилепе за цилиндар чине да цилиндар спорије тоне. Имајући то у виду, анализиран је утицај интеракције два флуида различите густине (воде и ваздуха) као и утицај параметара контакта између цилиндра и оба флуида да би се добило што реалније понашање модела. У наставку пројекта предвиђен је даљи развој, адаптација и проширивање контактнoг алгоритма са циљем да софтвер PAK Multiphysics добије све опције неопходне за реалну симулацију различитих врста „drop“ тестова.

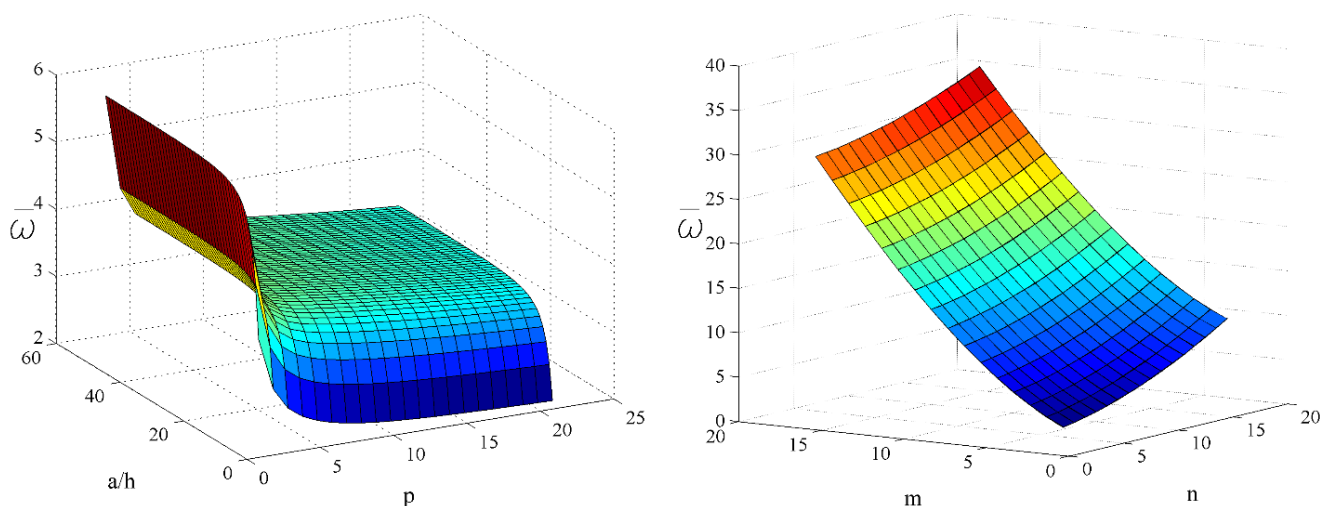


Слика 7. „Drop“ тест а) без узимања у обзир утицаја ваздуха, б) са узимањем у обзир утицаја ваздуха у тренуцима удара цилиндра о површину и када је половина цилиндра потопљена

Фаза 5, активност 5 је реализована у оквиру докторске дисертације. У оквиру фазе 5, активност 5 развијен је софтвер који омогућава предвиђање понашања функционално градијентних (ФГ) плоча за случајеве линеарне и нелинеарне статичке и линеарне динамичке анализе. Развијена је и имплементирана 2Д смицајна деформациона теорија вишег реда (HSDT) заснована на функцијама облика, која за разлику од класичне теорије плоча не занемарује ефекат смицајних деформација по дебљини плоче. Верификација имплементираног модела извршена је тестирањем на различитим примерима линеарне и нелинеарне статичке и линеарне динамичке анализе. Анализиран је утицај процентног удела метал и керамика конституената на понашање ФГ плоча за случај статичке анализе савијања и извијања (Слика 8.), као и динамичке анализе сопствених вибрација. (Слика 9.). Поређење добијених резултата извршено је са резултатима добијеним 3Д теоријом еластичности континуума, на основу чега се дошло до закључка да је могуће потпуно адекватно, са задовољавајућом тачношћу резултата користити HSDT теорије засноване на функцијама облика уместо, математички знатно комплекснијих и хардверски захтевнијих, 3Д теорија.



Слика 8. Распдела нормализованих вредности нормалног $\bar{\sigma}_{xx}$ и смицајног $\bar{\tau}_{xz}$ напона по дебљини квадратне ФГ плоче изложене савијању, при различитим вредностима удела конституената (индекса p)



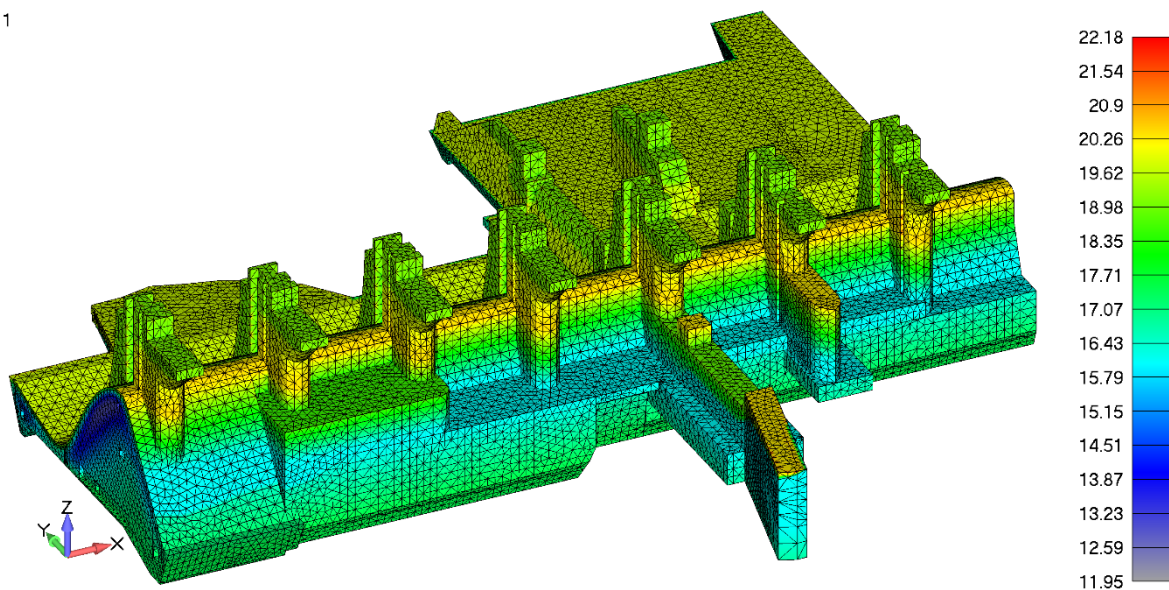
Слика 9. Дијаграми нормализованих вредности сопствених фреквенција $\bar{\omega}$ ФГ плоча за различите вредности полуталаса m и n , односа a/h и вредности удела конституената (индекса p)

Фаза 6: Индуријска примена

У оквиру фазе 6, активност 6 спроведена је калибрација филтрационог модела преливне бране ХЕ Ђердап 1. Такође је спроведена калибрација термичких процеса на преливној брани, у оквиру кога је анализирано нестационарно провођење топлоте (Слика 10). За калибрацију су коришћене мерене вредности нивоа подземне воде, протока, порних притисака и температуре. Након извршене калибрације филтрационоих и термичких процеса на брани, спроведене су поновљене анализе чврстоће за различите прорачунске

ситуације где су укључене нове филтрационе силе и термичка оптерећења добијена калибрацијом. Поновљена спрегнута анализа је спроведена применом материјалног модела бетона са оштећењима. За овако дефинисан модел спроведена је анализа постојећег стања објекта, односно израчунати су степени сигурности за све прорачунске ситуације. Публикован је рад категорије M33.

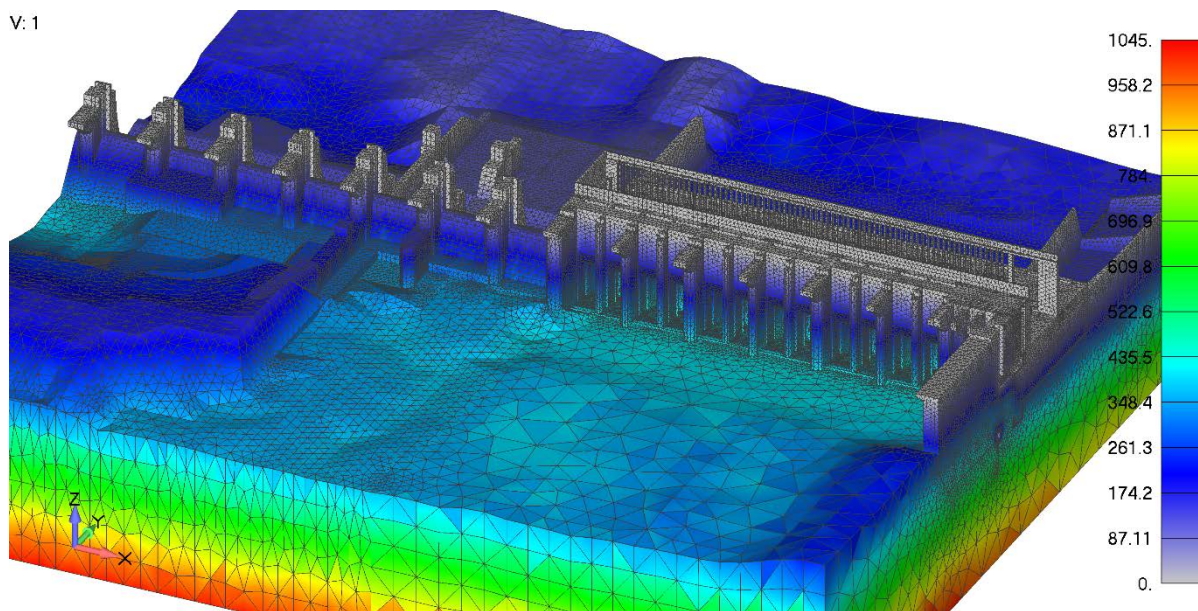
V: 1



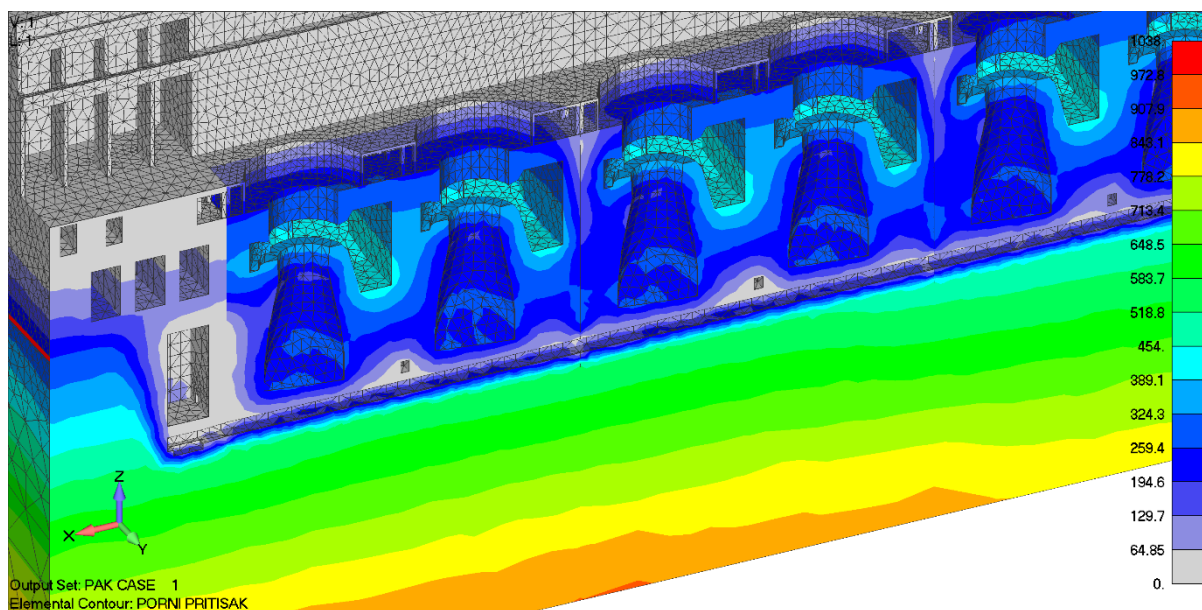
Слика 10. Поље температуре

У оквиру исте активности спроведена је анализа филтрације на интегралном МКЕ моделу преливне бране и електране ХЕ „Бердап 1“. Анализирани МКЕ модел обухвата домен преливног дела бране од 14 ламела са електраном и припадајућом стенском масом (Слика 11. и Слика 12.).

V: 1

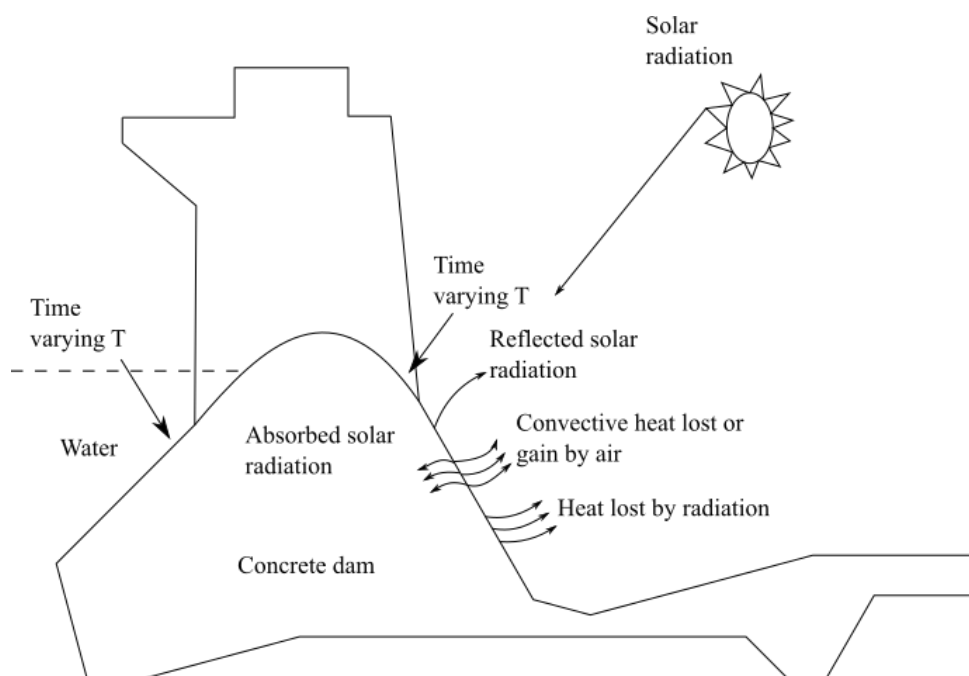


Слика 11. Поље порног притиска у моделу



Слика 12. Поље порног притиска у електрани

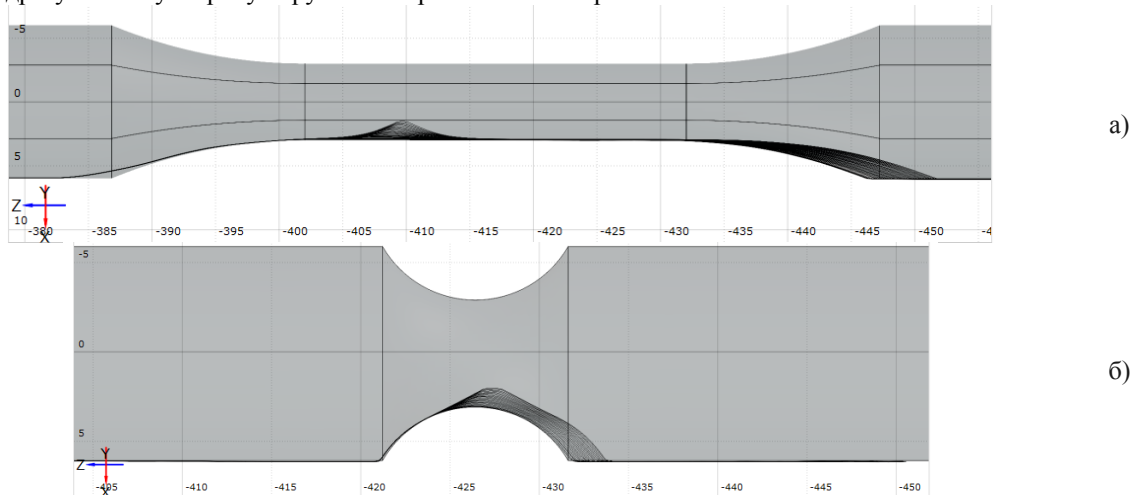
У оквиру ове активности је развијена методологија калибрације термичког нумеричког модела гравитационе бране. Материјални параметри се могу добити на основу експертског искуства или експерименталне идентификације, али врло често параметри добијени на тај начин одступају од реалних вредности. То може утицати на неодговарајуће резултате и велика одступања између измерених и прорачунатих вредности. Прописана методологија се састоји од неколико корака: 1) модел бране је потребно поделити на мање делове (ламеле) на којима постоје најбољи измерени подаци, 2) испитивање сензитивности параметара и њиховог утицаја на нумеричку анализу 3) калибрација коришћењем интелигентних метода (вештачке неуронске мреже, генетички алгоритми, итд) и 4) верификација резултата поређењем експерименталних мерења са прорачунатим вредностима целе конструкције. Резултати ове активности су публиковани у раду категорије M33.



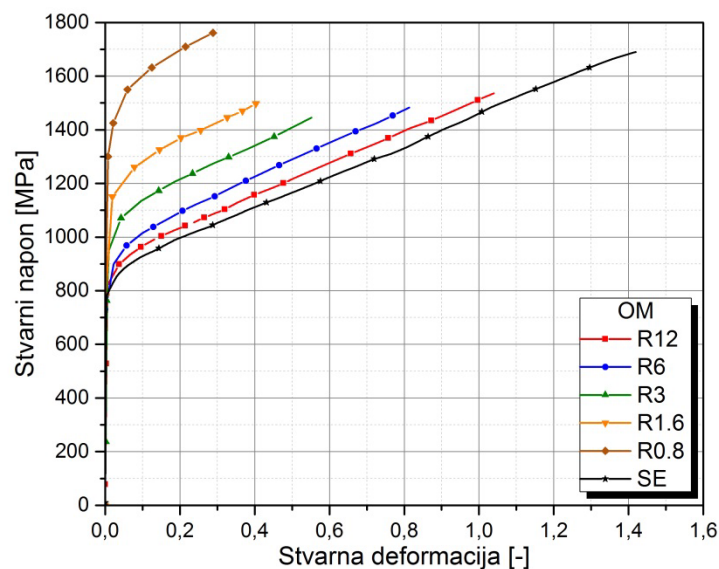
Слика 13. Шема граничних услова сегмента модела бране

У оквиру фазе 6, активност 7 развијена је методологија за експериментално одређивање параметара Johnson-Cook материјалног модела у Центру за Инжењерски софтвер и динамичка испитивања Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Развијена методологија је укључила употребу сервохидрауличке кидалице SHIMADZU са пратећом опремом, 3Д оптички мерни систем ATOS и

Хопкинсонов штап. Методологијом је обухваћено одређивање параметара ојачања и параметара оштећења. Употребом 3Д оптичког мерног система током процеса затезања епрувета на кидалици, Слика 14, успешно је одређена стварна крива течења за челик STRENGTH700, Слика 15. Одређивање параметара оштећења је подразумевало употребу епрувета са променљивим зарезом.



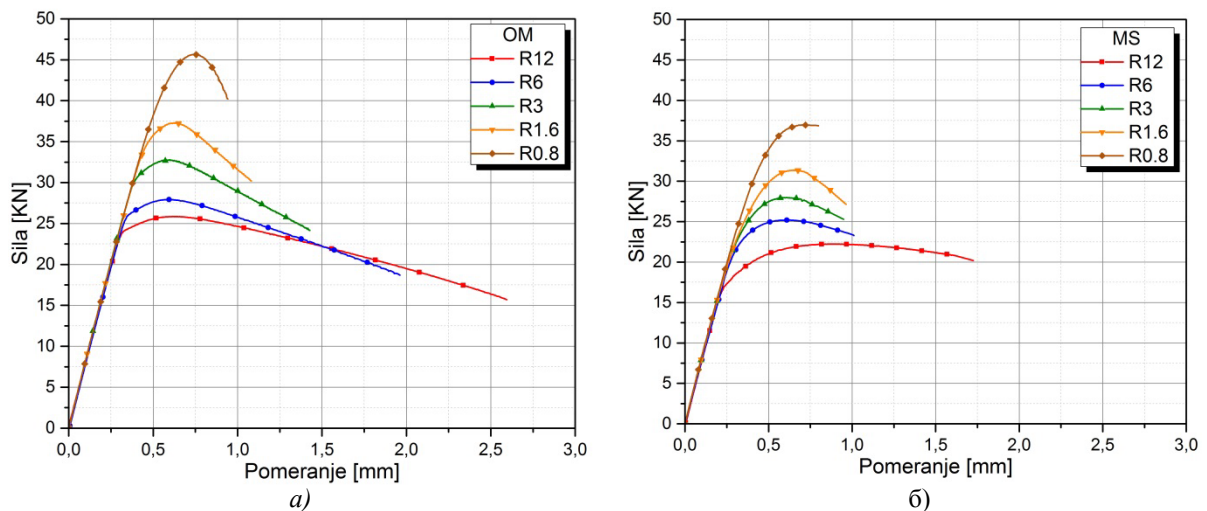
Слика 14. Резултати скенирања током затезања: а) осноцилиндричне епрувета, б) епрувета са зарезом



Слика 15. Стварне криве течења за осноцилиндричне епрувете и епрувете са променљивим зарезом

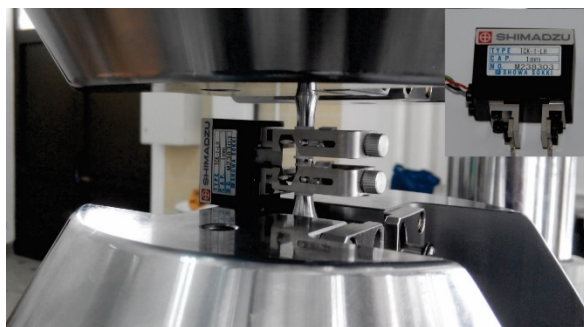
У оквиру фазе 6, активност 8 израђена је корисничка документација са детаљним упутством за употребу развијеног софтвера у области рачунске механике солида, са више верификационих примера. У оквиру ове документације нумеричка решења су поређена са теоријским решењима као и са решењима добијеним применом других софтвера. Корисничка упутства детаљно описују структуру улазних фајлова за прорачун солида, на основу којих корисник може да врши измене у улазним подацима, као и детаљна упутства за опис структуре излазних фајлова.

У оквиру фазе 6, активност 9 извршена су почетна испитивања механичких карактеристика челика повећане чврстоће и заварених спојева који су изложени великим ударним оптерећењима. У Центру за инжењерски софтвер и динамичка испитивања Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на сервохидрауличној кидалици SHIMADZU одређене су криве течења челика повећане чврстоће, STRENGTH700, на епруветама од основног материјала и са завареним спојем. Резултати испитивања су приказани на слици 16. Планирана су даља испитивања челика STRENGTH700 на повишеним температурама и при различитим брзинама деформације на сервохидрауличној кидалици SHIMADZU, као и при великим брзинама деформације на Хопкинсоновом штапу.



Слика 16. Упоредни приказ зависности силе затезања од хода покретне главе за епрувете са зарезом: а) од основног материјала (ОМ), б) епрувете са завареним спојем (ЗС)

У оквиру фазе 6, за потребе вагонске индустрије извршена је процена радног века водеће вилице Нсстгс ауто вагона изложене нискоцикличном замору. На основу претходно развијене експерименталне и нумеричке методологије одређене су заморне карактеристике материјала S355J2+N у условима контролисаних деформација при једноосном чисто наизменичном променљивом оптерећењу (Слика 17.). За најнеповољнији случај оптерећења у условима експлоатације одређено је поље пластичне деформације разматраног облика водеће вилице. На основу максималне вредности пластичне деформације и експериментално добијене криве зависности пластична деформација – број циклуса до отказа одређен је животни век водеће вилице Нсстгс ауто вагона изложене нискоцикличном замору (Слика 18.). Резултати ове активности публиковане су у два рада категорије М33.

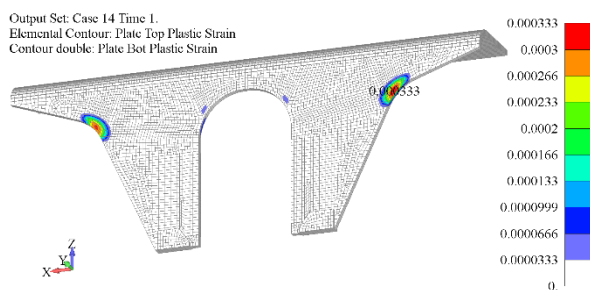


а)

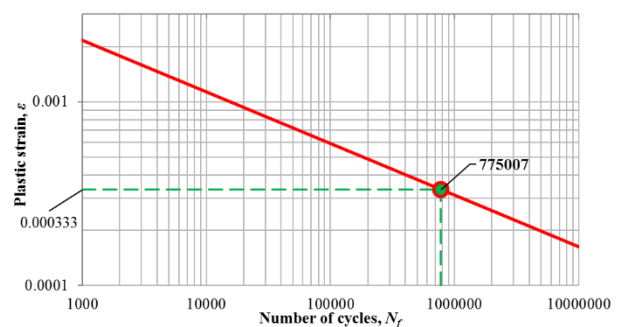
Величина	Вредност
Коефицијент циклочног ојачања K'	752.37 MPa
Експонент циклочног деформационог ојачања n'	0.1322
Циклични напон течења σ_y'	330.75 MPa
Фактор заморне истегљивости ϵ_f'	0.0624
Експонент циклочног деформационог ојачања c	-0.3876
Фактор заморне чврстоће σ_f'	525.31 MPa
Експонент заморне чврстоће b	-0.0513

б)

Слика 17. а) Екстензометар SHIMADZU DYNASTRAIN TCK-1-LH, б) Заморне карактеристике материјала S355J2+N у условима контролисаних деформација



а)



б)

Слика 18. а) Поље пластичних деформација за најнеповољнији случај оптерећења у условима експлоатације, б) Одређивање животног века водеће вилице на основу експерименталних резултата и резултата МКЕ прорачуна

Фаза 7: Менаџмент пројекта

У оквиру фазе 7 руководиоца је управљао пројектом са циљем успостављања ефикасности и квалитета рада на пројекту техничким и административним менаџментом, при чему се водило рачуна да финансијска средства буду правилно утрошена. На редовним састанцима учесници пројекта су презентовали резултате до којих се дошло радећи на активностима дефинисаним пројектом. На овај начин вршен је надзор над свим активностима. На састанцима су учесници добијали задатке, везане за активности на пројекту. Поред овог начина размене информација, сви учесници пројекта су свакодневно били у контакту са руководиоцем пројекта.

У оквиру ове фазе је такође вршена промоција резултата пројекта. Промовисани су резултати свих реализованих активности које су предвиђене планом. За потребе партиципаната урађено је више студија у којима су презентоване могућности програмског система РАК-Multiphysics, чиме су партиципантима презентоване нове могућности развијеног софтвера. О могућностима програмског система информисани су и други потенцијални корисници за које је урађено више студија.

На Web порталу Лабораторије за инжењерски софтвер Факултета инжењерских наука, постављена је секција (<http://fempak.fink.rs/en/en/>) са релевантним информацијама везаним за пројекат (резиме, опис пројекта, фазе и активности, кључни резултати), радови објављени као резултат реализовања активности на пројекту (са могућношћу преузимања) и документацијом реализованих техничких решења. Секције сајта се редовно ажурирају актуелним информацијама.

2. Преглед резултата који нису реализовани са образложењем и прогнозом рока њихове реализације.

У току седме године реализације пројекта реализоване су све пројектом предвиђене активности.

3. Преглед резултата који директно омогућују наставак реализације пројекта.

Остварени резултати у седмој години истраживања су детаљно изложени у претходном поглављу. Ови резултати представљају наставак пројектних активности из претходних шест година реализације пројекта и основу за даљу реализацију пројектних активности предвиђених за осму годину пројекта. Као што је то био случај са првих шест година истраживања, све активности предвиђене за седму годину истраживања су реализоване у потпуности. Поред тога, започета је реализација појединих активности предвиђених за осму годину реализације пројекта, што представља гаранцију да ће се све преостале активности успешно реализовати.

4. Оцена успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта.

Преглед резултата остварених у седмој години реализације пројекта су дати у поглављу 2.1. У табели 2.1 су приказани остварени резултати у седмој години. Из табеле 2.1 се може видети да је остварено знатно више резултата него што је планирано у седмој години истраживања. Анализом активности у седмој години истраживања може се закључити да су све планиране активности реализоване у потпуности. Софтверски систем РАК-Multiphysics, је у многим областима на нивоу светски познатих али вишеструко скупљих софтверских решења за решавање мултифизичких проблема, и у потпуности задовољава потребе партиципаната, што потврђује велики број студија урађених за њихове потребе. Развијени софтвер је у потпуности подржан пратећом документацијом и одржавањем. Реализатор истраживања, пружа техничку подршку корисницима софтвера, као и услуге обуке за његово коришћење.

На основу публикованих резултата који се односе на предвиђене активности у осмој години реализације пројекта може се видети да су неке активности већ у фази реализације. На основу наведеног може се закључити да постигнути резултати представљају добру основу и гаранцију за успешну реализацију активности у наставку пројекта.

5. Оцена корисника о успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта. Уколико имате корисника (партиципанта) приложите уз овај извештај оцену корисника (мишљење) о успешности реализације пројекта и утицај резултата на даље активности и завршетак целог пројекта (посебан прилог на меморандуму корисника).

Своју оцену о успешности реализације пројекта и утицај остварених резултата на даље активности и

завршетак целог пројекта, корисници (партиципанти) на пројекту су дали у оквиру својих мишљења који су приложени као додаци годишњег извештаја рада на пројекту за 2017. годину.