

Наслов: Развој софтвера за решавање спрегнутих мултифизичких проблема

Евиденциони број: ТР - 32036

Руководилац: Др Мирослав Живковић, ред. проф., Факултета инжењерских наука

Машински факултет (Факултет инжењерских наука)
Сестре Јањић 6
34000 Крагујевац
тел: +381 34 300790
факс: +381 34 300786
моб: +381 69 8288777

НИО координатор: 200107 Машински факултет (Факултет инжењерских наука)

НИО учесници:

1. 200243 Факултет информационах технологија (Метрополитан Универзитет)

Организације корисници-партиципанти:

1. Институт за водопривреду „Јарослав Черни“
2. Бачкаинвест д.о.о.
3. Милановић Инжењеринг д.о.о.
4. ЈП Електропривреда Србије
5. ППТ-Наменска АД
6. ИЦ Инжењеринг д.о.о.

Број месеци истраживача: 119

Трајање пројекта: 48 месеци

1. Обавезе дефинисане Уговором о реализацији пројекта за 2011. годину у оквиру Програма истраживања у области технолошког развоја за период од 01.01.2011 – 31.12.2011. године

1.1. Опис пројекта (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 програмског система за решавање спрегнутих мултифизичких проблема, који ће се звати PAK-Multiphysics. Комплетна истраживања и предвиђене активности пројекта реализоваће се у периоду од 4 године у оквиру 7 фаза.

1. РАЗВОЈ СОФТВЕРСКИХ КОНЦЕПАТА ЗА СПРЕЗАЊЕ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА. Планиран је развој различитих софтверских концепата (секвенцијални и директни) за спрезање појединих софтверских модула. Секвенцијални приступ подразумева коришћење тзв. „middleware“ софтвера међу којима су најпознатији MpCCI (Mesh-based parallel Code Coupling Interface) и CTL (Component Template Library). CTL имплементација је базирана на C++ програмском језику, и представља шаблонску библиотеку као и STL (Standard Template Library). Могуће га је користити са C++ и FORTRAN кодом. Постоје два приступа секвенцијалног спрезања постојећег кода и то синхрони и асинхрони. Синхрони начин предвиђа убацивање комуникационих тачака у код, на местима где је неопходна размена података међу симулационим модулима које се извршавају. Асинхрони приступ предвиђа стандардизацију кода симулационих модула и њихово повезивање преко интерфејса. У оквиру секвенцијалног приступа предвиђено је решавање асинхроним приступом на два нивоа – слабој и јакој форми. Слаба форма предвиђа једносмерну спрегу два модула, док се јака форма односи на двосмерно спрезање. На овај начин могу бити решени и други проблеми као што је декомпозиција домена, модуларизација и паралелизација софтвера за дистрибуирану симулацију. Директни приступ подразумева развијање нових софтвера и метода решавања за сваки од спрегнутих проблема. За свако од спрегнутих физичких поља се додају одговарајуће једначине коначних елемената у једну матрицу и решавају се истовремено.

2. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ СОЛИДА. Предвиђено је прилагођавање софтверског модула за рачунску механику чврстих тела за повезивање са другим софтверским модулима, као и на додатном развоју овог модула. Предвиђен је развој материјалних модела за паметне материјале (SM - Smart Materials) као што су легуре (SMA - Shape Memory Alloys) и полимери (SMP - Shape Memory Polymers) чије се понашање може мењати и контролисати у зависности од температуре, напона и других величина. Због таквих особина ови материјали дају две врсте макро феномена: псеудоеластичност и ефекат памћења облика (SME - Shape Memory Effect). У области геомеханике извршиће се доградња порних притисака у постојеће материјалне моделе (Cam-Clay, Drucker-Prager, Hoek-Brown и др.) и њихово прилагођавање за спрезање са модулом за прорачун струјања кроз порозне средине (засићене и незасићене). У оквиру механике лома наставиће се развој и примена проширене методе коначних елемената XFEM у хидро-механичким интеракцијама.

3. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ ФЛУИДА. Предвиђено је прилагођавање софтверског модула за рачунску механику флуида за повезивање са другим софтверским модулима, као и додатни развој овог модула. Планиран је развој експлицитне верзије кода и његово спрезање са експлицитном верзијом модула за механику чврстог тела.

4. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА ЗАСНОВАНОГ НА ПРОБЛЕМИМА ПОЉА. Предвиђено је прилагођавање софтверског модула за провођење топлоте и модула за струјање кроз порозне средине за повезивање са другим софтверским модулима, као и додатни развој ових и нових модула. Планирано је да се у софтверски модул за провођење топлоте имплементирају структурни елементи љуске и греде. Предвиђен је развој три нова модула и то за: магнетостатику, електростатику и ток једносмерне струје.

5. СПРЕЗАЊЕ И ПАРАЛЕЛИЗАЦИЈА ПОЈЕДИНИХ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА. У току реализације пројекта, предвиђено је спрезање и паралелизација развијених претходно наведених софтверских модула.

6. ИНДУСТИЈСКА ПРИМЕНА. У свим фазама развоја, софтвер РАК-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 РАК-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 РАК-Multiphysics, предвиђена је и фаза која ће обухватати активности везане за технички и административни менаџмент пројекта, дисиминацију резултата и одрживост.

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

1.2. Циљ истраживања у првој години (Прилог 1 Уговора).

Циљ истраживања је да се развије програмски систем РАК-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, применом ЦТЛ. Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике солида. Реинжењеринг и развој софтвера у области рачунске механике флуида. Реинжењеринг и развој софтвера заснованог на проблемима поља. Спрезање и паралелизација појединих софтверских модула за механику чврстог тела, механику флуида, провођење топлоте, ступање кроз порозне средине. Индустијска примена развијеног софтвера у решавању практичних проблема партиципаната у индустрији.

1.3 Фазе и активности у првој години истраживања (Прилог 1 Уговора)

Фаза 1. РАЗВОЈ СОФТВЕРСКИХ КОНЦЕПАТА ЗА СПРЕЗАЊЕ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА

Активност 1. Секвенцијални приступ – слаба форма

Активност 2. Секвенцијални приступ – јака форма

Фаза 2. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ СОЛИДА

Активност 6. Развој материјалног модела за паметне материјале СМА

Активност 7. Развој материјалног модела за паметне материјале СМП

Активност 8. Развој и имплементација методологије за решавање проблема порних притисака у порозним медијима

Фаза 3. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ ФЛУИДА

Активност 11. Развој експлицитне верзије кода

Фаза 4. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА ЗАСНОВАНОГ НА ПРОБЛЕМИМА ПОЉА

Активност 13. Имплементација структурних елемената у софтвер за провођење топлоте

Активност 14. Адаптација софтвера за струјање кроз порозне засићене и незасићене средине

Фаза 5. СПРЕЗАЊЕ И ПАРАЛЕЛИЗАЦИЈА ПОЈЕДИНИХ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА

Активност 18. Термо-механичко спрезање

Фаза 6. ИНДУСТИЈСКА ПРИМЕНА

Фаза 7. МЕНАЏМЕНТ ПРОЈЕКТА

Активност 30. Технички и административни менаџмент

Активност 31. Промоција резултата пројекта

Активност 32. WEB сервиси

Предвиђени резултати дати су у Табели 1.

2. Реализација обавеза дефинисаних Уговором

У првој години истраживања реализоване су све обавезе дефинисане Уговором, дате у поглављу 1. Развијају се сви предвиђени РАК модули. Развијени програмски модули и програмски систем верификују се и упоређују са резултатима експеримената, публикованим резултатима и резултатима других водећих софтвера из ове области у свету, као што су ABAQUS, ADINA, ANSYS, COMSOL, NASTRAN и други. Упоредо са развојем, прави се комплетна документација софтвера 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 1 наведени су предвиђени и остварени резултати на пројекту. Очигледно је да је знатно већи број резултата остварен него што је планиран. Тренутно је на пројекту ангажовано десет студента докторских студија, чије су докторске дисертације директно везане за реализацију пројекта.

Табела 1. Предвиђени и остварени резултати у првој години истраживања

Шифра	Врста резултата	Предвиђено	Остварено
M13	Монографска студија/поглавље у књизи M11 или рад у тематском зборнику водећег међународног значаја	-	4
M23	Рад у међународном часопису	-	6
M24	Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком	-	2
M31	Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини (неопходно позивно писмо)	-	2
M33	Саопштење са међународног скупа штампано у целини	6	41
M42	Монографија националног значаја, монографско издање грађе, превод изворног Текста у облику монографије (само за старе језике)	-	1
M51	Рад у водећем часопису националног значаја	-	2
M52	Рад у часопису националног значаја	-	2
M63	Саопштење са скупа националног значаја штампан у целини	1	3
M71	Одбрањена докторска дисертација	1	-
M85	Прототип, нова метода, софтвер, стандардизовани или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми (уз доказ)	2	-
Укупно		10	63

2.1. Конкретан опис резултата пројекта, по активностима и фазама, који су остварени у извештајном периоду, са упоређењем са обавезама и резултатима дефинисаним Уговором

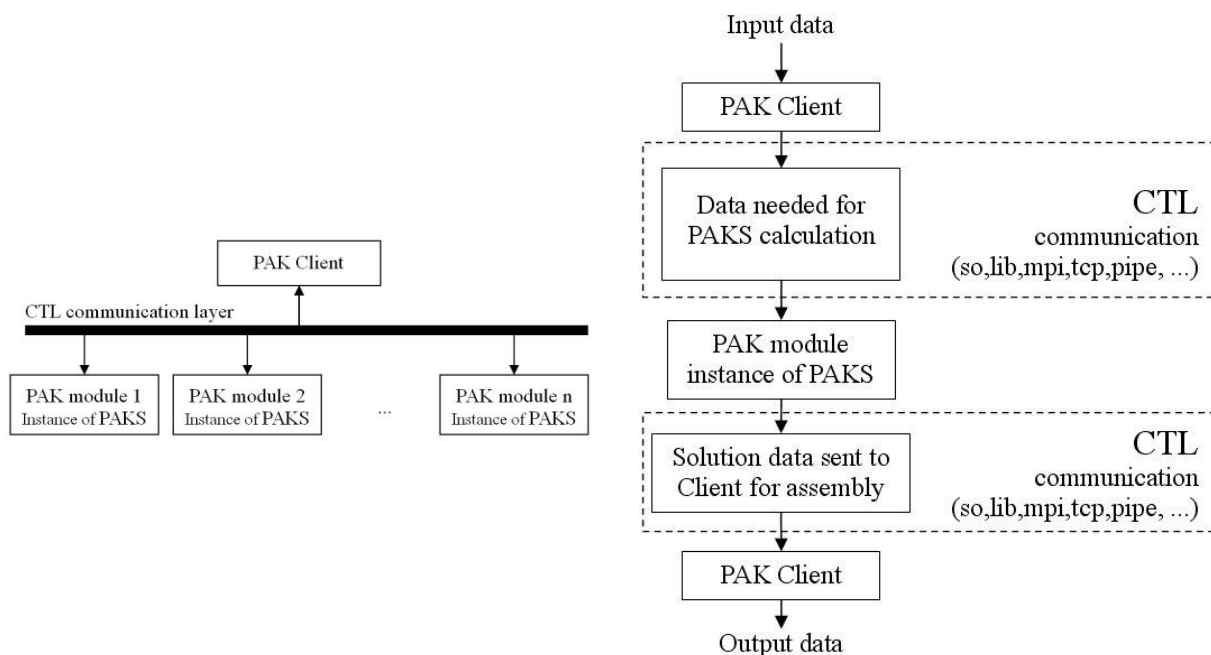
2.1.1 Фаза 1. РАЗВОЈ СОФТВЕРСКИХ КОНЦЕПАТА ЗА СПРЕЗАЊЕ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА.

Кључни део ове фазе био је анализа и развој различитих софтверских концепата (секвенцијални и директни) за спрежање појединих РАК модула. У току прве године пројекта развијена је стратегија за имплементацију јаке и слабе форме спрежања различитих физичких поља.

Извршена је анализа софтвера за спрежање појединих РАК модула коришћењем тзв. „middleware“ софтвера. За спрежање је коришћен CTL (Component Template Library). CTL имплементација је базирана на C++ програмском језику, и представља шаблонску библиотеку као и STL (Standard Template Library), а коришћена је за спрежање РАК модула који су писани у FORTRAN-у.

У оквиру активности 1. урађено је једносмерно спрежање два модула секвенцијалним приступом - слаба форма. Код слабе форме је формиран алгоритам за спрежање већ постојећих модула коришћењем CTL (Component Template Library) у једну мултифизичку целину. На слици 2.1.1.1 приказан је имплементиран алгоритам за спрежање и дијаграм протока података при спрежању РАК модула коришћењем CTL-а. У оквиру ове активности предвиђен је и публикован један рад категорије М63.

У оквиру активности 2. урађено је двосмерно спрежање два модула секвенцијалним приступом - јаком формом. Код јаке форме формиран је алгоритам који је имплементиран у РАК софтвер, и који се базира на проширивању степена слободе, тј. додавању чланова у матрицу крутости у постојећем софтверу РАК. Директан приступ подразумевао је развијање нових софтвера и метода решавања за сваки од спрегнутих проблема. За свако од спрегнутих физичких поља се додају одговарајуће једначине коначних елемената у једну матрицу и решавају се истовремено. У оквиру ове активности предвиђен је један рад категорије М63, а публикован је по један рад категорија М33 и М63.



а) Комуникација међу модулима

б) Dataflow дијаграм

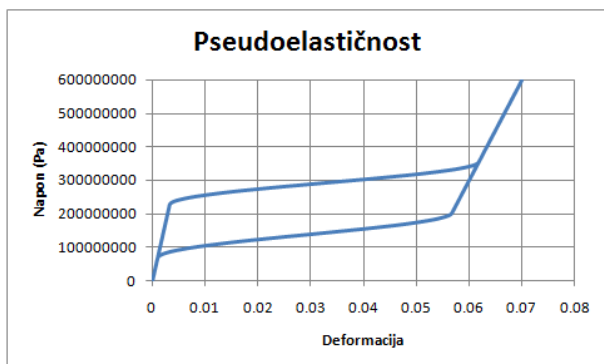
Слика 2.1.1.1. Алгоритам спрежања и дијаграм протока података при спрежању РАК модула

2.1.2 Фаза 2. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ СОЛИДА

У оквиру ове фазе извршено је прилагођавање софтверског модула за рачунску механику чврстих тела за повезивање са другим софтверским модулима. У току је развој нових материјалних модела за паметне материјале SMA и SMP, као и уградња порних притисака у постојеће геомеханичке материјалне моделе (u-p-U формулација).

У оквиру активности 6 разматрани су термомеханички “паметни” материјали који се могу моделирати као кристалографске структуре условљене температуром и/или напоном. Као увод у обраду таквог понашања

материјала, посматране су кристалографске структуре и интеграција напона за површински центриране кристале (FCC). На тај начин је могуће анализирати и фазне промене у кристалима. У оквиру ове активности предвиђен је један рад М33 категорије и објављен је на Конгресу механике Српског друштва за механику. Феноменолошки термомеханички материјални модел заснован на теорији Лагоудаса (Lagoudas) и Бојда (Boyd), је имплементиран у ПАК софтвер и добијени резултати одговарају захтевима који су постављени што је приказано на слици 2.1.2.1. Коришћење тог материјалног модела омогућава симулирање обе врсте макро феномена: псеудоеластичност (а) и ефекат памћења облика (б). Даљи рад у оквиру ове активности предвиђа спрезање утицаја промене температуре и напона коришћењем модула ПАК-S и ПАК-T. Такође, развој и унапређење постојећих материјалних модела ће омогућити и њихову ефикаснију примену.



а) Псеудоеластичност



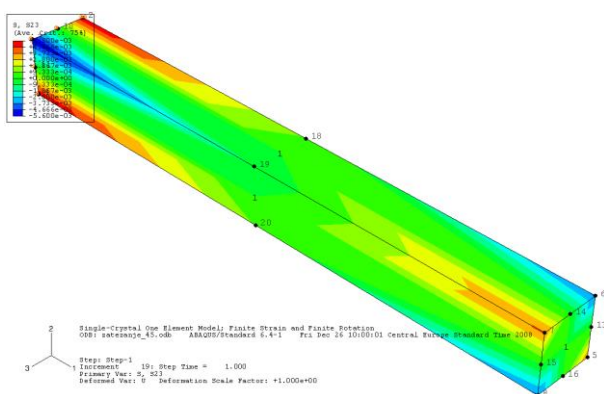
б) Ефекат памћења облика

Слика 2.1.2.1. Макро феномени термомехничког “паметног” материјалног модела заснованог на теорији Лагоудаса и Бојда

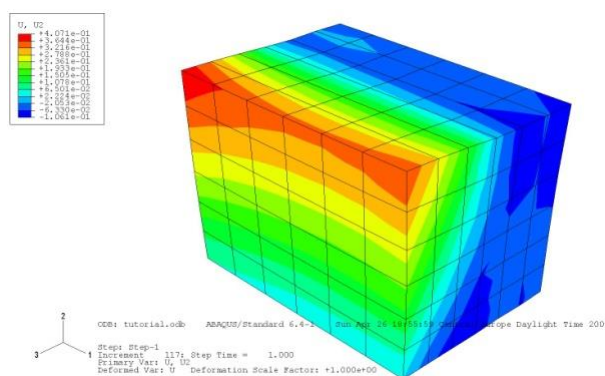
У оквиру активности 7, рађено је на развоју модела поли кристала и полимерних паметних материјала. Уводни део активности посвећен је теоретском разматрању понашања материјала, посматране су кристалографске структуре и интеграција напона за површински центриране кристале (FCC). У оквиру ове активности предвиђен је један рад М33 категорије и објављен је на Конгресу механике Српског друштва за механику.

У првом делу ове активности анализирани су познати алгоритми из области моно кристала који су имплементирани у програм ПАК-S. Формулација која је коришћена ослања се на брзину деформације и састоји се из две интеграционе шеме. Прва претпоставља линеарну везу између прираштаја напона, деформације и променљивих стања у системима клизања док друга шема решава нелинеарне инкременталне једначине Њутн-Рапсоновом итеративном методом. Ови експлицитни алгоритми имплементирани су у програм ПАК-Explicit. На слици 2.1.2.2 су приказани неки од резултата добијених применом наведених алгорита на примеру монокристала и поликристала бакра.

У току је развој и имплементација материјалних модела паметних полимерних материјала (SMP), познатих као материјални модели Аруда-Бојс и Ривлин.



а) Поље смичућег напона код монокристала



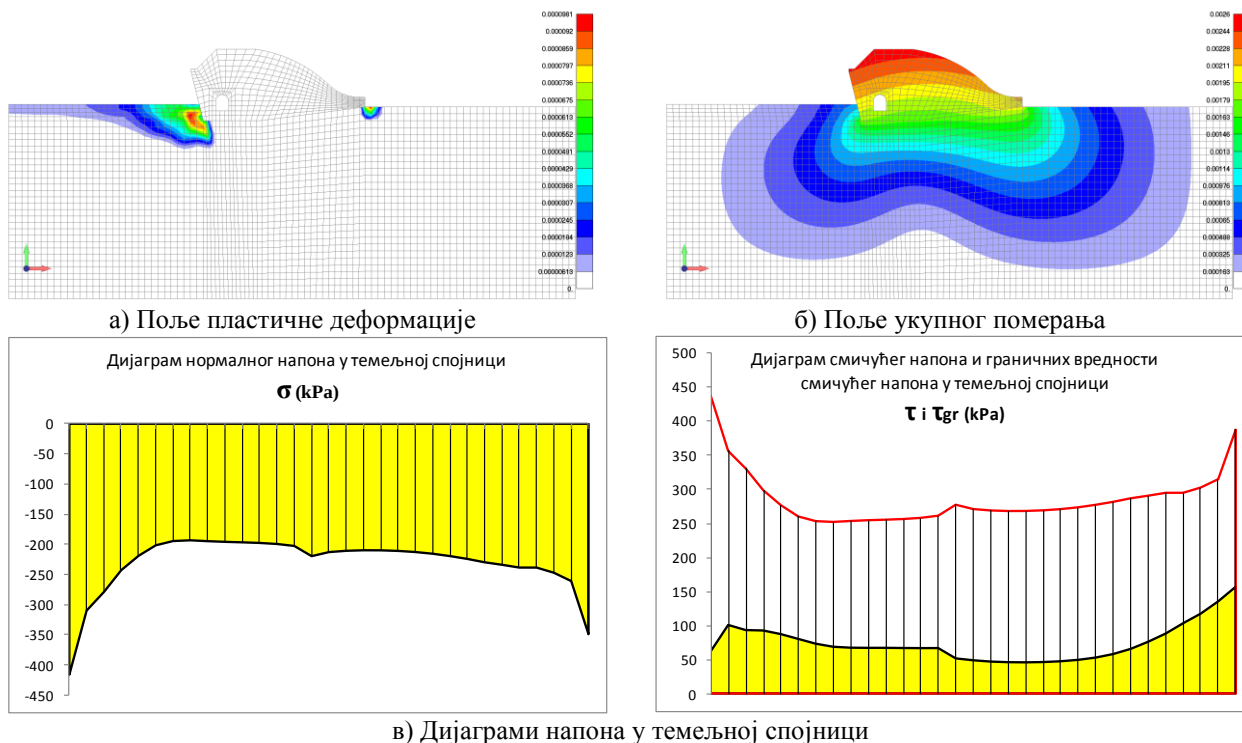
б) Поље померања код поликристала

Слика 2.1.2.2. Резултати добијени применом алгорита за интеграцију напона код FCC кристала бакра

У оквиру активности 8 у области геомеханике у току је доградња порних притисака у постојеће материјалне моделе (Cam-Clay, Drucker-Prager, Hoek-Brown и др.) и њихово прилагођавање за спрезање са модулом за прорачун струјања кроз порозне средине (засићене и незасићене).

Геоматеријали, а посебно тло се састоји од чврсте фазе и шупљина, које могу бити попуњене једним флуидом (најчешће водом) или већим бројем њих (вода, уље, гас). Чврста и течна фаза у тлу имају различита кретања, тако да услед овог кретања и различитих особина материјала долази до њихове међусобне интеракције. Ова

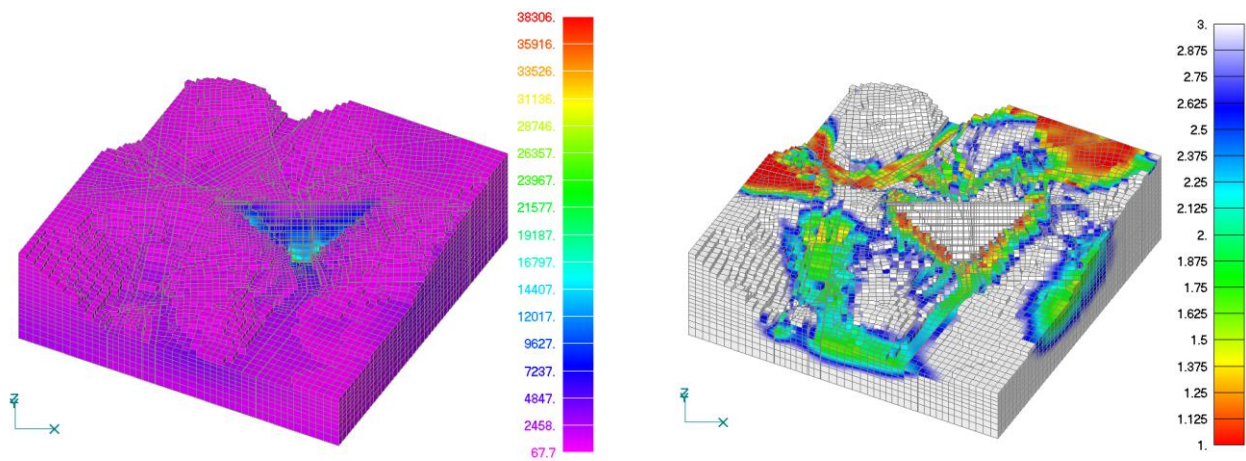
интеракција између чврсте и течне фазе је значајна, а нарочито је изражена код динамичких проблема и њено занемаривање може изазвати катастрофалне последице, као што је ликвефакција, клизање косина и слично. Из овог разлога је неопходно извршити спрезање једначина равнотеже чврсте и течне фазе, односно формирати једначину мешавине. Један од начина спрезања је u-p-U формулација, која остварује везу између померања солида, порних притисака и релативног померања флуида у односу на солид. Једначине засноване на овој формулацији за статичку анализу су имплементирани у софтверски пакет РАК (Слика 2.1.2.3.), док је њихова имплементација за решавање динамичких проблема у току и њихов завршетак је планиран до краја друге године истраживања. У оквиру ове активности предвиђен је и публикован један рад категорије МЗЗ.



2.1.3 Фаза 3. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА У ОБЛАСТИ РАЧУНСКЕ МЕХАНИКЕ ФЛУИДА

У оквиру активности 11., предвиђено је да се у првој години истраживања изврши развој и прилагођавање постојећих коначних елемената алгоритму експлицитне нумеричке интеграције у области рачунске механике флуида. Предвиђен је развој ефикасног експлицитног алгоритама за временску интеграцију једначина кретања, применом методе централних разлика. Код експлицитне анализе на глобалном нивоу примењује се само инкрементални поступак и не постоји потреба за равнотежним итерацијама. Код великих модела експлицитни метод има многобројне предности над имплицитним. Експлицитни програми захтевају знатно мање меморије за решавање система једначина анализираних структуре, па самим тим могу да се анализирају сложенији домени. Поред развоја експлицитне верзије кода у области рачунске механике флуида предвиђено је и његово спрезање са експлицитном верзијом модула за механику чврстог тела.

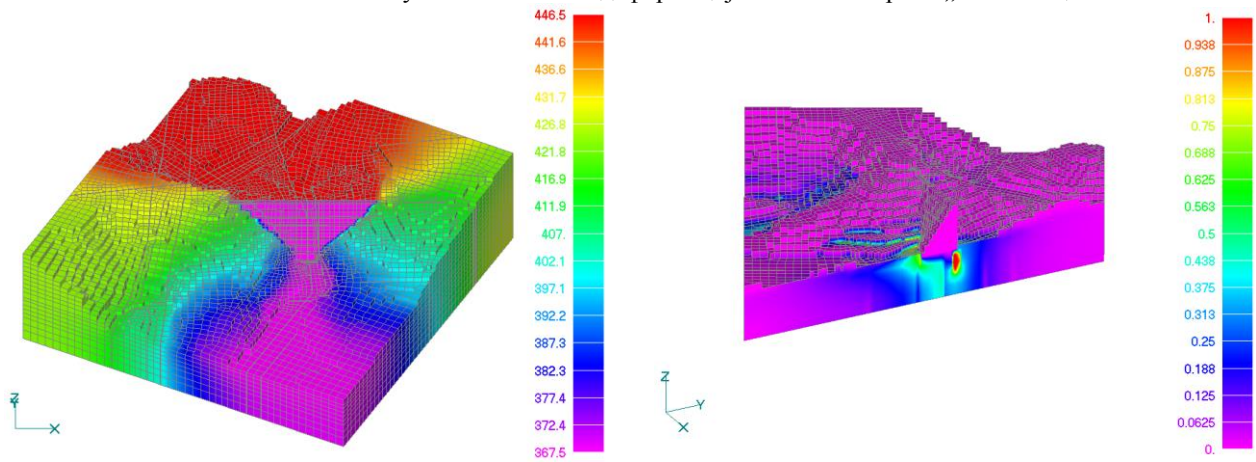
Резултати напонско-деформацијске и филтрационе анализе бране „Лопатница“, добијени применом развијеног софтвера, приказани су на сликама 2.1.3.1 и 2.1.3.2 респективно. У оквиру ове активности предвиђен је и публикован један рад категорије МЗЗ.



а) Поље ефективног напона

б) Степен сигурности

Слика 2.1.3.1. Резултати напонско-деформацијске анализе бране „Лопатница“



в) Поље потенцијала

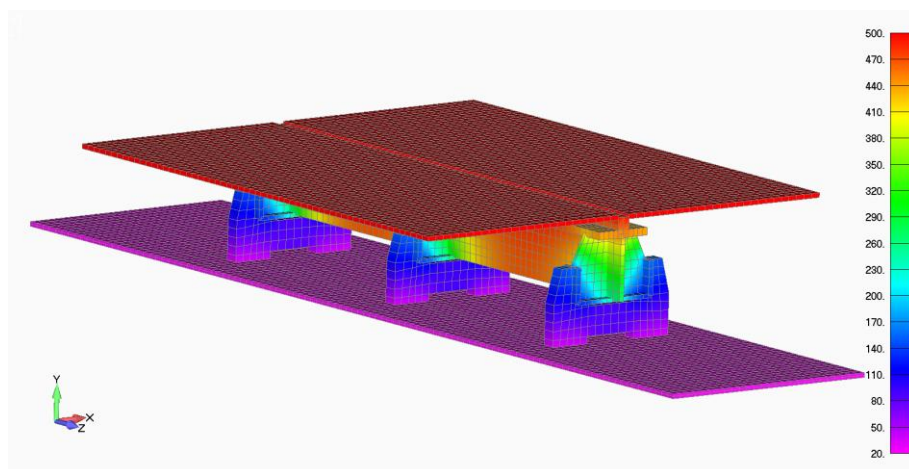
г) Поље градијента брзине

Слика 2.1.3.2. Резултати филтрационе анализе бране „Лопатница“

2.1.4 Фаза 4. РЕИНЖЕЊЕРИНГ И РАЗВОЈ СОФТВЕРА ЗАСНОВАНОГ НА ПРОБЛЕМИМА ПОЉА

У оквиру активности 13, у софтверски модул за провођење топлоте имплементирани су структурни елементи љуске и греде. Структурни елементи љуске и греде су развијени да симулирају проблеме стационарног и нестационарног линеарног и нелинеарног провођења топлоте на основу Фуријеовог закона провођења топлоте и диференцијалне једначине баланса енергије. Гранични услови који могу бити задати у овим проблемима су задата температура, флуks, конвекција и радијација.

На слици 2.1.4.1. приказани су резултати добијени применом софтверског модула за провођење топлоте у који су имплементирани структурни елементи љуске и греде .



Слика 2.1.4.1. Поље температуре добијено термичком анализом конструкције са елементима љуске

У оквиру ове активности планиран је један резултат категорије М85. У припреми је документација за верификацију техничког решења, која ће бити прослеђена надлежном Матичном одбору, по усвајању новог правилника везаног за вредновање и верификацију техничких решења. У оквиру ове активности публикован је један рад категорије М23.

У оквиру активности 14 извршено је прилагођавање софтверског модула за струјање кроз порозне засићене и незасићене средине за повезивање са другим софтверским модулима. У софтверски модул за струјање кроз порозне средине уграђен је спарс солвер MUMPS и у току је његова паралелизација.

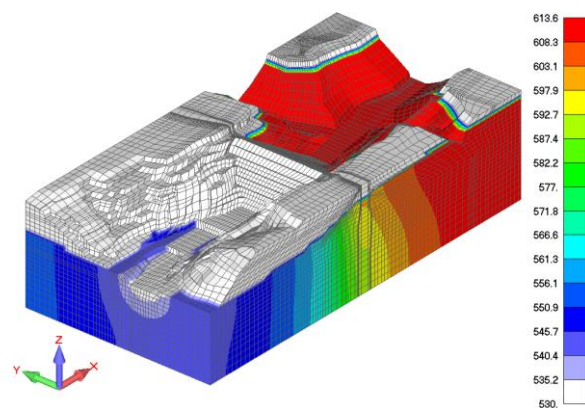
Применом слабог спрезања струјања флуида кроз порозне средине и стабилности бране Првонек, на којој постоје мерења у реалном времену, анализом су добијени: поље потенцијала, брзина и градијентата, ниво слободне површине подземне воде, губици воде из језера, филтрационе силе, порни притисци, померања, напони и деформације. Ови прорачуни су од изузетног значаја за привреду Републике Србије јер ће по дефинисању правила за техничку контролу брана и њихово одржавање бити неопходни, што ће се периодично примењивати код свих брана. Применом спрегнутог прорачуна струјања флуида са преносом масе могуће је анализирати проблеме налажења пукотина у брани и околној стенској маси кроз које постоје велики губици воде. Употребом овог модула знатно се унапређује прорачун утицаја земљотреса на објекте и омогућава прорачун стабилности косина (прорачун клизишта).

У оквиру ове активности планиран је један резултат категорије М85. У припреми је документација за верификацију техничког решења, која ће бити прослеђена надлежном Матичном одбору, по усвајању новог правилника везаног за вредновање и верификацију техничких решења. У оквиру ове активности публикован је један рад категорије М23 и један рад категорије М33.

Резултати анализе спрезања струјања флуида кроз порозне средине за брану „Првонек“, на којој је вршено мерење у реалном времену (слика 2.1.4.2), приказани су слици 2.1.4.3.



Слика 2.1.4.2. Вредности потенцијала на местима пијезометара



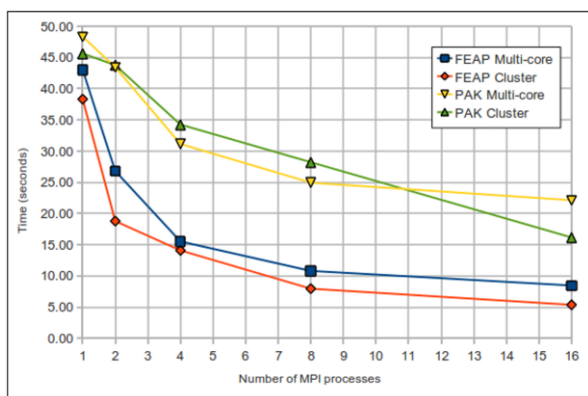
Слика 2.1.4.3. Поље потенцијала (поглед са низводне стране)

2.1.5 Фаза 5. СПРЕЗАЊЕ И ПАРАЛЕЛИЗАЦИЈА ПОЈЕДИНИХ СОФТВЕРСКИХ МОДУЛА

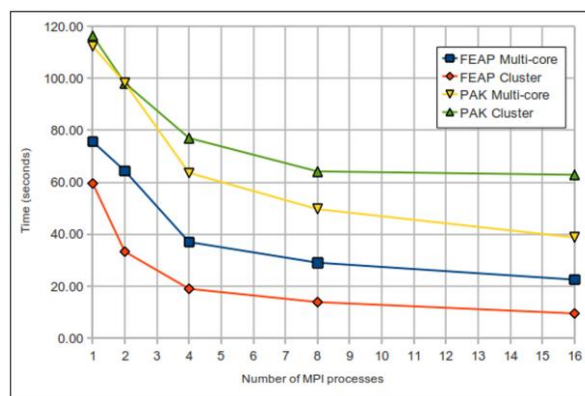
У оквиру активности 18., извршено је термо-механичко спрезање и паралелизација претходно развијених софтверских модула (Слика 2.1.5.1.). Повезани софтвери за провођење топлоте и прорачун чврстоће конструкција у потпуности су прилагођени и могу се примењивати за решавање практичних проблема партиципаната. Завршетком ове активности омогућена је даља примена развијеног софтвера у решавању практичних проблема партиципаната у области процесне технике, геомеханике, аутоиндустрије, вагоноградње, медицине и др.

Реализацијом ове активности директно је омогућена реализација активности 24 у оквиру фазе 6, као и свих осталих активности планираних за наредне године истраживања.

У оквиру ове активности остварен је један резултат категорије М13 и један резултат категорије М42.



а) Линеарна анализа



б) Нелинеарна анализа

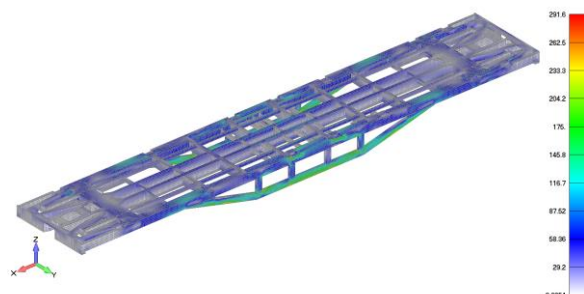
Слика 2.1.3.2. Дијаграм зависности времена потребног за прорачун у односу на број процесора

2.1.6 Фаза 6. ИНДУСТИЈСКА ПРИМЕНА

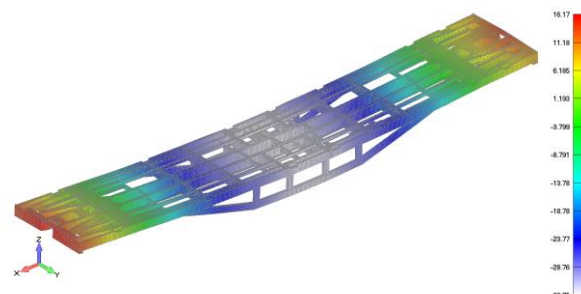
У оквиру активности 24., за потребе предузећа Бачкаинвест извршен је термомеханички прорачун вагона за превоз ингота. Резултати термомеханичког прорачуна вагона приказани су на слици 2.1.6.1. Анализа представља један од примера како се успешно термо-механичким прорачуном може решити практичан проблем који се веома често среће у вагонској индустрији (вагонска конструкција је моделирана коначним елементом љуске).

Решавањем конкретног проблема термо-механичком анализом, дате су смернице како се применом софтвера PAK-Multiphysics (спрегнути софтвери за провођење топлоте и прорачун чврстоће конструкција) могу прорачунати друге конструкције, које се веома често срећу у грађевинарству, бродоградњи, аутомобилској, авионској индустрији, индустрији вагона и другим гранама индустрије, а изложене су сличним комбинованим оптерећењима.

У оквиру ове активности је планирано публиковање једног рада категорије M33, а објављен је рад категорије M24.



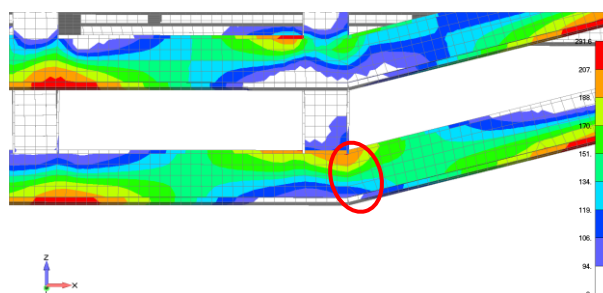
а) Поље ефективног напона



б) Поље померања



в) Прслина на распињачи вагона



г) Поље ефективног напона на месту уочених прслина

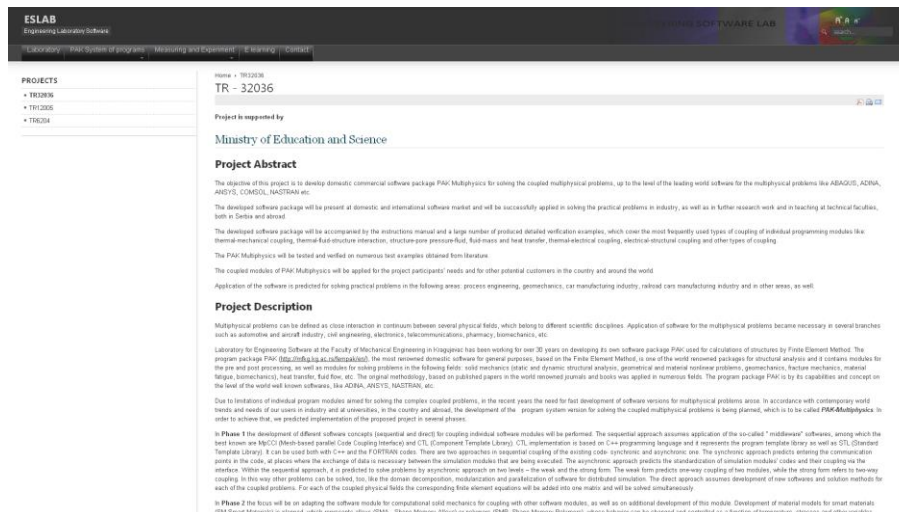
Слика 2.1.6.1. Термо-механички прорачун вагона

2.1.7 Фаза 7. МЕНАЦМЕНТ ПРОЈЕКТА

У оквиру активности 30., са циљем успостављања ефикасности и квалитета рада на пројекту техничким и административним менаџментом управљао је руководилац пројекта, водећи рачуна да сва финансијска средства буду правилно утрошена. На састанцима, који су се одвијали бар једном месечно, учесници пројекта су презентовали резултате до којих се дошло радећи на активностима дефинисаним пројектом. На овај начин вршен је надзор свих активности. На поменутим састанцима учесници су добијали и нове месечне задатке, везане за даље активности на пројекту. Поред овог начина презентовања резултата и размене информација, сви учесници пројекта су свакодневно били у контакту са руководиоцем пројекта и међусобно преко е-маила, телефонске и видео конференције.

Као последица рада на свим предходним активностима, у оквиру активности 31. предвиђена је промоција резултата пројекта. За потребе партиципаната извршено је више студија на којима су презентоване неке од могућности програмског система PAK-Multiphysics. Одржавањем промоција планирано је да се презентовањем развијеног софтвера за потребе решавања практичних проблема партиципаната, информишу и други потенцијални корисници.

Менаџментом пројекта планирани су и други видови промоције резултата пројекта. Као један од видова промоције резултата пројекта је активност 32., израда WEB сервиса. На WEB порталу Лабораторије за инжењерски софтвер (слика 2.1.7.1) постављена је страница са актуелним информацијама везаним за пројекат. У овом тренутку на страници су доступни апстракт пројекта, опис пројекта и кључни циљеви, радови настали као резултат пројекта. Након закључивања, и овај извештај, као и све друге актуелности везане за рад на овом пројекту биће доступне на поменутој страници.



Слика 2.1.7.1. WEB портал Лабораторије за инжењерски софтвер са актуелностима везаним за пројекат TR32036

2.2 Преглед резултата који директно омогућују наставак реализације пројекта

Детаљан преглед свих досадашњих остварених резултата дат је у претходном поглављу. Пријавом пројекта предвиђено је да потпуна реализација активности предвиђених за прву годину истраживања директно омогућава реализацију предвиђених активности за другу годину истраживања. Како је у претходном поглављу показано да су све активности предвиђене за прву годину истраживања потпуно реализоване и да је у току реализација више активности предвиђених за другу годину, то представља гаранцију да ће се преостале активности успешно реализовати.

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

Сви остварени резултати у првој години реализације пројекта су приказани у поглављу 2.1. Број публикованих резултата је приказан у Табели 1, одакле се види да је публиковано знатно више резултата него што је планирано. Показано је да су у оквиру сваке фазе и активности остварени кључни резултати пројекта у потпуности. Очигледна је широка применљивост развијеног софтвера у погледу области примене као и у погледу корисника истраживања, што је документовано већим бројем урађених студија за потребе партиципаната. Пошто је наведеним примерима примене доказана тачност и могућност примене развијеног софтвера у свим планираним областима, може се закључити да су у потпуности реализоване све планиране

активности у првој години истраживања и да је развијени софтвер на нивоу познатих светских софтвера у наведеним областима. Софтвер је комплетно документован и пружају се услуге обуке и одржавања софтвера.

На основу публикованих резултата који се односе на предвиђене активности у другој години реализације пројекта може се видети да је реализација више активности већ знатно реализована.

На основу свега наведеног може се закључити да постигнути резултати представљају добру основу за реализацију даљих активности и гаранцију да ће све преостале активности у другој години истраживања бити реализоване.