

Zapis znanja i podrška komunikaciji u kompleksnom konstrukcijskom projektu

Valjak, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:902099>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Filip Valjak

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Student:

Filip Valjak

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru, prof.dr.sc. Nevenu Pavkoviću na ukazanom povjerenju, svoj pruženoj pomoći i korisnim savjetima tijekom izrade ovoga rada. Također zahvaljujem se Tomislavu Martincu na mnogim korisnim savjetima i pomoći u traženju informacija koje su mi bile potrebne tijekom izrade rada.

Na kraju veliko hvala mojim roditeljima Ani i Darku na podršci koju su mi pružili tijekom mojeg obrazovanja i što su mi omogućili da završim studij strojarstva.

Filip Valjak



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodogradnja i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Filip Valjak** Mat. br.: 0035182700

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Zapis znanja i podrška komunikaciji u kompleksnom konstrukcijskom projektu**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Knowledge recording and communication support in complex design project**

Opis zadatka:

Pri razvoju potpuno novih konstrukcijskih rješenja za složene strojeve i uređaje važno je zapisati stečeno konstrukcijsko znanje da bi se ono moglo ponovno upotrijebiti u sljedećem razvojnom ciklusu istog proizvoda kao i za razvoj drugih proizvoda iz portfolia tvrtke koji imaju slična ili ista parcijalna rješenja. Organizirani zapis konstrukcijskog znanja također značajno pridonosi povećanju intelektualnog kapitala tvrtke.

U dosadašnjim istraživanjima pokazalo se da su IBIS (issue based information systems) sustavi prikladni i efikasni način zapisa znanja i tijeka odlučivanja za kompleksne projekte. Cilj ovog rada je zapisivanje znanja koje će generirati 5 timova studenata koji zajedno rade na kompleksnom razvojnom projektu za tvrtku INETEC d.o.o. U projektu studenti razvijaju složeni uređaj za podvodno ispitivanje zavora u reaktorskoj posudi.

Studentski timovi su multinacionalni i dislocirani (4 različita sveučilišta), a također i multidisciplinarni.


U radu treba:

1. Identificirati relevantne teme i probleme tijekom cijelog projekta te za njih zapisati znanje i tijek procesa odlučivanja metodom „IBIS“ dijagrama;
2. Organizirati razmjenu podataka, ideja i skica, tj. komunikaciju između timova i unutar timova korištenjem tzv. „whiteboard“ programskog alata;
3. Analizirati kako su studenti koristili programske alate za komunikaciju, te predložiti mogućnosti poboljšanja za buduće slične projekte;
4. Integrirati zapise znanja s konstrukcijskom dokumentacijom, projektnim izvješćima i sadržajima pohranjenim na „whiteboard-u“ u jedinstvenu cjelinu u kojoj su uspostavljene relacije sljedivosti. Pri tome treba koristiti programske alate i metode razvijene na Katedri za konstruiranje i razvoj proizvoda.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan: Rok predaje rada: Predviđeni datumi obrane:
7. svibnja 2015. 9. srpnja 2015. 15., 16. i 17. srpnja 2015.

Zadatak zadao: Predsjednica Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Neven Pavković


Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
SAŽETAK.....	V
SUMMARY	VI
1. UVOD	1
2. OPIS PROJEKTA.....	3
2.1. Organizacija timova.....	3
2.2. Raspored projekta	4
2.3. Komunikacija.....	5
3. KONSTRUKCIJSKI PROBLEMI U PROJEKTU.....	8
3.1. Identificirani konstrukcijski problemi	8
3.2. IBIS dijagrami	12
4. ORGANIZACIJA KOMUNIKACIJE	19
4.1. Sastanci svih timova	19
4.2. Virtualna bijela ploča.....	20
5. ANALIZA KONSTRUKCIJSKIH PROBLEMA I KOMUNIKACIJE.....	23
5.1. Konstrukcijski problemi	23
5.2. Komunikacija.....	23
5.3. Poboljšanja za rješavanje konstrukcijskih problema i komunikaciju	25
5.3.1. Prijedlog 1	25
5.3.2. Prijedlog 2	26
5.3.3. Prijedlog 3	27
5.3.4. Prijedlog 4	28

5.3.5. Prijedlog 5	29
6. SLJEDIVOST U RAZVOJNOM PROJEKTU.....	30
6.1. Definiranje sljedivosti.....	30
6.2. Ciljevi i problemi sljedivosti	32
6.3. Uspostavljanje veza sljedivosti.....	33
6.3.1. Prikaz sljedivosti kroz preglednik hijerarhijske strukture.....	36
6.3.2. Prikaz sljedivosti kroz matično sučelje.....	37
6.3.3. Prikaz sljedivosti kroz dijagramsko sučelje	40
6.4. Analiza sljedivosti	44
6.5. Poboljšanja sljedivosti	45
6.5.1. Prijedlog 1	46
6.5.2. Prijedlog 2	47
6.5.3. Prijedlog 3	48
7. ZAKLJUČAK	50
8. LITERATURA	52
9. PRILOG	54

POPIS SLIKA

Slika 1.	Shematski prikaz komunikacije	7
Slika 2.	IBIS 6 – Kako učvrstiti uređaj za stjenku reaktorske posude?	14
Slika 3.	IBIS 12 – Kako treba pomicati sonde/uređaj po putanji skeniranja?.....	15
Slika 4.	IBIS 13.1 – Kako treba konfigurirati uređaj da ispita sve zavare?	16
Slika 5.	IBIS 46 – Kako osigurati dovoljan uzgon?.....	17
Slika 6.	Mreža IBIS dijagrama.....	18
Slika 7.	Detalji virtualne bijele ploče.....	20
Slika 8.	Virtualna bijela ploča druge faze projekta	21
Slika 9.	Virtualna bijela ploča treće faze projekta	22
Slika 10.	Nomenklatura dokumenata	26
Slika 11.	Glavni elementi i uvjeti sljedivosti [7].....	31
Slika 12.	Početno sučelje za sljedivost [9]	34
Slika 13.	Sučelje preglednika i povezanost objekata	36
Slika 14.	Mreža sljedivosti.....	37
Slika 15.	DSM matrica – Kontradiktorni zahtjevi	39
Slika 16.	DMM matrica – Osobe odgovorne za komponente.....	40
Slika 17.	IBIS – Testiranje i verifikacija zahtjeva	42
Slika 18.	FAD dijagram – Dijagram funkcijske analize	43
Slika 19.	Funkcijska struktura.....	44
Slika 20.	Prijedlog promjena početnog sučelja	46
Slika 21.	Komunikacijska vremenska linija.....	48
Slika 22.	Prikaz povezanosti dva dijela različitih dokumenata.....	49

POPIS TABLICA

Tablica 1.	Lista početnih zahtjeva.....	3
Tablica 2.	Raspodjela studenata po timovima.....	4
Tablica 3.	Raspored projekta.....	5
Tablica 4.	Lista identificiranih konstrukcijskih problema	8
Tablica 5.	Statusi IBIS dijagrama	13
Tablica 6.	Usporedba dva tipa sastanaka	29

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je „Zapis znanja i podrška komunikaciji u kompleksnom konstrukcijskom projektu“. Istraživački dio rada proveden je na primjeru projekta EGPR 2015. On je služio kao izvor informacija potrebnih za provođenje zapisa znanja i sljedivosti. Također je omogućio uvid u komunikacijske procese koji se odvijaju u jednom kompleksnom međunarodnom razvojnom projektu. Ovim radom identificirani su konstrukcijski problemi u projektu i istražene mogućnosti zapisa znanja pomoću IBIS dijagrama te je znanje iz navedenog projekta zapisano upravo kroz navedene dijagrame. Uz zapis znanja analizirana je komunikacija između sudionika projekta, zabilježeni su tokovi komunikacije i uočene su prednosti i mane, odnosno problemi u komunikaciji. Tijekom samog projekta dana je podrška komunikaciji pomoću virtualne bijele ploče. Nakon završetka projekta analizirani su zapisi znanja i ukupna komunikacija koja se odvijala u projektu te su navedeni prijedlozi poboljšanja komunikacije u sličnim budućim kompleksnim razvojnim projektima. Na kraju ovog rada uspostavljene su relacije sljedivosti unutar projekta, analizirane su mogućnosti zapisa sljedivosti i načini upotrebe tih zapisa.

Ključne riječi: zapis znanja, IBIS dijagrami, komunikacija, sljedivost

SUMMARY

Topic of this master thesis is “Knowledge recording and communication support in complex design project”. Research part of this thesis was conducted on the example of EGPR 2015 project. This project was source of information needed for knowledge recording and traceability. It also provided an insight in communication processes that took place in a complex international development project. With this thesis different design issues were identified and possibilities of knowledge recording using IBIS diagrams were studied. Knowledge from the project was recorded using those diagrams. Also, communication between participants of the project was analysed to gather existing issues within a diverse environment. Different flows of communication were recorded as well as issues with communication process that occurred. During the project communication was supported by introducing a virtual white board tool for communication and collaboration. After the project ended, knowledge and communication were analysed and different improvements were suggested for use in similar future complex development projects. End of this thesis was dedicated to traceability. Relations of traceability were made and analysed together with possibilities of recording and usage of traceability.

Key words: knowledge recording, IBIS diagrams, communication, traceability

1. UVOD

Proces razvoja proizvoda je složen proces stvaranja novog konstrukcijskog rješenja koji u svojoj suštini stvara nekakvo novo, do sada nepostojeće znanje. Što je uopće znanje? Znanje možemo definirati kao poznavanje nečega ili spoznaje o nečemu, odnosno teoretsko ili praktično poznavanje nečega (predmeta, jezika i sl.) [1]. Znanje je u svojoj biti povezan skup informacija koji omogućuje nekakvu spoznaju. Cilj znanja je stvaranje novih i upotreba postojećih informacija u nekom korisnom procesu. Budući da je znanje primarno ljudska sposobnost procesiranja informacija, iste informacije ne moraju rezultirati istim znanjem kod dvije različite osobe. Iz tog razloga zapis znanja je težak i kompliciran proces.

Kako bi neku informaciju, odnosno znanje, mogli prenijeti drugima važna je komunikacija i proces komuniciranja. Komunikaciju možemo definirati kao proces davanja i primanja informacija [1]. Za prijenos informacija, a time i znanja, potrebno je informacije kvalitetno i točno prenijeti drugima. Zbog tog razloga komunikacija i vještine komuniciranja između sudionika komunikacije koji razmjenjuju informacije, a time i znanje, su vrlo važne komponente u procesu zapisa znanja. Komunikacija mora biti jasno definirana i organizirana kako bi bila uspješna, to jest kako bi se smanjili svi faktori koji mogu negativno utjecati na proces komuniciranja te ometati ili čak prekinuti komunikaciju i informacije koje se njome prenose.

Moderni razvojni projekti vrlo su kompleksni te se u njima stvara vrlo velika količina novih informacija, odnosno znanja. Kako se te novo stečene informacije i znanje ne bi izgubili završetkom projekta vrlo je važno pronaći način kako ih zapisati i sačuvati za budućnost. Ali zašto uopće trošiti vrijeme i resurse za zapisivanje znanja? Prvi i osnovni razlog je da ne smijemo izgubiti stečeno znanje, jer kako bismo ga ponovno stekli moramo ponavljati proces kojim smo do njega došli. Ujedno takvo ponavljanje ne jamči da ćemo u ponovljenom procesu ponovno steći isto znanje. Drugi razlog je pojednostavljenje budućih razvojnih projekata jer u njima možemo primijeniti postojeće znanje. Istovremeno, ako je zapis znanja dobro organiziran i lako mu je pristupiti, razvojni procesi mogu se značajno ubrzati. Kao treći razlog nameće se činjenica da organizirani zapis znanja predstavlja intelektualni kapital koji se može iskoristiti na tržištu i pretvoriti u ekonomsku dobit.

Zbog navedenih razloga vrlo je važno unutar razvojnih projekata imati dobro organiziranu i kvalitetnu komunikaciju između svih sudionika projekta. Na taj način olakšava se razmjena

informacija i znanja te u konačnici olakšava izvođenje projekta. Istovremeno je važno te informacije i znanje zapisati, organizirano i kvalitetno, kako bi im se moglo lako pristupiti i koristiti ne samo u aktualnom projektu, već sačuvati za buduće projekte i upotrebu.

Osim samog zapisa znanja važno je uspostaviti relacije sljedivosti unutar projekta. Uspostavom relacija sljedivosti, određeno konstrukcijsko rješenje može se lakše pratiti kroz cijeli projekt, potrebne informacije mogu se lakše slijediti, kao i sve povezane informacije. Na taj način može se ubrzati razvojni proces, pratiti proces donošenja odluka i u konačnici prikazati cijeli proces konstruiranja te argumentirati zašto je proizvod ili sustav konstruiran upravo na način u kojem se nalazi u konačnom obliku.

2. OPIS PROJEKTA

Projekt EGPR 2015 je međunarodni projekt 4 različita sveučilišta, odnosno fakulteta (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, City University London, Univerza v Ljubljani i Sveučilište u Zagrebu) i industrijskog partnera, tvrtke INETEC d.o.o. iz Zagreba. Cilj projekta je razvoj uređaja za podvodno ispitivanje zavara u reaktorskoj posudi. Uređaj mora ispitati kružne i vertikalne zavare u reaktorskoj posudi te zavare oko i unutar sapnica koje ulaze u reaktorsku posudu. Na početku projekta studenti su dobili dokument s opisom projekta, koji je sadržavao i početnu listu zahtjeva koji su ovdje prikazani (Tablica 1.).

Tablica 1. Lista početnih zahtjeva

1.	Uređaj mora biti što manjih dimenzija kako bi se osigurala laka prenosivost.
2.	Uređaj ne smije oštetiti površinu reaktora prilikom ispitivanja.
3.	Površina uređaja mora biti glatka kako bi se osigurala jednostavna dekontaminacija.
4.	Kontrolna jedinica s elektronikom nalazi se izvan reaktorske posude.
5.	Uređaj se mora moći gibati pod vodom u svim smjerovima.
6.	Uređaj se mora moći gibati po unutarnjoj površini reaktorske posude.
7.	Uređaj se mora gibati s preciznošću od $\pm 5^\circ$ i ± 50 mm, a pozicionirati s preciznošću od ± 5 mm.
8.	Uređaj se mora moći učvrstiti za unutarnju površinu reaktorske posude.
9.	Prilikom ispitivanja ispitne sonde se moraju gibati u dvije okomite osi, jednoj za ispitivanje i drugoj za inkrementalni pomak.
10.	Uređaj se nadgleda pomoću kamera te se područje nadzora mora osvijetliti.
11.	Treba težiti neutralnom uzgonu uređaja.

2.1. Organizacija timova

Na projektu sudjeluje 34 studenta s navedenih sveučilišta podijeljenih u 5 timova čiji se članovi nalaze na različitim lokacijama (Tablica 2.). Svaki tim ima jednog profesora u ulozi voditelja (engl. Coach), dok se u timovima 1 i 5 također nalazi i po jedan suvoditelj tima (engl. Co-coach), to je dvoje studenata (Budimpešta i Zagreb) koji su sudjelovali u EGPR projektu prethodne godine. Kako bi se olakšala komunikacija između tvrtke i timova, u svakom timu jednom članu dodijeljena je funkcija komunikacijskog menadžera koji je zadužen za

komunikaciju s predstavnikom tvrtke. Također, iz razloga jer svi timovi rade na jednom projektu, odnosno prototipu, ali svaki tim je zadužen za pojedini modul, odnosno podsustav, oformljen je komunikacijski tim (engl. Cross Team) koji se sastoji od 5 članova, odnosno od po jednog člana iz svakog tima. Funkcija komunikacijskog tima je koordinacija između timova kako bi se olakšala razmjena potrebnih informacija i datoteka između timova te osigurala međusobna kompatibilnost svih podsustava i modula.

Tablica 2. Raspodjela studenata po timovima

	Broj studenata					Vodi
	Budimpešta	Ljubljana	London	Zagreb	Ukupno	
Tim 1	2	2	2	1	7	Budimpešta
Tim 2	2	2	-	3	7	Zagreb
Tim 3	2	2	2	1	7	London
Tim 4	2	2	-	3	7	Ljubljana
Tim 5	2	2	-	2	6	Zagreb

2.2. Raspored projekta

Projekt je započeo početkom veljače, a završio početkom srpnja 2015. Osim razvojne komponente, projekt je imao i edukacijsku komponentu gdje su studenti prisustvovali predavanjima vezanima uz razvoj proizvoda, ali i određena predavanja koja su im dala informacije i znanje o specifičnim područjima koja su bila potrebna za razvoj uređaja poput predavanja o podmornicama, brtvljenju i nerazornim ispitivanjima. Sam projekt bio je podijeljen u četiri faze:

- istraživanje tržišta i tehnologija
- konceptualna faza
- detaljiranje
- izrada tehničke dokumentacije i proizvodnja prototipa.

Nakon svake faze svaki tim morao je podnijeti izvješće i prezentirati svoj rad. Također unutar druge faze postojala su dodatna dva međuizvješća kako bi se lakše pratio i usmjerio rad studenata u toj kompleksnoj i kritičnoj fazi. Nakon svakog izvješća studenti su dobili povratne informacije od predstavnika tvrtke i profesora kao evaluaciju njihovog rada te smjernice za budući rad. U prvoj fazi studenti su istraživali tržište i tehnologije prema ključnim područjima

koja su im bila dodijeljena. U drugoj fazi predstavili su konceptualne konfiguracije uređaja, kao i koncepte svojih podsustava i modula. U trećoj fazi razrađena je detaljna konstrukcija odabranog koncepta te je izrađen 3D model uređaja. U četvrtoj fazi izrađena je tehnička dokumentacija i naručeni su dijelovi za prototip. Sama faza, a ujedno i cijeli projekt, završila je završnom radionicom koja je održana u Zagrebu. Na njoj su se studenti po prvi put fizički okupili na jednom mjestu. Sklopili su uređaj koji su razvili, testirali ga te prezentirali svoj sveukupni rad. Raspored projekta (Tablica 3.) prikazuje vremenski raspored s ključnim događajima koji su se odvijali u projektu.

Tablica 3. Raspored projekta

Datum	Događaj
9. veljače	Početak projekta
16. ožujka	1. izvješće (kraj prve faze)
23. ožujka	Međuzvješće o procesu ispitivanja
30. ožujka	Međuzvješće o konfiguraciji uređaja
16. travnja	2. izvješće (kraj druge faze)
14. svibnja	3. izvješće (kraj treće faze)
28. lipnja – 4. srpnja	Završna radionica (kraj četvrte faze i cijelog projekta)

2.3. Komunikacija

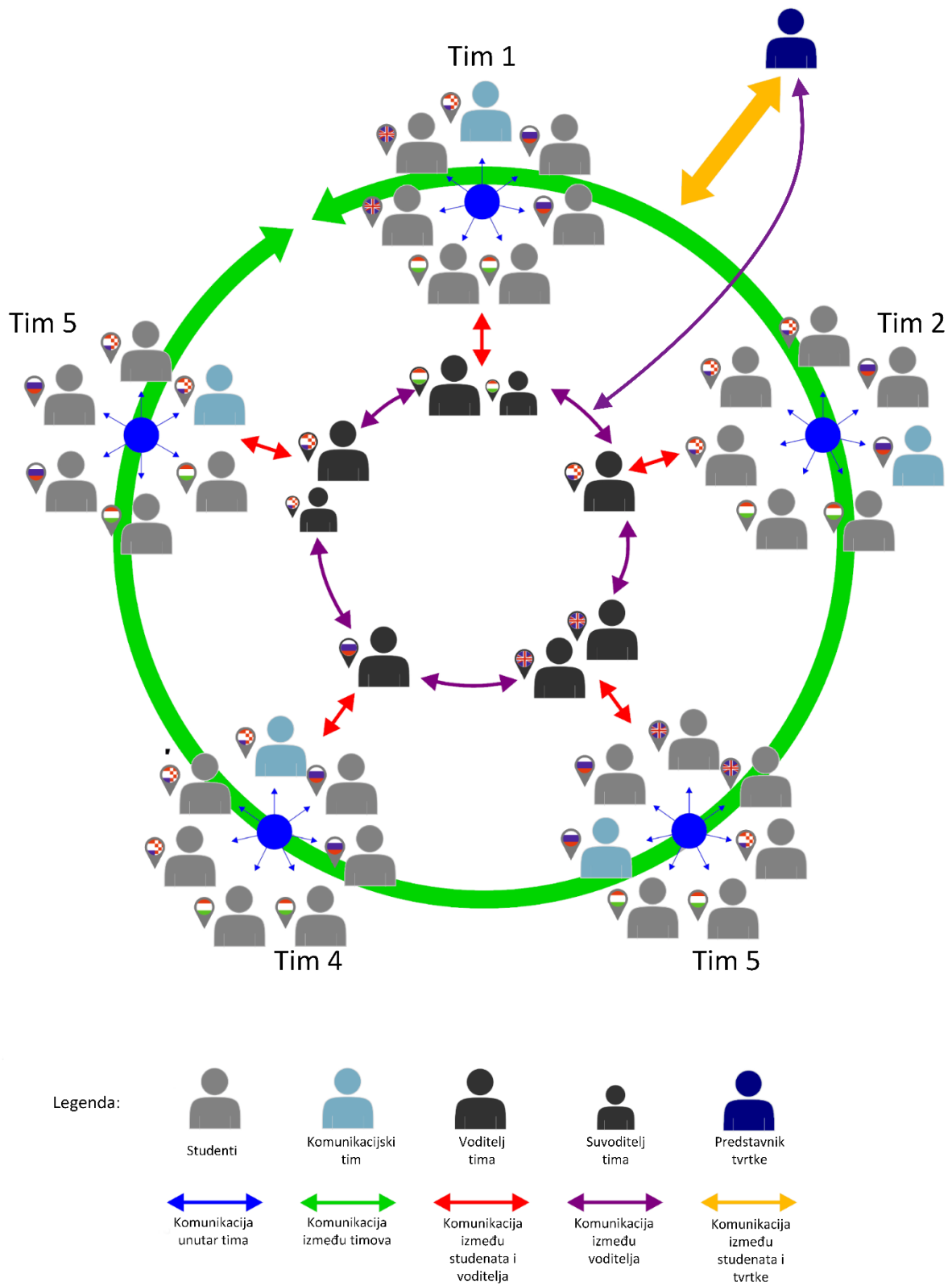
Za uspjeh svakog projekta vrlo je važna dobra suradnja između osoba koje sudjeluju u projektu. Osnova svake dobre suradnje je kvalitetna komunikacija. Komunikacija je već u uvodu definirana kao proces davanja i primanja informacija [1]. Ona, osim sudionika procesa komuniciranja i informacija koje se tim procesom razmjenjuju, obuhvaća i jezičnu komponentu, odnosno jezik pomoću kojeg se sudionici komunikacije sporazumijevaju. U ovom projektu glavni jezik komunikacije je engleski jezik. Svi razgovori (verbalna komunikacija) i elektronička komunikacija vode se na engleskom jeziku, a izvješća su također pisana engleskim jezikom. Uz engleski jezik studenti koriste svoje materinje jezike na lokacijama na kojima se nalaze.

U projektu je postajalo pet glavnih tijekova komunikacije između sudionika:

- komunikacija unutar timova

- komunikacija između timova
- komunikacija između studenata i profesora
- komunikacija između studenata i predstavnika tvrtke
- komunikacija između profesora, uključujući komunikaciju s predstavnicima tvrtke.

Budući da se članovi timova nalaze na četiri različite lokacije, oni komuniciraju pomoću video konferencijskih poziva. Timovi su bili dužni imati minimalno jednom tjedno sastanak tima na kojem je bio prisutan i voditelj tima. Kao alat se prvenstveno koristio sustav za video pozive „Polycom“ instaliran na sveučilištima. Timovi su također koristili i druge slične alate kao što su „Skype“ i „Google Hangouts“. Uz dodatak video pozivima studenti su komunicirali i pomoću društvenih mreža, aplikacija za razmjenu poruka i elektroničke pošte. Za razmjenu datoteka korišteni su servisi u oblaku kao što su „Google Drive“ i „Dropbox“. Iz razloga jer je svaki tim bio zadužen za pojedini podsustav, odnosno modul, za komunikaciju i razmjenu informacija i datoteka između timova bio je zadužen komunikacijski tim. Komunikacijski tim je za svoju komunikaciju koristio iste alate koji su korišteni unutar timova. Osim kroz komunikacijski tim, komunikacija između svih studenata odvijala se i preko nekoliko videokonferencijskih diskusija poslije ili u vremenu predavanja gdje je su bili prisutni svi studenti i voditelji. Također se poticala komunikacija studenata iz različitih timova koji se nalaze na istoj lokaciji. Komunikacija između studenata i voditelja odvijala se preko video poziva nakon predavanja ili na sastanku timova te kao fizička komunikacija na svakoj lokaciji. Također je korištena elektronička pošta kako bi se osiguralo da svi studenti dobiju iste informacije. Studenti su svoja završna izvješća i datoteke predavali elektroničkim putem pomoću „BSCW servera“. „BSCW server“ je PDM (Product data management) sustav koji služi kao centralni elektronički sustav za službenu razmjenu dokumenata i datoteka u EGPR projektu. Vrlo važna komunikacija je ona između studenata i tvrtke. Ona se odvijala na dva načina. Prvi je elektronička pošta za koju su bili zaduženi po jedan student iz svakog tima, a drugi su bile sesije preko video konferencija. I u ovom slučaju razmjena datoteka odvijala se elektroničkim putem. Zadnji tijek komunikacije je onaj između voditelja timova. Voditelji su imali tjedne sastanke preko video konferencijske veze te komunikaciju pomoću elektroničke pošte kojom su ujedno i komunicirali s predstavnicima tvrtke. Budući da u projektu nije bilo centralnog upravitelja projektom, nego su sve odluke donošene konsenzusom voditelja (i predstavnika tvrtke), upravo je ovaj tijek komunikacije imao veliku ulogu u organizaciji i provedbi projekta. Svi sudionici komunikacije i tijekovi komunikacije između njih vidljivi su na shematskom prikazu (Slika 1.).



Slika 1. Shematski prikaz komunikacije¹

¹ Grafička obrada: Krisztina Szendrei

3. KONSTRUKCIJSKI PROBLEMI U PROJEKTU

Tijekom razvojnog projekta nastaju mnogi konstrukcijski problemi. Rješavanje nastalih problema često daje više mogućih rješenja. Rješenja jednog problema često su u većem ili manjem konfliktu s rješenjima drugih problema ili s dijelovima konstrukcije. Kako bi se učinkovito razriješili, probleme je potrebno identificirati i zapisati. Također je važno zapisati postupak rješavanja problema, sva proizašla rješenja i argumente zašto je neko rješenje prihvaćeno, a neko odbijeno. Na taj način dobivamo sljedivost odluka u razvoju i lakše praćenje projekta, ali i mogućnost povratka u slučaju krivo odabranog rješenja.

3.1. Identificirani konstrukcijski problemi

Kako bi se identificirali konstrukcijski problemi u projektu EGPR 2015 analizirani su svi dokumenti, kao i komunikacija između sudionika projekta. Prikazana je lista uočenih problema (Tablica 4.) koja sadržava probleme, dokumente u kojima su uočeni te autore tih dokumenata. Nazivi dokumenata u listi identificiranih konstrukcijskih problema nisu izvorni nego su preimenovani zbog lakše organizacije i upotrebe.

Tablica 4. Lista identificiranih konstrukcijskih problema

Broj	Problem	Autor	Dokument
1.	Tko će biti korisnik/operator uređaja?	Tim 1	2015-03-16-Team 1 - 1st Phase Report
2.	Kako će izgledati proces upotrebe uređaja?	Tim 1	2015-03-16-Team 1 - 1st Phase Report
		Tim 4	2015-03-16-Team 4 - 1st Phase Report
3.	Koji su radijacijski efekti na materijale koji se koriste u izradi?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
4.	Kako pokretati uređaj pod vodom?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
		Tim 5	2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report
5.	Kako ostvariti neutralni uzgon?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
		Tim 5	2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report
6.	Kako učvrstiti uređaj za zid reaktorske posude?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
		Tim 3	2015-03-16-Team 3 - 1st Phase Report
		Tim 5	2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report

7.	Kako navigirati uređajem pod vodom?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
		Tim 3	2015-03-16-Team 3 - 1st Phase Report
8.	Kako spojiti uređaj s kontrolnom jedinicom?	Tim 2	2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
9.	Koji tip skeniranja može biti korišten?	Tim 3	2015-03-16-Team 3 - 1st Phase Report
		Tim 4	2015-03-16-Team 4 - 1st Phase Report
10.	Koji materijali mogu biti korišteni u izradi uređaja?	Tim 5	2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report
11.	Kako detektirati okolišne uvjete oko uređaja?	Tim 5	2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report
12.	Kako treba pomicati sonde/uređaj po putanji skeniranja?	Tim 1	2015-03-23-Team 1 - 2nd Phase Scanning method
		Tim 2	2015-03-23-Team 2 - 2nd Phase Scanning method
		Tim 3	2015-03-23-Team 3 - 2nd Phase Scanning method
		Tim 4	2015-03-23-Team 4 - 2nd Phase Scanning method
		Tim 5	2015-03-23-Team 5 - 2nd Phase Scanning method
13.	Kako treba konfigurirati uređaj da ispita sve zavare?	Tim 1	2015-03-30-Team 1 - 2nd Phase Interim Configurations Report
		Tim 2	2015-03-30-Team 2 - 2nd Phase Interim Configurations Report
		Tim 3	2015-03-30-Team 3 - 2nd Phase Interim Configurations Report
		Tim 4	2015-03-30-Team 4 - 2nd Phase Interim Configurations Report
		Tim 5	2015-03-30-Team 5 - 2nd Phase Interim Configurations Report
		EGPR	2015-04-02-EGPR 2015 - 2nd Project Review Interim Configurations - Task distribution 2015-04-02-EGPR 2015 - 2nd Project Review Interim Configurations - Sketches of configuration
14.	Kako ostvariti putanju ispitivanja na vanjskom zavaru sapnice?	Tim 1	2015-04-16-Team 1 - 2nd Phase Report

15.	Kako ostvariti putanju ispitivanja na unutarnjem zavaru sapnice?	Tim 1	2015-04-16-Team 1 - 2nd Phase Report
16.	Kako pozicionirati modul za inspekciju sapnice?	Tim 1	2015-04-16-Team 1 - 2nd Phase Report
17.	Kako ispitati zavare sapnice?	Tim 1	2015-04-16-Team 1 - 2nd Phase Report
18.	Kako precizno pozicionirati uređaj?	Tim 2	2015-04-16-Team 2 - 2nd Phase Report
19.	Kako kontrolirati nagib pozicije uređaja?	Tim 2	2015-04-16-Team 2 - 2nd Phase Report
		EGPR	2015-04-23-EGPR 2015 - 2nd Phase Review Conceptboard
20.	Kako zaroniti uređaj?	Tim 2	2015-04-16-Team 2 - 2nd Phase Report
21.	Kako pomicati tračnice u odnosu na šasiju?	Tim 3	2015-04-16-Team 3 - 2nd Phase Report
22.	Kako pozicionirati tračnice u dvije okomite osi?	Tim 3	2015-04-16-Team 3 - 2nd Phase Report
23.	Kako pričvrstiti tračnice na šasiju?	Tim 3	2015-04-16-Team 3 - 2nd Phase Report
24.	Kako zabrtviti elektromotore potrebne za pomicanje tračnica?	Tim 3	2015-04-16-Team 3 - 2nd Phase Report
25.	Kako pomicati ispitne sonde po tračnicama?	Tim 4	2015-04-16-Team 4 - 2nd Phase Report
26.	Kako učvrstiti tračnice za zid reaktorske posude?	Tim 4	2015-04-16-Team 4 - 2nd Phase Report
27.	Kako učvrstiti šasiju za zid reaktorske posude?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
28.	Kako nadgledati gibanje i inspekciju?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
29.	Kako osvijetliti područje nadgledanja?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
30.	Kako učvrstiti različite module na šasiju?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
31.	Kako ostvariti strukturalnu čvrstoću šasije?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
			2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Conceptboard
32.	Kako spojiti i provesti kablove i žice?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report

33.	Kako zabrtviti sve spojeve i rupe?	Tim 5	2015-04-16-Team 5 - 2nd Phase Report
34.	Kako učvrstiti modul za ispitivanje sapnice na šasiju?	Tim 1	2015-05-14-Team 1 - 3rd Phase Report
35.	Kako pomicati ispitne sonde?	Tim 1	2015-05-14-Team 1 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 1 - 3rd Phase Conceptboard
36.	Kako pozicionirati unutarnju ruku?	Tim 1	2015-05-14-Team 1 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 1 - 3rd Phase Conceptboard
37.	Kako pozicionirati vanjsku ruku?	Tim 1	2015-05-14-Team 1 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 1 - 3rd Phase Conceptboard
38.	Kako kablovima povezati dijelove uređaja?	Tim 2	2015-05-14-Team 2 - 3rd Phase Report
39.	Kako učvrstiti potisnike na uređaj?	Tim 2	2015-05-14-Team 2 - 3rd Phase Report
40.	Kako učvrstiti pjenu potrebnu za uzgon?	Tim 2	2015-05-14-Team 2 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 2 - 3rd Phase Conceptboard
41.	Kako zabrtviti i učvrstiti kameru?	Tim 2	2015-06-11-Team 2 - 3rd Phase Conceptboard
42.	Kako držati i voditi tračnice?	Tim 3	2015-05-14-Team 3 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 3 - 3rd Phase Conceptboard
43.	Kako osigurati podtlak u hvataljkama?	Tim 4	2015-05-14-Team 4 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 4 - 3rd Phase Conceptboard
44.	Kako osigurati potreban pritisak sonde na površinu?	Tim 4	2015-05-14-Team 4 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 4 - 3rd Phase Conceptboard
45.	Kako razdijeliti i zaštititi kablove od vode?	Tim 5	2015-05-14-Team 5 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 5 - 3rd Phase Conceptboard
			2015-05-14-Team 5 - 3rd Phase Report

46.	Kako osigurati dovoljan uzgon?	Tim 5	2015-06-11-Team 5 - 3rd Phase Conceptboard
47.	Kako zakočiti tračnice?	Tim 5	2015-05-14-Team 5 - 3rd Phase Report
			2015-06-11-Team 5 - 3rd Phase Conceptboard
48.	Kako radi konačni prototip?	Tim 1	2015-06-26-Team 1 – Final Report
		Tim 2	2015-06-26-Team 2 – Final Report
		Tim 3	2015-06-26-Team 3 – Final Report
		Tim 4	2015-06-26-Team 4 – Final Report
		Tim 5	2015-06-26-Team 5 – Final Report

3.2. IBIS dijagrami

IBIS (engl. Issue Based Information Systems) dijagram predložili su Kunz i Rittel kao pomoć u koordinaciji i planiranju procesa [2]. IBIS dijagram sastoji se od grafa oblika stabla ili usmjerenog grafa, gdje čvorovi predstavljaju probleme koje treba riješiti, alternativna rješenja i opcije te argumente za i protiv, a svi su povezani relacijama [3].

IBIS dijagram je alat koji pomaže, dokumentira i koordinira informacijske procese poput sastanaka, procesa donošenja odluka i slično. Svrha stvaranja dijagramske mreže je mogućnost praćenja svakog važnog podatka ili informacije sve do izvora nastanka [4]. IBIS dijagram omogućava lakši pregled zapisanih informacija u odnosu na običan tekst ili zapisnik zbog svoje razgranate strukture.
















Konstrukcija IBIS dijagrama sastoji se od zapisivanja blokova koji sadrže problem, moguće i odbijene odgovore, argumente za i protiv te izvore informacije. Međusobnim povezivanjem blokova pomoću strelica dobiva se prikaz procesa odlučivanja i svih faktora koji su doveli do donesene odluke. Kod računalnog stvaranja IBIS dijagrama moguće je svaki blok povezati s dokumentima, komunikacijom i datotekama koje su utjecale na proces.

Svrha konstruiranja IBIS dijagrama u ovom radu je zapis svih konstrukcijskih problema uočenih u projektu EGPR 2015. IBIS dijagrami su izrađeni za svaki uočeni konstrukcijski problem (Tablica 4.), sadrže odgovore na te probleme, argumente za i protiv, kao i poveznice na dokumente u kojima se pojavljuju. Na jednostavan način prikazane su najvažnije i ključne informacije koje se nalaze u objavljenim dokumentima projekta. Osim tih već zapisanih

informacija, u IBIS dijagramima se nalaze i informacije koje su nastale na sastancima i diskusijama te nisu nigdje formalno zapisane. Iz tog razloga IBIS dijagrami predstavljaju važan zapis iskustvenog znanja, kao i informacija prenošenih samo verbalnom komunikacijom te na taj način omogućuju čuvanje istih i ponovno korištenje u budućim projektima. Također njima se prikazuje proces donošenja konstrukcijskih odluka, odabrane i odbačene opcije. Budući da su dijagrami međusobno povezani, mogu se učiti veze između pojedinih odluka, odnosno utjecaj jedne odluke na drugu. Zbog spomenute međusobne povezanosti IBIS dijagrama oni prikazuju sljedivost u razvoju tijekom projekta te zaokružuju sve odluke u jednu cjelinu.

U ovom radu IBIS dijagrami izrađeni su pomoću aplikacije „designVUE (Visual Understanding Environment)“ [5]. Modelirani su čvorovi problema, odgovora i argumenata raznih statusa (Tablica 5.), koji su međusobno povezani, a sadrže poveznice na dokumente s kojima su povezani.

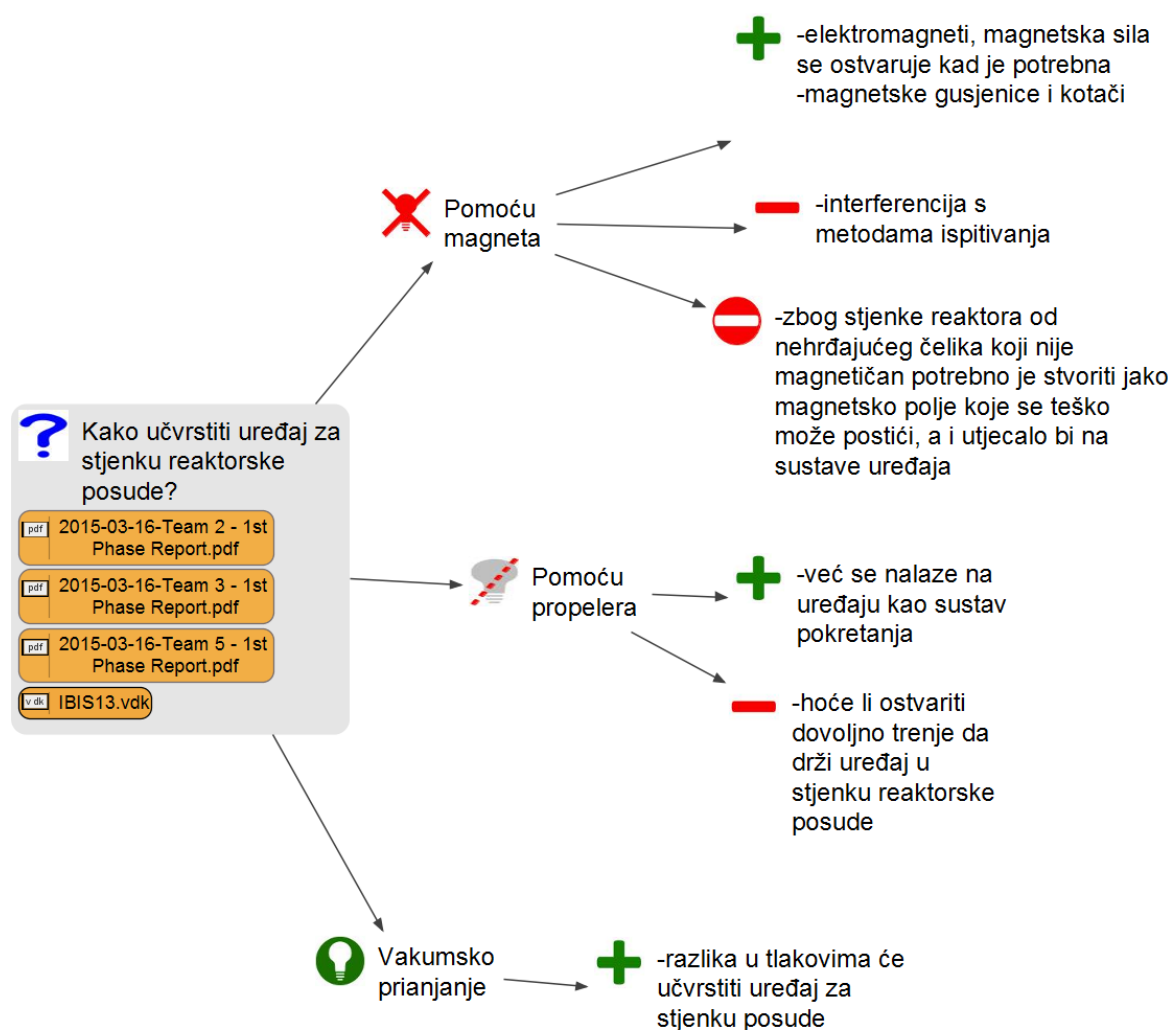
Tablica 5. Statusi IBIS dijagrama

Problem		Odgovor		Argument ZA		Argument PROTIV	
Ikona	Status	Ikona	Status	Ikona	Status	Ikona	Status
	Postojeći problem		Odgovor		Argument ZA		Argument PROTIV
	Riješen problem		Prihvaćen odgovor		Dominantan argument ZA		Dominantan argument PROTIV
	Nerješiv problem		Moguć odgovor		Nedovoljan argument ZA		Nedovoljan argument PROTIV
	Odbačen problem		Nemoguć odgovor				
			Odbijen odgovor				

Kako bi se olakšao pristup i pregled IBIS dijagrama, izrađen je jedan dijagram koji sadrži poveznice na sve druge dijagrame te on predstavlja određeno početno sučelje za pristup IBIS dijagramima. Budući da je izrađeno 58 dijagrama, ovdje je prikazano samo nekoliko reprezentativnih dijagrama s kratkim opisima, dok se ostatak može pregledati u prilogu. Uz to

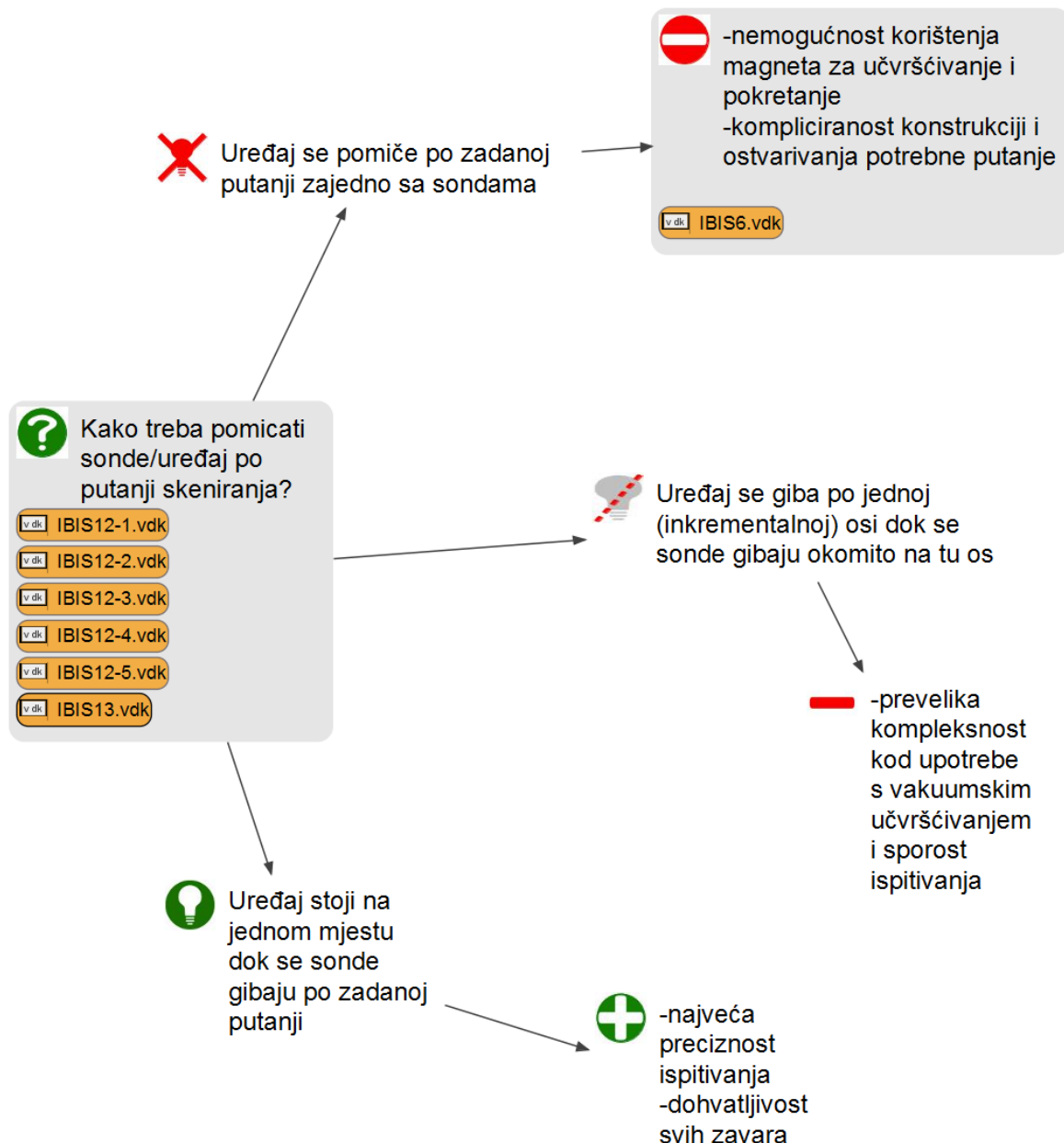
prikazane su i sve veze između IBIS dijagrama, čime je dobivena mreža IBIS dijagrama (Slika 6.).

Na dijagramu za problem „Kako učvrstiti uređaj za stjenku reaktorske posude?“ (Slika 2.) vide se tri moguća odgovora te argumenti za i protiv. Također se vide statusi, da je rješenje „Vakumsko prianjanje“ prihvaćeno, rješenje „Pomoću propelera“ nemoguće, a rješenje „Pomoću magneta“ je odbijeno zbog dominantnog argumenta protiv.



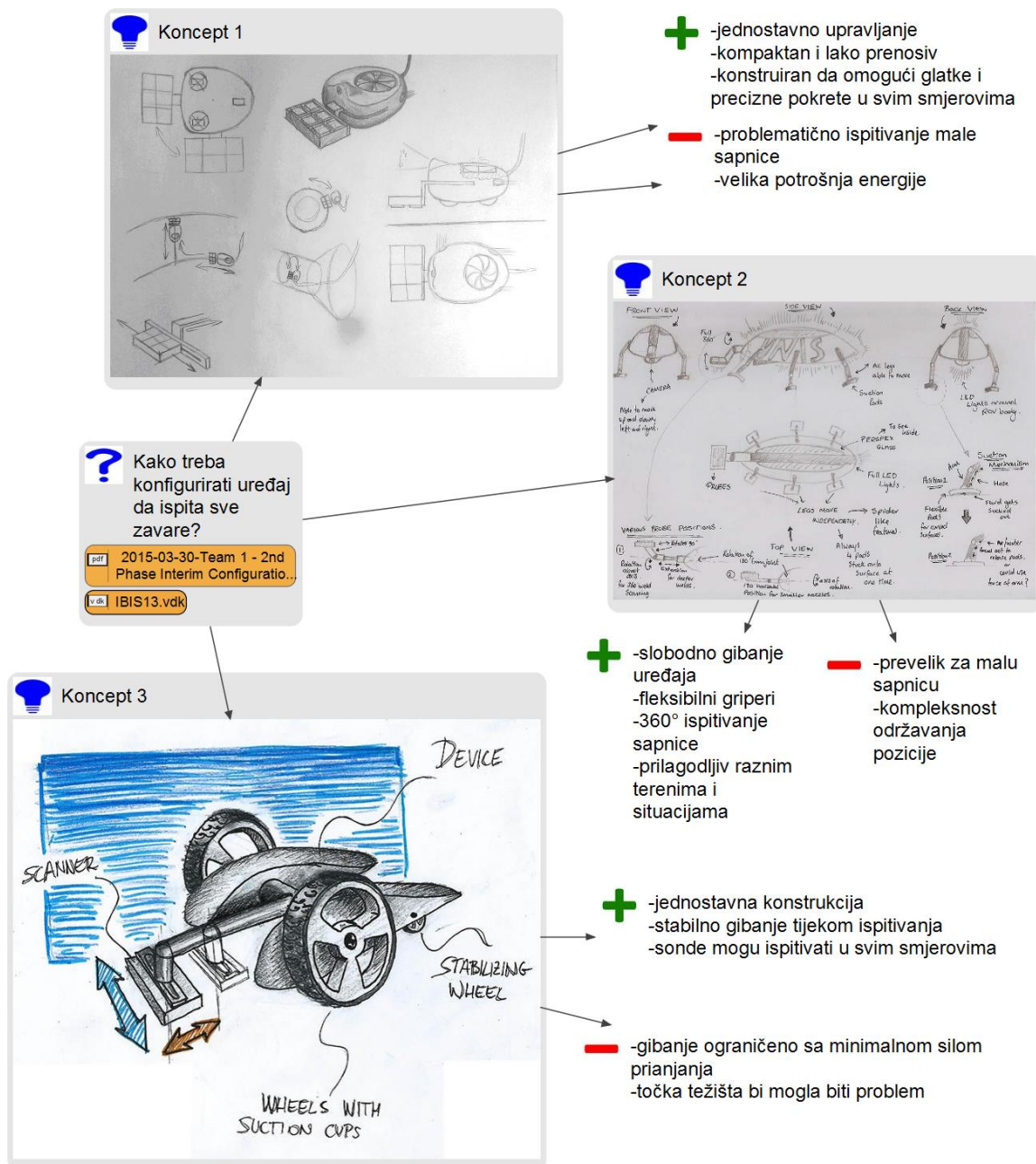
Slika 2. IBIS 6 – Kako učvrstiti uređaj za stjenku reaktorske posude?

IBIS dijagram „Kako treba pomicati sonde/uređaj po putanji skeniranja?“ (Slika 3.) prikazuje glavna rješenja i argumente koji su proizašli iz pet dijagrama, od svakog tima po jedan, za isti problem. Također daje statuse prihvaćenog i odbijenih rješenja, kao i poveznice na dijagrame koji su mu prethodili.

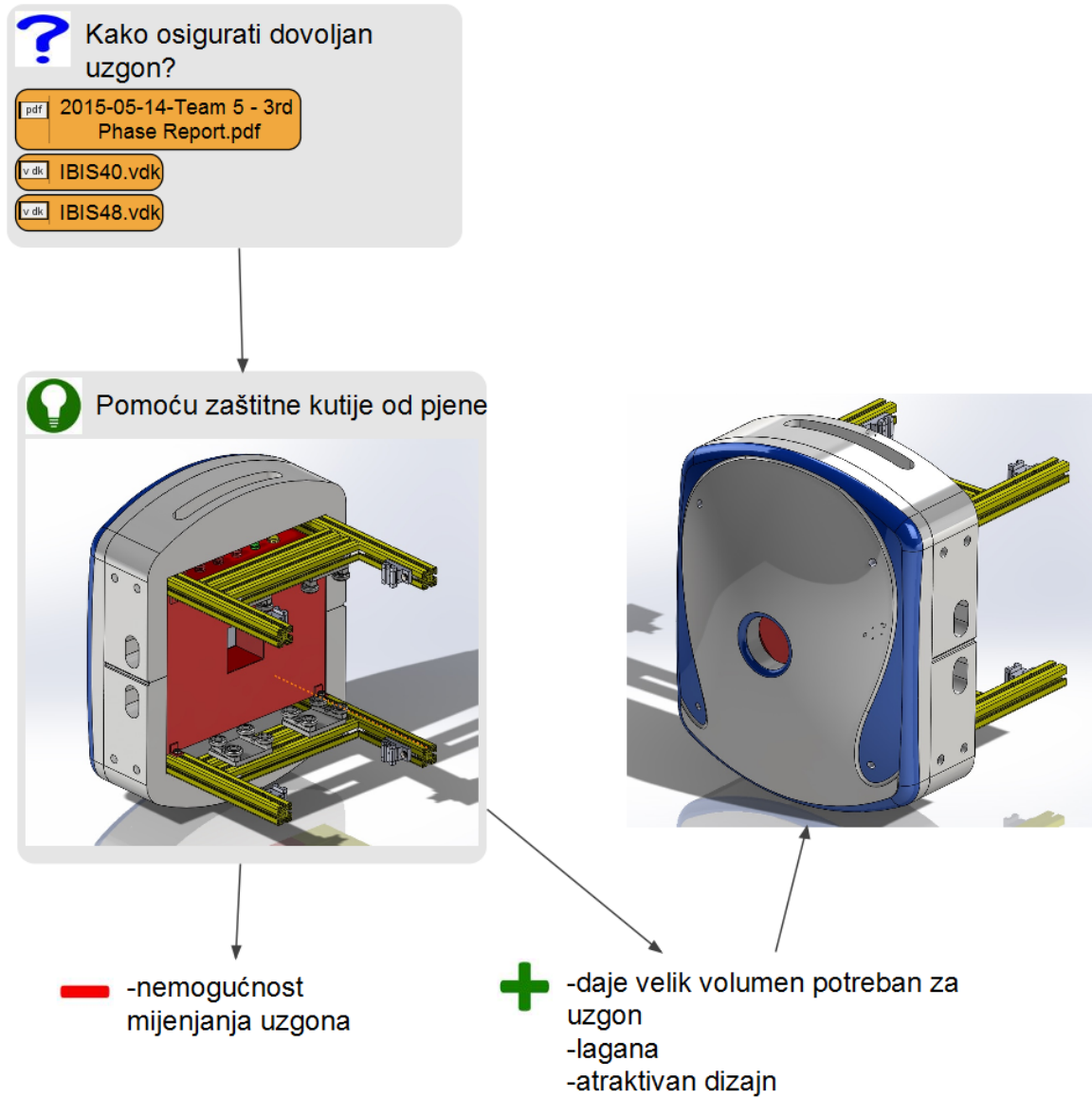


Slika 3. IBIS 12 – Kako treba pomicati sonde/uređaj po putanji skeniranja?

IBIS dijagrami „Kako treba konfigurirati uređaj da ispita sve zavare?“ (Slika 4.) i „Kako osigurati dovoljan uzgon“ (Slika 5.) prikazuju upotrebu skica i fotografija, kao sastavnog dijela IBIS dijagrama. Skice i fotografije daju vizualnu prezentaciju ideja te omogućuju lakše shvaćanje problema ili rješenja i zbog toga su vrlo korisne kao sastavni dio IBIS dijagrama.

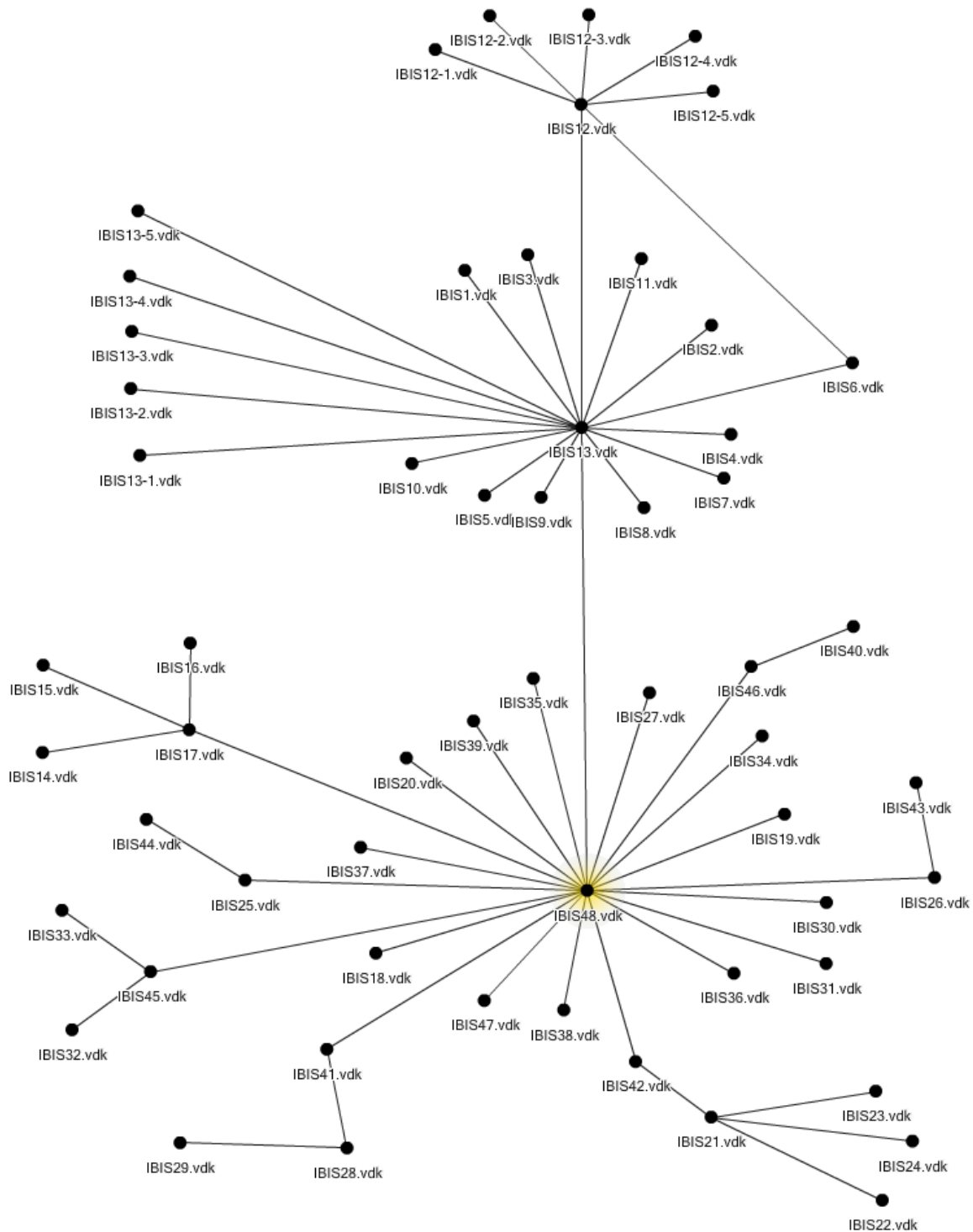


Slika 4. IBIS 13.1 – Kako treba konfigurirati uređaj da ispita sve zavare?



Slika 5. IBIS 46 – Kako osigurati dovoljan uzgon?

Mreža IBIS dijagrama prikazuje sve konstruirane dijagrame (predstavljene točkama) i veze između njih (prikazane linijama). Može se uočiti razgranata mreža s glavnim središtem u točki IBIS 48 koja opisuje konačni prototip. Na nju su prvenstveno spojene točke IBIS dijagrama iz druge i treće faze projekta. Točke iz prve faze su spojene u točku IBIS 13 koja predstavlja konfiguraciju (koncept) uređaja, a ona je potom spojena s točkom IBIS 48.



Slika 6. Mreža IBIS dijagrama

4. ORGANIZACIJA KOMUNIKACIJE

Tijekom projekta primijećeno je da predviđeni početni tijek komunikacije između timova nije u praksi dao tražene rezultate. Oformljeni komunikacijski tim relativno je dobro funkcionirao u prvoj fazi projekta gdje je zbog individualnog istraživačkog rada svakog pojedinog tima postajala mala potreba za komunikacijom i razmjenom informacija. Problem u komunikaciji između timova uočen je u drugoj, konceptualnoj fazi projekta. U toj fazi postojala je velika potreba za razmjenom ideja i informacija između timova jer je svaki tim radio na određenom podsustavu koji su morali biti međusobno kompatibilni. Problem se očitovao u maloj međusobnoj komunikaciji između članova komunikacijskog tima te slabom prenošenju informacija između timova kroz članove komunikacijskog tima. Također, budući da je unutar svakog tima postojala podjela rada, članovi komunikacijskog tima ponekad nisu mogli odgovoriti na svako pitanje vezano za područje u kojem nisu imali veliku ulogu. Iz tih razloga javila se potreba za ostvarivanjem komunikacije između timova u kojoj će sudjelovati svi sudionici projekta. Kao rješenje nastalog problema korištene su dvije metode:

- zajednički sastanci svih sudionika projekta
- korištenje virtualne bijele ploče.

4.1. Sastanci svih timova

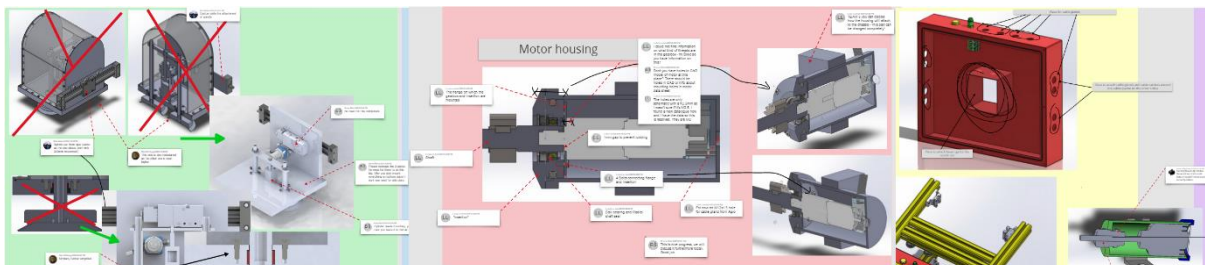
Zajednički sastanci svih timova uvedeni su drugoj fazi projekta. U početku su to bile kratke diskusije nakon predavanja, ali su kasnije, prvenstveno u trećoj fazi projekta, organizirani sastanci svih sudionika projekta jednom tjedno ili jednom u dva tjedna. Zajednički sastanci pokazali su se kao vrlo dobar način međusobne komunikacije. Na njima je svaki tim dao kratki opis u kojoj fazi su s izradom svog podsustava, koji ih problemi muče, a koje su riješili. Međusobnom diskusijom, prvenstveno o povezivanju podsustava, uočeni su razni problemi, ali su ti isti problemi većinom riješeni upravo diskusijom. Na međusobnim sastancima studenti su tražili informacije i podatke od drugih timova koji su utjecali na njihov podsustav. Ujedno su na ovaj način voditelji timova mogli pratiti kontinuirani rad studenata i po potrebi ih usmjeravati u radu. Na sastancima je ponekad bio prisutan i predstavnik tvrtke partnera, što je otvorilo mogućnost za jednostavnu i brzu komunikaciju sa studentima, upoznavanje studenata s postojećim rješenjima i praksom tvrtke, kao i usmjeravanje studenata prema konačnom izgledu i konstrukciji prototipa.

4.2. Virtualna bijela ploča

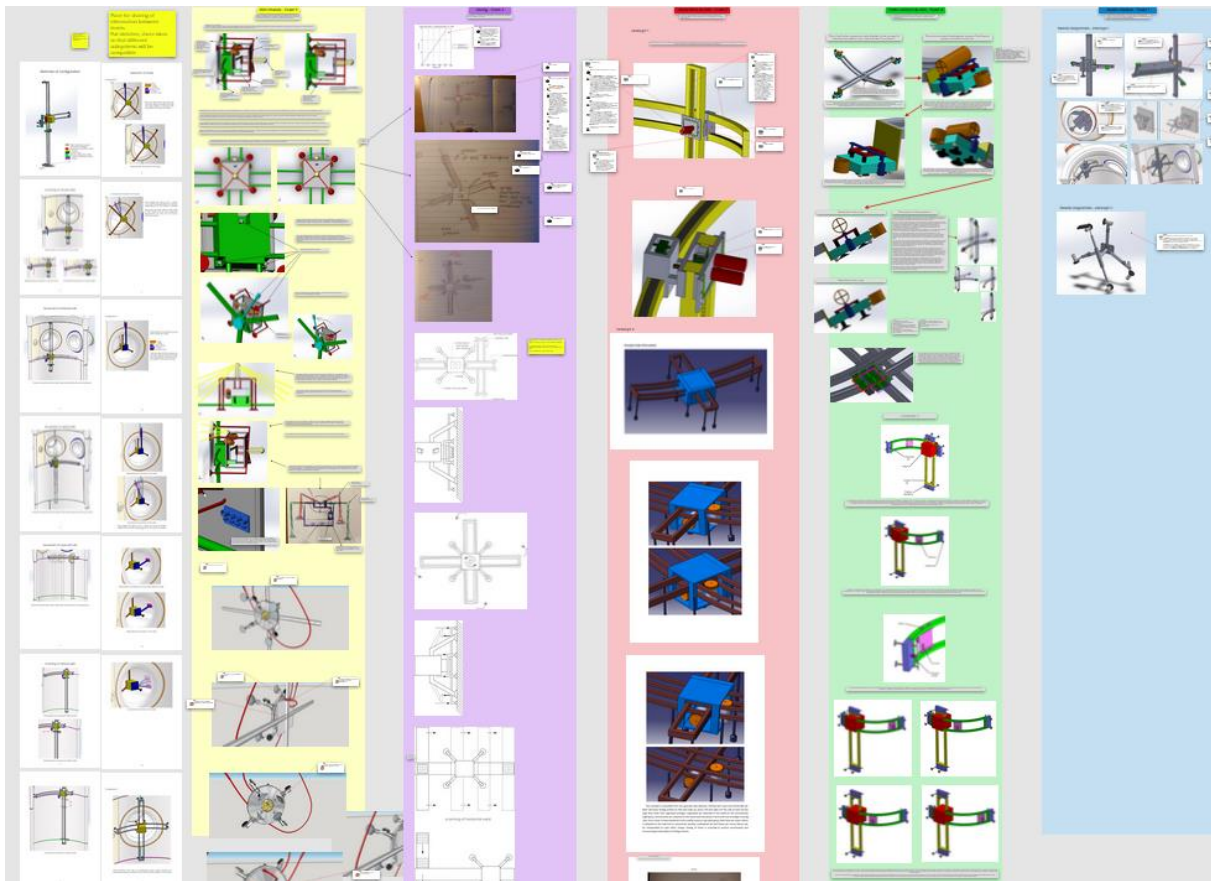
Kao dodatni alat za pomoć komunikaciji korištena je virtualna bijela ploča, odnosno „whiteboard“. Virtualna bijela ploča predstavlja računalnu zamjenu za fizičku bijelu ploču koja se često koristi za razmjenu ideja, skica i organizaciju projekata te kao takva omogućava pristup i uređivanje ploče s bilo koje lokacije pomoću računala. Pomoću ovog alata organizirana je razmjena ideja, skica i informacija između svih timova. Za virtualnu bijelu ploču korištena je besplatna online verzija servisa „Conceptboard“ [6]. Korišteni servis omogućuje stvaranje virtualnih bijelih ploča te postavljenje i dijeljenje slika i dokumenata raznih formata (.jpg, .png, .pdf, .doc, .xls, .ppt) pomoću njih. Također je moguće crtati po ploči, stavljati bilješke, pisati tekst, označavati i komentirati sadržaj. Kao vrlo praktična mogućnost nudi se korištenje komentara za dodjeljivanje zadataka. Zadatak se može dodijeliti pojedinom registriranom korisniku ili ostaviti nedodijeljen, kao opći zadatak, a promjenom statusa (otvoren zadatak ili završen zadatak) može se jednostavno pratiti tijekom rada i napredak.

Za potrebe projekta EGPR 2015 korištene su dvije virtualne bijele ploče, za drugu i treću fazu projekta. Pristup bijelim pločama imali su svi studenti, voditelji timova i tvrtka partner.

Studenti su počeli koristiti bijelu ploču nakon odabrane konfiguracije uređaja u drugoj fazi. Početna organizacija ploče temeljila se na pet područja različitih boja (Slika 8.), po jedno područje za svaki tim. Unutar svog područja timovi su stavljali slike i dokumente koji prikazuju njihov rad uz dodatak dodatnih objašnjenja i bilješki. Budući da je sav rad svih timova bio na jednom mjestu, studenti su imali uvid u trenutni rad drugih timova, mogli su uočiti i komentirati probleme koji bi mogli dovesti do nekompatibilnosti podsustava. Također pomoću ovog alata voditelji timova i predstavnici tvrtke mogli su vidjeti tijek projekta i po potrebi usmjeravati studente u njihovom radu.



Slika 7. Detalji virtualne bijele ploče



Slika 8. Virtualna bijela ploča druge faze projekta

Virtualna bijela ploča bila je dobro prihvaćena od strane studenata te su ju često koristili i s vremenom se količina sadržaja na virtualnoj bijeloj ploči kontinuirano povećavala (Slika 9.). Ona je poboljšala međusobnu komunikaciju, prvenstveno kroz razmjenu informacija i dijeljenje sadržaja rada svih timova. Budući da su studenti imali međusoban uvid u rad preko virtualne bijele ploče, to je omogućilo bolje shvaćanje konstrukcijskih problema, detektirani su konstrukcijski problemi, kao i problemi s međusobnom kompatibilnošću različitih podsustava. Zbog svih spoznaja koje je prvenstveno omogućila kolaboracija pomoću virtualne bijele ploče, poboljšala se i sveukupna komunikacija između timova, sastanci svih timova postali su produktivniji jer su glavni problemi uočeni ranije, tako da se više vremena moglo posvetiti samom rješavanju problema.



Slika 9. Virtualna bijela ploča treće faze projekta

5. ANALIZA KONSTRUKCIJSKIH PROBLEMA I KOMUNIKACIJE

5.1. Konstrukcijski problemi

Unutar projekta EGPR 2015 pojavio se veliki broj konstrukcijskih problema, oni su uzrokovali razna konstrukcijska rješenja i odluke. Studenti su u većini slučajeva vrlo lako sami uočavali konstrukcijske probleme te su ih s više ili manje uspjeha rješavali. Problem je bio izostanak jedinstvenog načina zapisa uočenih konstrukcijskih problema, kao i odluka koje su pomogle u rješavanju problema. Ovdje je važno naglasiti da konstrukcijski problemi i njihov zapis u obliku IBIS dijagrama koji su ranije prikazani, iako rađeni u većoj ili manjoj mjeri paralelno s odvijanjem razvojnog projekta, nisu bili dostupni sudionicima projekta i ne smatraju se dijelom projekta, već zasebnim istraživanjem za potrebe izrade ovog diplomskog rada.

Osim izostanka zapisa konstrukcijskih problema, kao veliki problem pokazao se nedostatak informacije o statusu konstrukcijskog problema, odnosno informacija je li konstrukcijski problem riješen ili ne te na koji način. To je uzrokovalo čekanje da se prikupe potrebne informacije, ponavljane su neke radnje i uzrokovana zbrka u međusobnoj komunikaciji. Uz to argumenti za određene odluke nisu bili uvijek jasno istaknuti, bilo u izvješćima ili na virtualnoj bijeloj ploči. Samo uvođenje virtualne bijele ploče poboljšalo je detektiranje konstrukcijskih problema, osobito kod konstrukcijskih problema između različitih podsustava. Zbog komunikacije i razmjene informacija preko virtualne bijele ploče poboljšalo se i ubrzalo rješavanje konstrukcijskih problema.

5.2. Komunikacija

Unatoč tome što su na početku projekta definirani tijekovi komunikacije koji su se odvijali kroz projekt, uočeni su mnogi problemi u komunikaciji poput sporog tijeka informacija, neobavješćavanje o napravljenim promjenama, nerazumijevanje raspodjele zadataka i slično. Kako bi se pokušali riješiti nastali problemi u komunikaciji tijekom projekta uvedena je virtualna bijela ploča za međusobnu komunikaciju te sastanci svih sudionika projekta. Navedene promjene poboljšale su međusobnu komunikaciju između timova, ali nisu uklonile sve probleme. Kao ključni problemi u komunikaciji pokazali su se:

- mala međusobna komunikacija između timova
- neupućenost tima u rad drugih timova
- sporost u dobivanju potrebnih informacija
- redoslijed izvršavanja zadataka.

Prije uvođenja sastanaka svih sudionika projekta komunikacija između timova gotovo uopće nije postojala. Oformljeni komunikacijski tim koji je bio zadužen za komunikaciju između timova u praksi nije funkcionirao. Iako je komunikacijski tim imao nekoliko sastanaka, komunikacija na tim sastancima nije bila produktivna, nije se razvijala međusobna diskusija, a aktualni problemi se u pravilu nisu riješili. Također veliki problem bila je i komunikacija studenata iz komunikacijskog tima prema svojim timovima, odnosno informacije koje su dogovorene unutar komunikacijskog tima nisu u potpunosti i na vrijeme prosljeđene timovima. U tom trenutku glavna komunikacija između timova bila je na svakoj lokaciji zasebno. Tu je problem predstavljala rascjepkanost komunikacije, jer u nju u konačnici nisu bili uključeni svi sudionici projekta, odnosno jedna lokacija nije imala uvid o čemu se komuniciralo na drugim lokacijama. Uvođenje sastanaka svih sudionika projekta poboljšalo je međusobnu komunikaciju između timova. Tom komunikacijom omogućila se jednaka dostupnost svih informacija svim sudionicima. Sami sastanci bili su produktivni i na svakom sastanku su razriješeni mnogi problemi, timovi su si međusobno postavljali pitanja i dogovarali daljnji rad. Kao najveći problem ove komunikacije bila je duljina trajanja. Zbog velikog broja sudionika i velikog broja problema sastanci su trajali ponekad i duže od 120 minuta. Iz tog razloga produktivnost na kraju sastanka nije bila na razini kao na početku, neke informacije su se više puta ponavljale, a bilo je i sporosti u komunikaciji jer nije uvijek bilo jasno tko bi trebao odgovoriti na koje pitanje. Kroz ovaj način komuniciranja, potpomognut virtualnom bijelom pločom, studenti su dobili bolji uvid gdje je svaki tim sa svojim radom. Upravo se virtualna bijela ploča pokazala kao vrlo dobar alat za razmjenu ideja i upućenost u rad timova. Najveći problem kod virtualne bijele ploče ponekad je bilo neredovito održavanje sadržaja te su se na njoj nalazile zastarjele informacije koje su se u međuvremenu promijenile, što se odražavalo na rad drugih timova. To je ujedno uzrokovalo sporost u razmjeni informacija među timovima. Još jedan velik problem u komunikaciji i razmjeni ideja bilo je nepostojanje rasporeda izvršavanja zadataka između timova. Zbog kompleksnosti projektnog zadatka, raspodijele na pet timova koji razvijaju različite podsustave, često se događalo da nije jasno koji bi trebao biti raspored izvršavanja zadataka. Ujedno vrlo česta situacija bila je čekanje s izvršavanjem zadatka jednog tima, zbog toga što čekaju neku informaciju od drugog tima, odnosno drugi tim istovremeno čeka na informaciju od tog istog tima ili nekog trećeg. To je uzrokovalo zastoje u radu na projektu jer nije bilo kontinuirane međusobne komunikacije između samo dva ili tri tima kako bi se takvi problemi što prije razriješili.

5.3. Poboljšanja za rješavanje konstrukcijskih problema i komunikaciju

Uvid u cjelokupan projekt, kao i sudjelovanje u procesu komuniciranja, ali i organizaciji same komunikacije, omogućio je opažanje raznih problema koji su se javljali u projektu, a vezani su za zapis znanja i komunikaciju. Iz tog razloga daju se sljedeći prijedlozi poboljšanja kako organizirati kompleksan projekt u budućnosti, kako olakšati zapis znanja i sljedivost u razvoju te kako poboljšati komunikaciju između sudionika projekta kako bi se projekt lakše vodio i odvijao, odnosno kako bi se ispunili ciljevi projekta.

5.3.1. Prijedlog 1

Prilikom pregleda dokumenata koji su stvoreni u projektu određenu konfuziju stvara nomenklatura dokumenta. Trenutno ne postoji jedinstveno imenovanje dokumenata (u ovom radu nazivi su promijenjeni naknadno) i zbog toga postoje različiti stilovi imenovanja. Ponekad iz naziva dokumenata nije jednoznačno jasno na što se dokument odnosi, tko je autor i kada je dokument napravljen. Zbog navedenih razloga predlaže se sljedeći način nomenklature dokumenata u EGPR projektima























GGGG – MM – DD – Autor – Faza Naziv

gdje svako polje ima pripadajuće značenje:

- GGGG – MM – DD – godina, mjesec i dan nastanka dokumenta
- Autor – autor dokumenta: Tim 1, Tim 2,... ili EGPR ako su autori dokumenta voditelji timova
- Faza – oznaka faze u kojoj je nastao dokument
- Naziv – opisni naziv dokumenta poput: prezentacija, izvješće, upute.

Budući da je glavni jezik projekta engleski jezik, predloženu nomenklaturu treba primijeniti na engleskom jeziku. Ovaj način nomenklature omogućuje kronološko sortiranje dokumenata (Slika 10.) i lakši pronalazak traženog dokumenta, što omogućuje lakši uvid u projekt i dokumente unutar projekta. Uz samu nomenklaturu potrebno je promijeniti mjesto spremanja dokumenata unutar mapa na „BSCW serveru“. U pravilu svaki tim sprema svoje datoteke unutar svojih mapa koje nisu vidljive drugim timovima te ih potom voditelji timova moraju premješati u mape koje su vidljive svima. Iz toga razloga predlaže se da timovi izravno

spremaju sve svoje završne dokumente u jednu zajedničku mapu koja po potrebi može dodatno sadržavati podmape za svaku fazu projekta. Na ovaj način organizacija dokumenata bila bi preglednija te bi se omogućio lakši i brži pronalazak potrebnih dokumenata.

-  2015-02-12-EGPR 2015 - Problem description
-  2015-02-26-EGPR 2015 - Guide for the first project phase
-  2015-03-16-Team 1 - 1st Phase Presentation
-  2015-03-16-Team 1 - 1st Phase Report
-  2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Presentation
-  2015-03-16-Team 2 - 1st Phase Report
-  2015-03-16-Team 3 - 1st Phase Presentation
-  2015-03-16-Team 3 - 1st Phase Report
-  2015-03-16-Team 4 - 1st Phase Presentation
-  2015-03-16-Team 4 - 1st Phase Report
-  2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Presentation
-  2015-03-16-Team 5 - 1st Phase Report
-  2015-03-18-EGPR 2015 - 1st Project Review - Feedback - London
-  2015-03-19-EGPR 2015 - 1st Project Review - Feedback - Zagreb
-  2015-03-19-EGPR 2015 - Guidelines for first two weeks of second phase
-  2015-03-23-Team 1 - 2nd Phase Scanning method
-  2015-03-23-Team 2 - 2nd Phase Scanning method
-  2015-03-23-Team 3 - 2nd Phase Scanning method
-  2015-03-23-Team 4 - 2nd Phase Scanning method
-  2015-03-23-Team 5 - 2nd Phase Scanning method
-  2015-03-24-EGPR 2015 - Questions and Answers
-  2015-03-25-EGPR 2015 - 1st Project Review - Feedback - INETEC

Slika 10. Nomenklatura dokumenata

5.3.2. Prijedlog 2

Unutar projekta, prilikom razrješavanja konstrukcijskih problema, događao se gubitak tijekom informacija. Zbog navedenog razloga predlaže se da studenti tijekom projekta izrađuju IBIS dijagrame koji bi pratili tijek rješavanja konstrukcijskih problema, sva moguća rješenja, argumente za i protiv te statuse je li konstrukcijski problem riješen ili ne, odnosno koja su rješenja prihvaćena, a koja odbačena i zašto. Svi IBIS dijagrami trebali bi se nalaziti na jednom mjestu kako bi bilo koji sudionik projekta mogao dobiti uvid u cjelokupan projekt, znati koje su odluke donesene te razloge i argumente koji stoje iza tih odluka. Na spomenuti način dobila bi se sljedivost u razvoju, olakšalo razumijevanje konstrukcijskih problema i ubrzalo izvođenje zadataka jer bi većina informacija bila lako i brzo dostupna. Također IBIS dijagrami bi olakšali

proces donošenja konstrukcijskih odluka i omogućili bolju, bržu i kvalitetniju evaluaciju ponuđenih rješenja te odabir istih.

5.3.3. *Prijedlog 3*

Upotreba virtualne bijele ploče pokazala se kao odličan alat za kolaboraciju i razmjenu ideja. Također je snažno utjecala na poboljšanje komunikacije između timova jer je omogućila lakšu vizualizaciju, odnosno prezentaciju ideja i rada između timova. Iako je imala mnogo pozitivnih strana i puno se koristila tijekom druge i treće faze projekta, sve mogućnosti virtualne bijele ploče u obliku servisa „Conceptboard“ nisu iskorištene. Ta činjenica se prvenstveno odnosi na nepostojanje osnovnog seta pravila uporabe, jer su svi sudionici projekta učili koristiti „Conceptboardom“ tijekom rada na projektu, odnosno „u hodu“. Iz tog razloga bilo je razlike u korištenju servisa od korisnika do korisnika, odnosno nije bilo jednoznačne uporabe svih alata i mogućnosti unutar „Conceptboarda“. Također svi korisnici „Conceptboarda“ nisu imali izrađen korisnički račun, nego su servis koristili pomoću gostujućeg računa. Takva upotreba „Conceptboarda“ onemogućila je korištenje opcije za dodjeljivanje zadataka, koja bi prilikom korištenja u punom obujmu svojih mogućnosti olakšala suradnju između timova. Zbog prethodno navedenih razloga predlaže se da se u budućnosti, prilikom suradnje na sličnim projektima, prije upotrebe „Conceptboarda“ svim sudionicima projekta daju početne korisničke upute koje bi jednoznačno definirale upotrebu „Conceptboarda“ (ili sličnog alata). Navedene upute morale bi sadržavati sljedeća pravila i smjernice:

- izrada korisničkog računa
- način opisivanja sadržaja objavljenog na virtualnoj bijeloj ploči
- način komentiranja i postavljanja pitanja, odnosno dodjele zadataka.

Izrada korisničkog računa omogućila bi korištenje svih mogućnosti servisa, a osobito opcije dodjeljivanja zadataka drugim korisnicima i slanja obavijesti kako bi se ubrzao rad i suradnja. Za izradu korisničkih računa postoje dvije mogućnosti. Prva mogućnost je da svaki korisnik ima vlastiti račun i u tom slučaju zadaci bi se dodjeljivali svakom korisniku individualno. Druga mogućnost je izrada korisničkog računa za cijeli tim. U tom slučaju svi članovi jednog tima radili bi pomoću jednog korisničkog računa, a zadaci bi se dodjeljivali timovima te bi članovi tima međusobno mogli raspodijeliti dodijeljene im zadatke.

U ovom projektu nije bilo jedinstvenog načina opisivanja sadržaja koje su timovi objavljivali na virtualnoj bijeloj ploči. Za tekstualne opise korišteni su tekstualni okviri, virtualne naljepnice

i komentari. Iz tog razloga preglednost ploče nije bila dobra jer se nije jasno moglo vidjeti koji su dijelovi samo opisni, a koji sadrže određena pitanja i probleme koje treba riješiti. Zbog toga bi u budućnosti trebalo za opisivanje sadržaja koristiti isključivo tekstualne okvire; za komentiranje rada drugih korisnika i postavljanje pitanja koristiti isključivo opciju za komentiranje, jer bi se na taj način mogli dodjeljivati zadaci timovima ili pojedinim korisnicima. Takvom upotrebom komentara omogućilo bi se korištenje opcije za dodjeljivanje statusa svakom zadatku.

Primjenom predloženih uputa virtualna bijela ploča bila bi puno preglednija, suradnja olakšana, a uporabom statusa moglo bi se jednostavno i brzo vidjeti koji su zadaci izvršeni, a koje tek treba izvršiti.

5.3.4. Prijedlog 4

Kako bi se poboljšala komunikacija među timovima uvedeni su sastanci svih sudionika projekta. Ti sastanci pokazali su se kao vrlo dobro rješenje te su unaprijedili i poboljšali međusobnu komunikaciju. Iako je postignuta zadovoljavajuća razina međusobne komunikacije između timova, prostor za dodatna poboljšanja postoji. Najveća mana spomenutih sastanaka je bila njihova duljina te činjenica da su se počeli odražavati tek u trećoj i četvrtoj fazi projekta. Zbog navedenih razloga predlaže se održavanje kraćih, konsolidacijskih sastanaka jednom tjedno tijekom cijelog projekta (ili barem u većem dijelu projekta) u posebnom terminu ili u terminu nakon predavanja. Ti sastanci trebali bi biti relativno kratki, odnosno njihovo trajanje ne bi trebalo biti duže od 20 do 30 minuta. Oni bi služili međusobnom razmjenjivanju informacija među svim timovima te rješavanju ključnih problema. Kako bi navedeni sastanci bili kratki i produktivni mora postojati jasno definirana struktura sastanaka. Ideja je da svaki tim predstavi drugima svoj rad koji su napravili od prethodnog sastanka. Predstavljanja bi trebala biti vrlo kratka, u trajanju do 5 min. Također studenti bi imali priliku međusobno si postavljati pitanja ili reći na koje su probleme naišli. Uvođenjem ovakvih sastanaka međusobna komunikacija bila bi češća, što bi trebalo dovesti do poboljšanja cjelokupne komunikacije. Ubrzalo bi se izvođenje projekta i rješavanje problema jer bi studenti imali bolji uvid u rad drugih, stvorilo bi se više ideja i olakšala kolaboracija. Ovi sastanci ne bi u potpunosti isključili postojeće diskusijske („duge“) sastanke nego bi služili kao njihova nadopuna. Diskusijski sastanci bi se i dalje održavali prema potrebi kada postoji veći broj problema koje treba riješiti, odnosno kada je prisutan predstavnik tvrtke kako bi studenti imali priliku komunicirati s njime i dobiti potrebne informacije. Osnovna usporedba dva tipa sastanaka prikazana je u tablici.

Tablica 6. Usporedba dva tipa sastanaka

	Konsolidacijski sastanci	Diskusijski sastanci
Trajanje	do 30 min	do 120 min
Učestalost održavanja	jednom tjedno	po potrebi, jednom do dva puta unutar svake faze projekta
Sudionici	studenti, moguće voditelji timova	svi sudionici projekta, uključujući predstavnika tvrtke

5.3.5. Prijedlog 5

Kao dodatan način komunikacije koji nije verbalan, odnosno preko videokonferencija, predlaže se uvođenje tekstualne elektroničke komunikacije. Za potrebe takve komunikacije predlaže se uvođenje internetskog foruma. Internetski forumi u svojoj biti omogućuju razmjenu mišljenja između sudionika pomoću poruka koje se objavljuju u različitim kategorijama i temama. Uvođenjem foruma studenti bi mogli otvarati teme za određene probleme te unutar njih postavljati pitanja, razmjenjivati mišljenja, odnosno kroz diskusiju tražiti i odabrati najbolja rješenja konstrukcijskih problema.

Kao alternativa forumu mogu poslužiti društvene mreže, prvenstveno „Facebook“. Otvaranjem posebne grupe unutar „Facebooka“, čiji su članovi samo sudionici projekta mogu se također postavljati pitanja te kroz komentare diskutirati o problemima koje treba riješiti. Dosadašnja praksa pokazala je da studenti unutar svojih timova intenzivno koriste društvene mreže ne samo za suradnju na projektu nego i za osobnu, privatnu komunikaciju nevezanu za projekt. Osobna komunikacija omogućuje bolje međusobno upoznavanje, što utječe na lakšu komunikaciju tijekom videosastanaka. Zbog navedenih razloga upotreba društvenih mreža za komunikaciju između svih studenata u projektu mogla bi biti lakše i bolje prihvaćena od posebnoga foruma.

6. SLJEDIVOST U RAZVOJNOM PROJEKTU

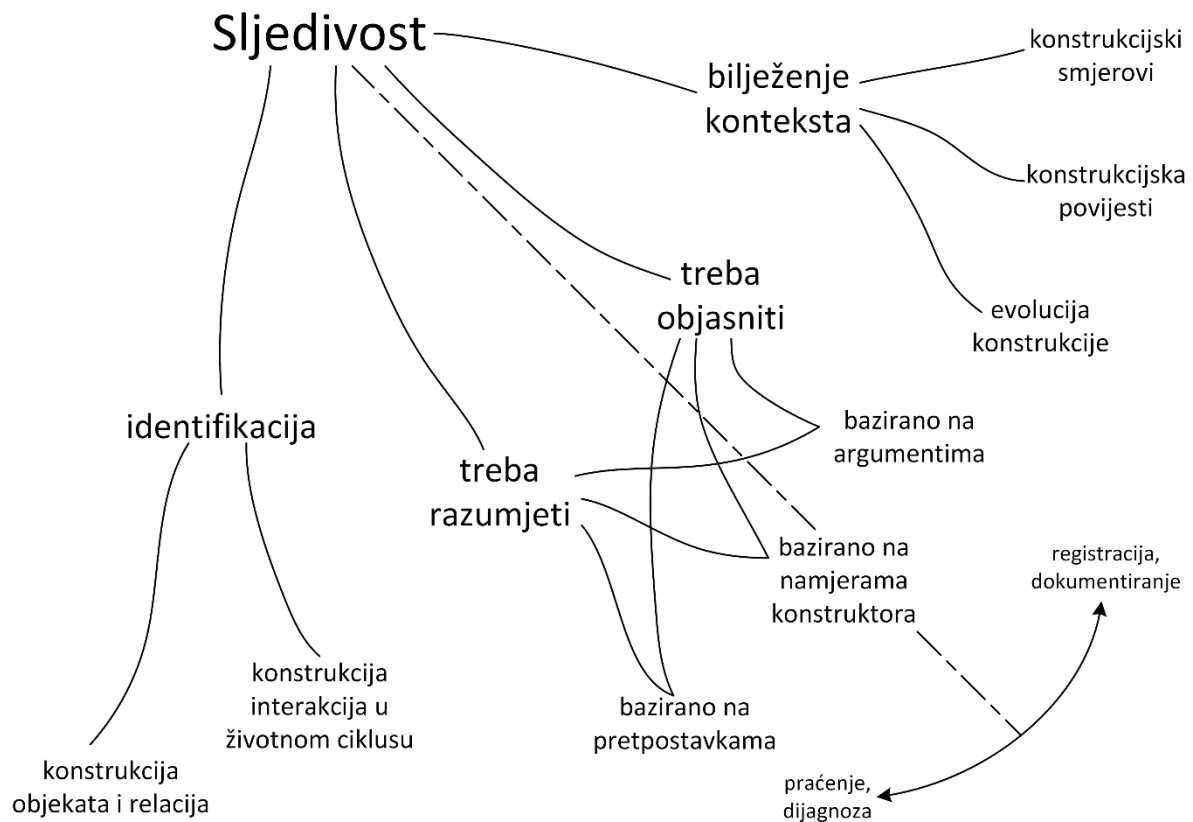
U kompleksnim razvojnim projektima, poput projekta EGPR 2015, stvaraju se velike količine informacija koje dolaze iz različitih izvora kao što su dokumenti, izvješća, proračuni, 3D modeli, elektronička pošta, zapisnici sastanaka i mnogih drugih. Količina tih informacija je velika, a kad uzmemo u obzir činjenicu da moderni razvojni projekti uključuju i cjeloživotni vijek proizvoda, količina informacija koje se stvaraju postaje još veća. Sve te informacije trebaju biti dostupne inženjerima koji rade na razvojnom projektu. Zbog podjele zadataka unutar projekta svaka informacija nije potrebna svakom inženjeru. Iz tog razloga važno je sve informacije dobro organizirati te primatelju informacija dati samo relevantne informacije, kvalitativno i kvantitativno, koje su mu potrebne za izvršavanje zadatka kako mu se ne bi dalo previše irelevantnih informacija iz kojih je teško razlučiti one koje su stvarno potrebne.

6.1. Definiranje sljedivosti

Na temelju prije spomenutih informacija donose se odluke o konstrukciji proizvoda i u konačnici se konstruira i oblikuje proizvod te sve njegove komponente i podsustavi. Budući da su sve informacije međusobno povezane, važno je uspostaviti relacije sljedivosti između njih. Kako bi se relacije sljedivosti mogle uspostaviti, potrebno je definirati pojam sljedivosti.

Sljedivost možemo objasniti kao povijest proizvoda i svake njegove značajke. Ona nam može dati vitalnu podršku u upravljanju razvojnim projektom, jer osim prikazivanja povijesti projekta može predvidjeti neke buduće potrebe u projektu. Također sve relacije sljedivosti koje se uspostave unutar konteksta razvoja proizvoda daju jasnu sliku međusobnih odnosa unutar projekta (veze između dokumenata, informacija i znanja) i opisuju razvojni projekt, daju podršku konstruiranju te postaju objekt verifikacije procesa [7].

Sljedivost može biti definirana kao faktor kvalitete konstruiranja – svojstvo koje razvojno okruženje mora imati i uključiti kao ne funkcijsku značajku [7]. Sljedivost se može prikazati kroz elemente i uvjete za primjenu sljedivosti u okruženju razvoja proizvoda (Slika 11.).



Slika 11. Glavni elementi i uvjeti sljedivosti [7]

Svaka konstrukcijska faza ima specifičan scenarij sljedivosti koji može biti opisan odgovaranjem na neka osnovna pitanja [7]:

- ŠTO su predmeti sljedivosti (ciljevi, zahtjevi, testovi i slično) kojima se upravlja tijekom konstrukcijske faze, koje su karakteristike i koje su veze između njih?
- TKO su sudionici koji imaju drugačije uloge u stvaranju, održavanju i korištenju predmeta sljedivosti i veza?
- GDJE su predmeti sljedivosti prikazani: u fizičkim medijima poput dokumenata, crteža i drugih datoteka ili u manje opipljivim stvarima poput razgovora, diskusija, elektroničke pošte, sastanaka ili u glavama ljudi?
- KAKO su predmeti sljedivosti prikazani, formalno ili neformalno?
- ZAŠTO su predmeti sljedivosti stvoreni, modificirani ili evoluirani?
- KADA su predmeti sljedivosti stvoreni, modificirani ili evoluirani?

6.2. Ciljevi i problemi sljedivosti

Cilj sljedivosti u razvojnom projektu je zapis svih semantičkih veza koje bi omogućile bolje i dublje razumijevanje proizvoda kroz sve faze životnog ciklusa proizvoda. Takav zapis sljedivosti služio bi konstruktorima i svim drugim osobama uključenim u proces za bolje shvaćanje međusobne povezanosti dijelova i značajki sustava, proces konstruiranja, proces donošenja odluka, a ujedno predstavlja i zapis znanja nastalog u razvojnom procesu koji se potom može iskoristi u budućnosti.

Budući da se sljedivost odnosi na zapis veza koje nisu opipljive, važno je te veze vizualizirati i prikazati kako bismo mogli dobiti jasnu sliku i predodžbu svih veza sljedivosti unutar razvojnog projekta. Veze se mogu prikazati pomoću mrežnog dijagrama gdje čvorovi predstavljaju predmete sljedivosti, a linije veze između njih. Takav prikaz daje jasnu vizualizaciju što je s čim povezano, a same veze se mogu vrlo lako pratiti. Drugi način prikaza veza sljedivosti je matrični prikaz. U njemu se u imenima redaka i stupaca nalaze predmeti sljedivosti, dok se veze između njih označavaju u odgovarajućem polju matrice koje povezuje dva predmeta sljedivosti. Ovakav prikaz ne daje toliko jasnu vizualizaciju kao mrežni prikaz, pogotovo kod većeg broja predmeta sljedivosti i veza između njih, ali zato omogućuje određene matrične operacije, sortiranje, klasteriranje i slično. Pomoću navedenih matričnih operacija možemo određene veze sljedivosti grupirati i organizirati kako bismo dobili dodatne informacije o sljedivosti, odnosno kako bismo sustav mogli rastaviti na manje nezavisne podsustave s kojima je lakše manipulirati.

Glavni problem sljedivosti može se opisati rečenicom „Stvari se mogu slijediti, ako ostavljaju tragove“ [7]. Iz ove rečenice može se vidjeti glavni problem sljedivosti, a to je da za predmete sljedivosti nemamo zapisani trag koji se može pratiti. Glavni uzrok tome je komunikacija između sudionika projekta. Većina informacija koje inženjeri koriste tijekom konstruiranja dolazi kroz komunikaciju, a samo manji dio kroz druge oblike izvora informacija poput računala, knjiga i crteža [8]. Problem takvog načina prikupljanja informacija je što velik dio komunikacije, prvenstveno verbalne, nije nigdje zapisan. Ako navedeni izvor informacija nije zapisan, ne ostavlja za sobom tragove te nije moguće uspostaviti relacije sljedivosti. Nešto bolja situacija je s elektroničkom komunikacijom preko elektroničke pošte ili snimanih sastanaka gdje informacije mogu ostati zapisane te se na taj način ostavljaju tragovi pomoću kojih se mogu uspostaviti relacije sljedivosti.

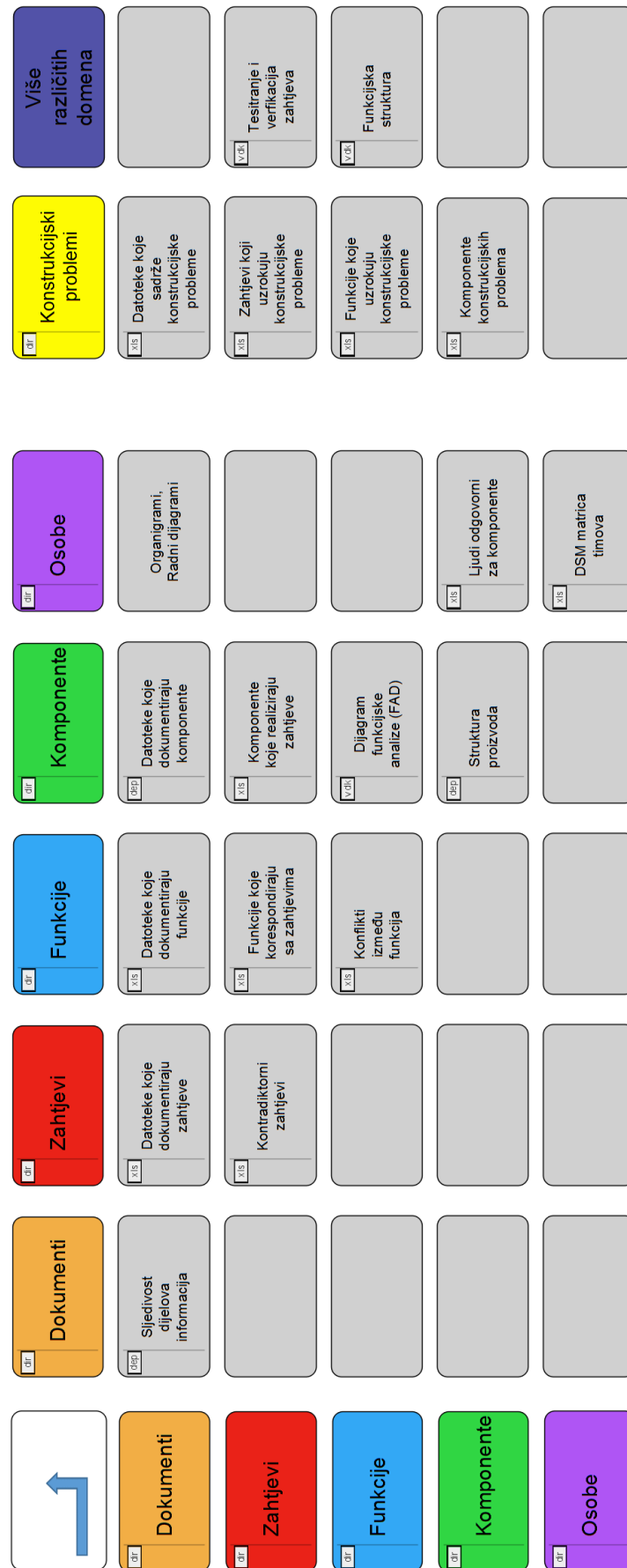
6.3. Uspostavljanje veza sljedivosti

Unutar projekta EGPR 2015 bilo je potrebno uspostaviti veze sljedivosti između svih predmeta sljedivosti, dokumenata, crteža, 3D modela, IBIS dijagrama i sudionika projekta, kako bi se dobio prikaz svih veza te lakše razumio cijeli razvojni proces. Za modeliranje sljedivosti korišten je pristup koji predlažu Pavković et al. [9]. Oni predlažu upotrebu sučelja matričnog izgleda kao početnog sučelja za sljedivost (Slika 12.). To sučelje na svojim osima sadrži različite domene. Domena se može definirati kao specifičan pogled (između više njih) na jedan kompleksan sustav. Svrha domene je stvaranje homogene mreže koja dopušta usporedbu elemenata tijekom strukturalne analize [10]. Unutar svake domene nalaze se predmeti sljedivosti, a domene su međusobno povezane relacijama. Polja na dijagonali predstavljaju relacije unutar jedne domene, dok ostala polja predstavljaju relacije između dviju različitih domena. Najveća razlika u pristupu korištenja sučelja nepravilnog matričnog oblika od korištenja MDM matrice (engl. Multiple-Domain Matrix) kao početnog sučelja koji je predlagan ranije [11] očituje se u postojanju dodatnih dvaju stupaca na desnom kraju sučelja. Krajnji stupac unutar ovog matričnog sučelja omogućava spremanje relacija koje nastaju između jedne i više drugih domena, što omogućava veću povezanost relacija sljedivosti i lakše istovremeno praćenje predmeta sljedivosti kroz različite vrste veza.

Kao što je već spomenuto, polja u početnom sučelju predstavljaju relacije između domena. Njihova svrha je bilježenje i vizualizacija veza između predmeta sljedivosti. Za tu svrhu predložena su tri koncepta sučelja za pregled veza sljedivosti [9]:

- preglednik hijerarhijske strukture
- matrični (unutar domene ili između dvije domene)
- graf (dijagram) koji se sastoji od različitih vrsta čvorova i veza.

Glavna svrha sva tri predložena koncepta je stvaranje, odnosno bilježenje, određenih veza između predmeta sljedivosti. Ovisno o tome između kojih domena se bilježe veze odabire se prikladno sučelje za zapis tih veza sljedivosti.



Slika 12. Početno sučelje za sljedivost [9]

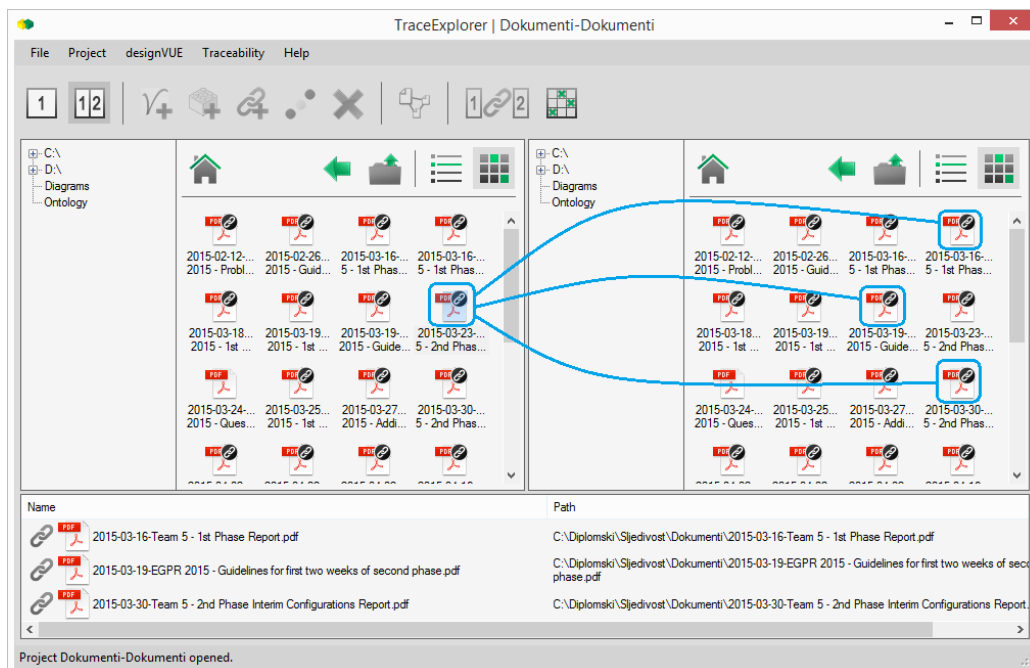
Za potrebe ovog rada veze sljedivosti uspostavljene su između datoteka i dokumenata nastalih unutar projekta EGPR 2015. Veze nisu uspostavljane za cijeli projekt, nego samo na reprezentativnome uzroku dokumenta i datoteka koje je stvorio Tim 5. Time je obuhvaćena jedna petina projekta, ali su zahvaćene sve vrste domena i predmeta sljedivosti, odnosno veza između njih. Veze su uspostavljene pomoću više različitih alata. Korišten je alat „Trace Explorer“ [12] razvijen na Katedri za konstruiranje i razvoj proizvoda za uspostavljenje veza kroz preglednik i hijerarhijsku strukturu, a pomoću njega su stvarani i dijagrami mreža između predmeta sljedivosti. Za matrični prikaz i uspostavljanje veza korišten je program „MS Excel“. Korišten je za prikaz veza, ali nije imao punu interaktivnu vezu između predmeta sljedivosti. Uz navedene programe korišten je i već prije spomenuti „designVUE (Visual Understanding Environment)“ [5]. On je prvenstveno korišten za izradu početnog sučelja za prikaz sljedivosti te dijagrame koji prikazuju veze sljedivosti između predmeta sljedivosti različitih domena.

Početno sučelje (Slika 12.) izrađeno je u programskom alatu „designVUE“. Sučelje je matričnog izgleda i sastoji se od 6 redaka i 8 stupaca. U prvom stupcu nalazi se 5 različitih domena: *dokumenti*, *zahtjevi*, *funkcije*, *komponente* i *osobe*. Klikom na određenu domenu pristupa se mapi koja sadrži elemente, odnosno objekte te domene. U slučaju domena *dokumenti* i *komponente* mape sadrže različite datoteke poput dokumenata, izvješća, crteža, 3D modela u raznim elektroničkim formatima koje su nastale tijekom projekta. Te domene sadrže „fizičke“ objekte, nešto što se može vidjeti ili opipati. Nasuprot njima su domene *zahtjevi* i *funkcije*. Te dvije domene sadrže neopipljive pojmove koji su okosnica procesa razvoja i konstruiranja, odnosno oni su centralni objekti oko kojih se cijeli proces odvija. Ti pojmovi zapisani su u različitim dokumentima i sadržani u različitim komponentama i drugim objektima. Zbog toga su u ovom radu zahtjevi i funkcije zapisani kao pojedinačne datoteke (u ovom radu u .txt formatu). Razlog takovog zapisa domena je lakše zapisivanje sljedivosti. Ujedno takav zapis omogućava da datoteka koja se odnosi na jedan pojam ujedno sadrži i informacije o tom pojmu poput datuma nastanka, autora, razloga zašto je stvoren i sličnih informacija koje opisuju taj pojam. Na isti način na koji su zapisane domene *zahtjevi* i *funkcije* zapisana je i domena *osobe*. Iako osobe fizički postoje, one su u virtualnom okruženju predstavljene pojedinačnim datotekama za lakši zapis sljedivosti, a te datoteke, kao i u prethodnom slučaju, mogle bi sadržavati informacije o osobama. Svih pet navedenih domena nalazi se i u prvom retku sučelja uz dodatak još dviju domena, *konstrukcijski problemi* i *više različitih domena*. Polje više različitih domena nije interaktivno nego samo označava situaciju kada jedna domena ima interakciju sljedivosti s dvije ili više različitih domena. Između prvog retka i stupca nalaze se

polja veza sljedivosti (područje sive boje). Svako označeno polje sadrži veze sljedivosti između domena iz odgovarajućeg retka i stupca. Klikom na određeno polje otvara se sučelje za pregled veza sljedivosti. Ovisno o vrsti veza, odnosno o domenama koje su povezane tim poljem, otvara se jedno od tri predložena sučelja koje je najprikladnije za prikaz odabranog polja.

6.3.1. Prikaz sljedivosti kroz preglednik hijerarhijske strukture

Kod povezivanja domena koje već imaju hijerarhijsku strukturu veze sljedivosti uspostavljane su kroz preglednik hijerarhijske strukture. Ovakav način modeliranja sljedivosti pokazao se kao vrlo dobro rješenje kod modeliranja veza između predmeta sljedivosti unutar jedne domene poput domene *dokumenti* i *komponente*, odnosno polja relacija *sljedivost dijelova informacija* i *struktura proizvoda*. Povezivanjem kroz ovo sučelje daje se jednostavan prikaz komplicirane strukture i međusobne povezanosti objekata unutar domene. Za modeliranje i prikaz sljedivosti hijerarhijske strukture korišten je alat „Trace Explorer“ koji osim samog uspostavljanja relacija sljedivosti omogućava i vizualizaciju relacija između objekata unutar domene. Upravo kroz sučelje preglednika omogućuje se jednostavan pregled svih povezanih objekata te je ovo rješenje bolje od matričnog ili dijagramskog koji bi zbog velikog broja objekata bili nepregledni. Unutar ovog sučelja jedan objekt se povezuje s jednim ili više drugih kako bi se dobila sljedivost (Slika 13.).



Slika 13. Sučelje preglednika i povezanost objekata

Kada se svi predmeti sljedivosti međusobno povežu dobiva se mreža (Slika 14.) koja prikazuje sve objekte i relacije sljedivosti između njih. Dobivena mreža često je vrlo kompleksna, ali zato omogućuje praćenje sljedivosti između objekata.



Slika 14. Mreža sljedivosti

Kada su sve veze sljedivosti uspostavljene, jednostavnim pretraživanjem može se doći do svih objekata, koji su ujedno dostupni klikom na ikonu objekta. Ovaj pristup sljedivosti kod kompleksnih skupova relacija, omogućuje jednostavan pregled i shvaćanje cijelog procesa te može biti od velike pomoći u traženju informacija tijekom razvojnog procesa.

6.3.2. Prikaz sljedivosti kroz matrično sučelje

Matrični prikaz učestalo se koristi u inženjerskoj praksi za upravljanje kompleksnošću. Iz tog razloga metodologija korištenja matričnih alata je dobro istražena i primijenjena. Glavna tri primjera matričnih alata koji se koriste u inženjerskoj praksi su:

- DSM matrica (engl. Design Structure Matrix)
- DMM matrica (engl. Domain Mapping Matrix)
- MDM matrica (engl. Multiple-Domain Matrix)

DSM matrica (engl. Design Structure Matrix) je alat za analizu i upravljanje kompleksnih sustava. Ona uspoređuje elemente iste domene te zbog tog razloga dijagonala matrice ne može sadržavati veze jer one ne postoje unutar elementa nego samo između dva različita elementa. DSM matrica omogućava korisniku modeliranje, vizualizaciju i analizu ovisnosti između parametra sustava te iz nje proizlaze prijedlozi poboljšanja ili sinteze sustava. Kao alat za analizu sustava DSM matrica daje kompaktan i jednostavan prikaz kompleksnog sustava te metodu prikaza interakcija, međuovisnosti i sučelja između elemenata sustava. Kao alat za upravljanje DSM matrica se najčešće koristi u upravljanju projektima gdje daje prikaz projekta koji omogućuje povratne informacije i ovisnosti cikličkih zadataka. Takav prikaz rezultira poboljšanim i realističnijim rasporedom provedbe konstrukcijskih zadataka. [10]

DMM matrica (engl. Domain Mapping Matrix) je alat za analizu i upravljanje kompleksnih sustava koji se nastavlja na DSM matrice. DMM matrica služi za usporedbu dviju DSM matrica različitih domena. To je pravokutna matrica ($m \times n$) koja povezuje dvije DSM matrice, gdje je m veličina DSM_1 matrice, a n veličina DSM_2 matrice. DMM matrica analizira se na isti način kao i DSM matrica, pritom omogućuje neke dodatne mogućnosti prvenstveno zbog usporedbe elemenata dviju različitih domena. [13]

MDM matrica (engl. Multiple-Domain Matrix) je kvadratna matrica koja kao i DSM matrica sadrži jednake elemente sustava na obje osi. Za razliku od DSM matrice različiti elementi sustava su uključeni i grupirani u domene. MDM matrica služi za određivanje opsega promatranja kompleksnog sustava i osigurava bazu za sve buduće korake u analizi takvog sustava. Stvaranje MDM matrice uključuje identifikaciju traženih domena, određivanje elemenata sustava i razine njihove detaljiranosti te povezivanje vrsta veza. Najvažnija upotreba MDM matrice je upravo u tome što može istovremeno prikazivati veze između više različitih domena i veza između njih. [14]

Upravo zbog navedenih razloga i mogućnosti koje pruža, matrični prikaz veza je vrlo dobar alat za prikaz sljedivosti. Posebice je podoban za prikaz veza sljedivosti unutar domene ili između dviju domena. Zbog toga su matrični prikazi, prvenstveno DSM i DMM matrice, korišteni za prikaz sljedivosti unutar projekta EGPR 2015. Primjeri upotrebe su u poljima *relacija datoteke koje dokumentiraju zahtjeve, datoteke koje dokumentiraju funkcije, kontradiktorni zahtjevi, komponente koje realiziraju zahtjeve, ljudi odgovorni za komponente* i slična polja unutar sučelja sljedivosti između iste ili dviju različitih domena. U ovom radu matrični prikazi izrađeni su u programu „MS Excel“. Elementi domena su interaktivni, odnosno povezani hiperlinkom tako da se klikom da određeni element u DSM ili DMM matrici otvara

datoteka tog elementa. Same oznake relacija (polja ispunjena s X) nisu interaktivne nego samo predstavljaju vizualnu reprezentaciju veza sljedivosti. Matrični prikaz bio je najkorišteniji prikaz sljedivosti u ovom radu. U nastavku se nalaze reprezentativni primjeri upotrebe DSM i DMM matričnog prikaza za sljedivost.

Primjer DSM matrice je polje *kontradiktorni zahtjevi* (Slika 15.). Ova matrica prikazuje veze unutar domene *zahtjevi*, točnije prikazuje kontradiktorne veze između dva zahtjeva. Prikaz ovih veza je od velike koristi u razvojnom procesu jer kontradiktornosti uzrokuju veliki broj konstrukcijskih problema koje treba riješiti tijekom konstrukcijske razrade i razvoja.

		Zahtjevi										
		01. Uređaj mora biti što manjih dimenzija kako bi se osigurala laka prenosivost..txt	02. Uređaj ne smije oštetiti površinu reaktora prilikom ispitivanja..txt	03. Površina uređaja mora biti glatka kako bi se osigurala jednostavna dekontaminacija..txt	04. Kontrolna jedinica s elektronikom se nalazi izvan reaktorske posude..txt	05. Uređaj se mora moći gibati pod vodom u svim smjerovima..txt	06. Uređaj se mora moći gibati po unutarnjoj površini reaktorske posude..txt	07. Uređaj se mora gibati s preciznošću od $\pm 5^\circ$ i ± 50 mm, a pozicionirati s preciznošću od ± 5 mm..txt	08. Uređaj se mora moći učvrstiti za unutarnju površinu reaktorske posude..txt	09. Prilikom ispitivanja ispitne sonde se mora gibati u dvije okomite osi, jednoj za ispitivanje i drugoj za inkrementalni pomak..txt	10. Uređaj se nadgleda pomoću kamera, te se područje nadzora mora osvijetliti..txt	11. Treba težiti neutralnom uzgonu uređaja..txt
Zahtjevi	01. Uređaj mora biti što manjih dimenzija kako bi se osigurala laka prenosivost..txt						X		X	X		X
	02. Uređaj ne smije oštetiti površinu reaktora prilikom ispitivanja..txt							X	X			
	03. Površina uređaja mora biti glatka kako bi se osigurala jednostavna dekontaminacija..txt						X					
	04. Kontrolna jedinica s elektronikom se nalazi izvan reaktorske posude..txt										X	
	05. Uređaj se mora moći gibati pod vodom u svim smjerovima..txt	X					X		X			
	06. Uređaj se mora moći gibati po unutarnjoj površini reaktorske posude..txt					X		X				
	07. Uređaj se mora gibati s preciznošću od $\pm 5^\circ$ i ± 50 mm, a pozicionirati s preciznošću od ± 5 mm..txt											
	08. Uređaj se mora moći učvrstiti za unutarnju površinu reaktorske posude..txt		X				X					
	09. Prilikom ispitivanja ispitne sonde se mora gibati u dvije okomite osi, jednoj za ispitivanje i drugoj za inkrementalni pomak..txt		X									
	10. Uređaj se nadgleda pomoću kamera, te se područje nadzora mora osvijetliti..txt				X							
	11. Treba težiti neutralnom uzgonu uređaja..txt											

Slika 15. DSM matrica – Kontradiktorni zahtjevi

Primjer DMM matrice je polje *osobe odgovorne za komponente* (Slika 16.) u kojoj su povezane dvije domene *komponente* i *osobe*. U ovoj matrici prikazane su veze između osoba,

odnosno timova i komponenti za koje su zaduženi. Ovaj prikaz nam daje jednostavnu i preglednu vizualizaciju kako bismo pratili veze sljedivosti između osoba i komponenata. Ujedno omogućuje organizacijsko praćenje osoba i zadatak za koje su zaduženi te nam osim sljedivosti daju uvid u organizacijsku strukturu. Ova DMM matrica zajedno s DSM matricom timova može pomoći u organizaciji i upravljanju timova i projekta.

		Osobe												
		Ivan Fatović.txt	Jure Bartol.txt	Rita MOLNAR.txt	Sara Fink.txt	Tvrtko Čorić.txt	Zsuzsanna MOLNAR.txt	Tim 1.txt	Tim 2.txt	Tim 3.txt	Tim 4.txt	Tim 5.txt	Tvrtka.txt	Voditelj.txt
Komponente	Držači vodilica.txt		X							X				
	Modul za ispitivanje sapnice.txt						X							
	Pokrov.txt			X			X							
	Razvodna kutija.txt				X	X								
	Strukturalni okvir.txt	X	X											
	Šasija.txt											X		
	Tračnice s modulom za ispitivanje.txt								X	X				
	Uređaj.txt							X	X	X	X	X		

Slika 16. DMM matrica – Osobe odgovorne za komponente

Upotreba matričnog prikaza sljedivosti pokazala se kao vrlo dobar i jednostavan alat za upotrebu. Pomoću DSM i DMM matrica relacije sljedivosti mogu se uspostavljati relativno brzo u odnosu na preglednik i dijagramski prikaz. Preglednost zapisa je vrlo dobra te korisnik može vrlo brzo uočiti međusobne veze sljedivosti između objekata.

6.3.3. Prikaz sljedivosti kroz dijagramsko sučelje

Dijagramsko sučelje omogućava uspostavljanje i praćenje sljedivosti pomoću vizualizacije koja se prvenstveno ostvaruje kroz dijagrame (grafove). Dijagram se sastoji od dva glavna elementa: čvorova i linija, gdje linija međusobno povezuje dva čvora. Kod uspostavljanja

sljedivosti pomoću dijagrama čvorovi predstavljaju predmete sljedivosti (elemente domene), a linije relacije između njih. Svaki čvor sadržava informacije, odnosno hiperlink koji vodi do zapisa elementa domene u obliku dokumenta, 3D modela, crteža ili nekog drugog oblika elektroničkog zapisa. Kako se prilikom izrade dodaju razni čvorovi i linije koje ih povezuju, stvara se mreža sljedivosti. Budući da je ovo vizualna metoda, ta vizualizacija čini veze između predmeta sljedivosti doslovno vidljivima, odnosno uočljivima. Osim vizualizacije, druga velika prednost korištenja ovakvog prikaza kod uspostavljanja relacija sljedivosti je mogućnost dijagrama da istovremeno sadrži više vrsta domena i vrsta veza. Zbog toga dijagramom možemo prikazati relacije sljedivosti unutar domene, ali i između više različitih domena. [9]

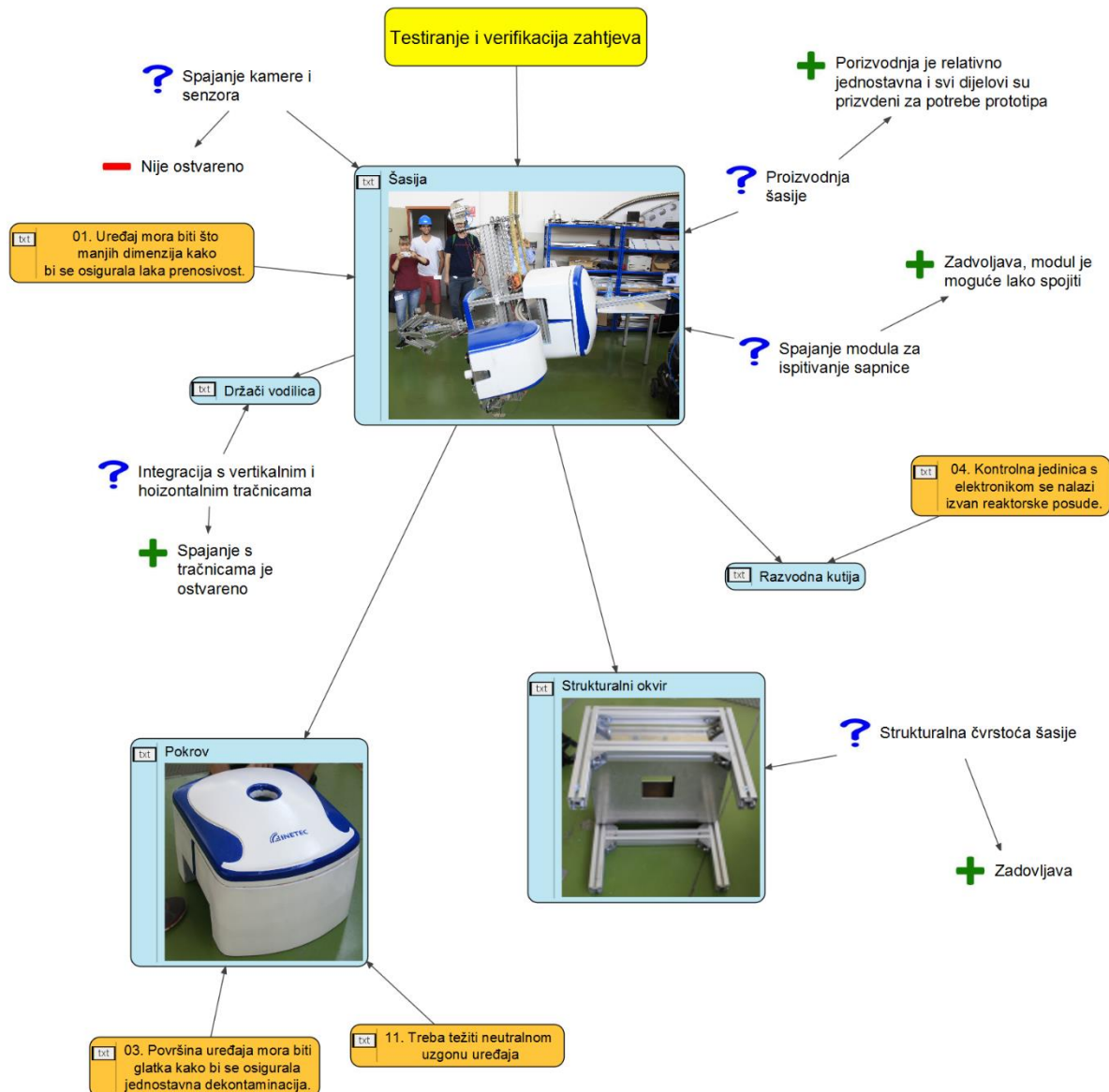
Dijagramska sučelja pokazala su se kao vrlo dobra za prikazivanje relacija između domene *funkcije* i drugih domena, kao i relacije između više različitih domena istovremeno. U ovom radu dijagramski prikaz sljedivosti izrađen je pomoću alata „designVUE“, a korišteno je nekoliko različitih vrsta dijagrama. Korišteni su već prethodno opisani IBIS dijagrami (poglavlje 3.2.), FAD dijagram (engl. Function Analysis Diagram) i funkcijska struktura.

FAD (engl. Function Analysis Diagram) dijagram sastoji se od mreže blokova koji predstavljaju strukturu proizvoda, korisnike ili druge resurse te veza prikazanih pomoću strelica s oznakama koje predstavljaju korisnu ili štetnu poveznicu. FAD dijagram, za razliku od funkcijskog stabla i funkcijske strukture, predstavlja funkcije zajedno s fizičkim elementima proizvoda. Modeliranje sustava pomoću FAD dijagrama koristi blokove za predstavljanje strukture proizvoda, uključujući elemente prijenosa energije poput žica i vratila, a također i volumen materijala, bilo unutarnji ili u transferu između sustava. Strelice s oznakom koriste se za funkcije, uključujući prijenos energije kroz sučelje proizvoda kao i tok informacija. [15]

Funkcijska struktura predstavlja smislenu i kompatibilnu kombinaciju podfunkcija koje čine ukupnu funkciju [16]. To je apstraktni opis funkcija koje proizvod ili sustav mora ispuniti neovisno o fizičkoj realizaciji rješenja koje će biti primijenjena kako bi se ostvarila željena funkcija. Svrha funkcijske strukture je da svojim apstraktnim opisom daje pogled na sustav iz drugačije perspektive, kako bi se ukupna funkcija razložila na podfunkcije za koje je moguće pronaći parcijalna rješenja. Funkcijska struktura daje jasniju definiciju problema te pomaže u razvoju proizvoda.

Primjer upotrebe IBIS dijagrama je prikaz polja sljedivosti *testiranje i verifikacija zahtjeva* (Slika 17.). U ovom prikazu sadržano je više različitih domena koje su međusobno povezane poput *zahtjeva* i *komponentata*, a uz same domene sadrži informacije koje su prikupljene tijekom

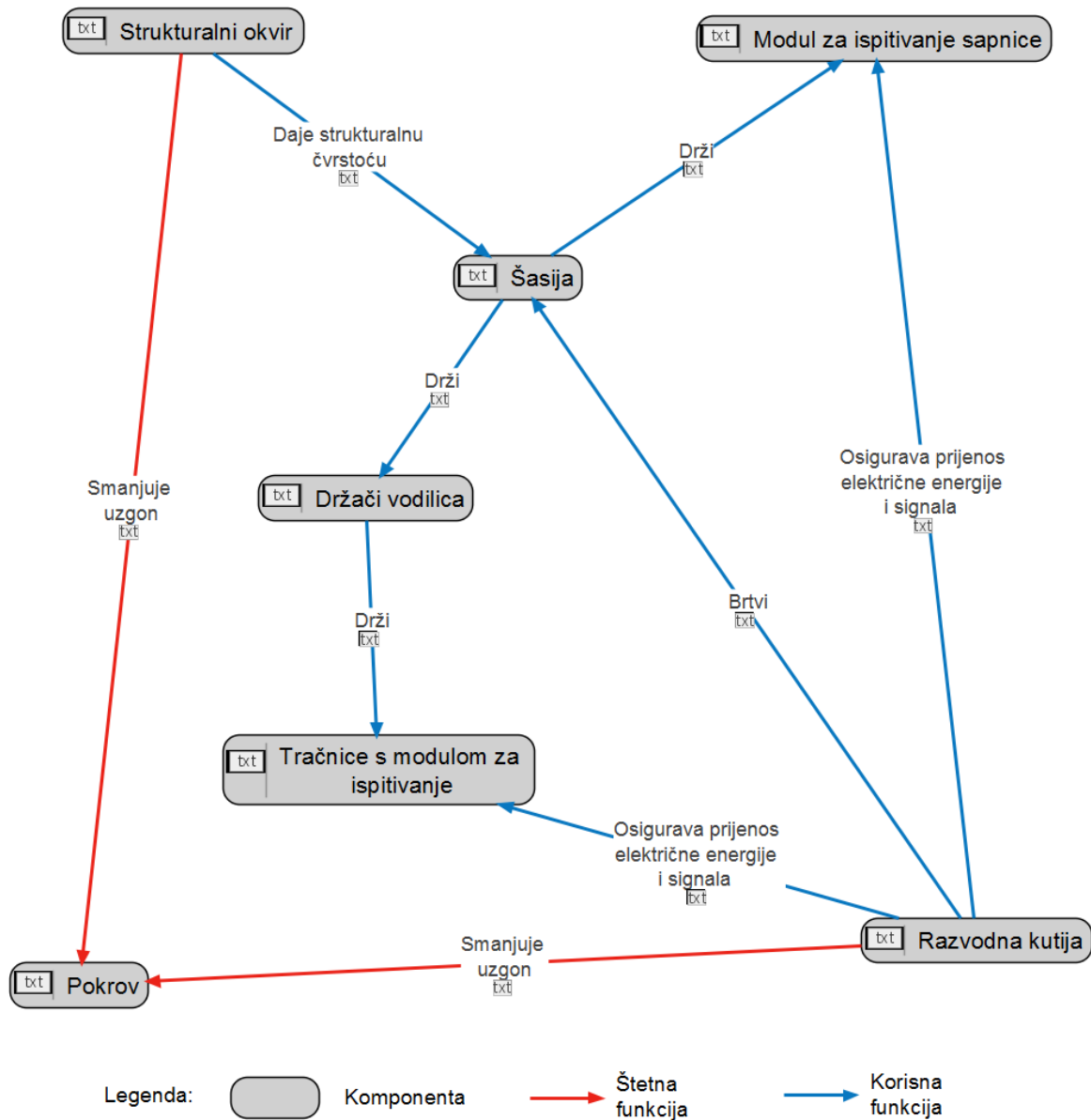
testiranja prototipa. Ovakav prikaz prikladan je kod povezivanja više različitih domena u jednom prikazu.



Slika 17. IBIS – Testiranje i verifikacija zahtjeva

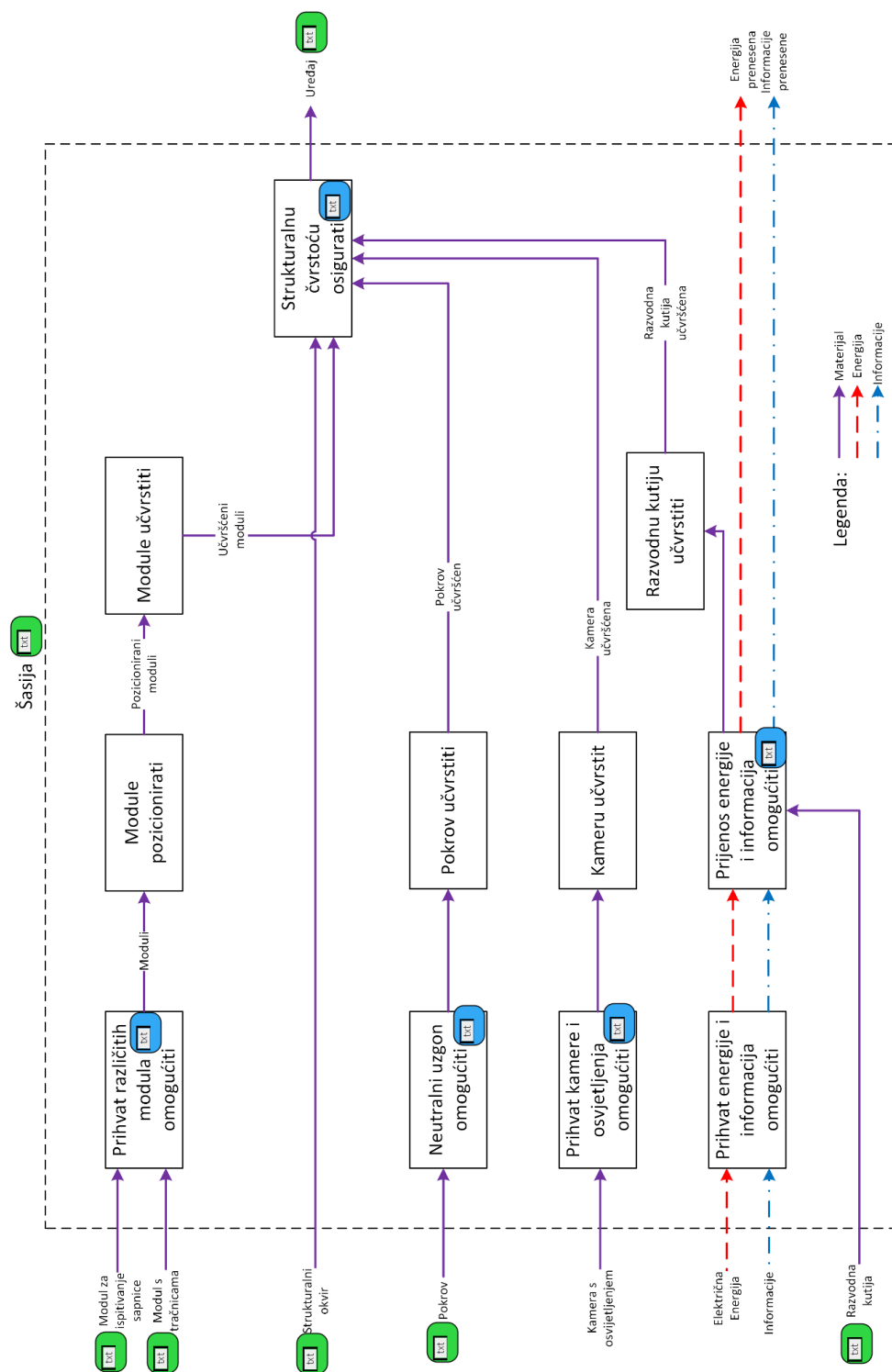
Primjer upotrebe FAD dijagrama u bilježenju sljedivosti može se prikazati kod povezivanja domena *funkcije* i *komponente*, odnosno polja sljedivosti *dijagram funkcijske analize* (Slika 18.). Osim što struktura FAD dijagrama služi za modeliranje sustava, dodatkom hiperlinka koji se nalazi u svakom čvoru i svakoj liniji, a koji otvara elektronički zapis elementa s kojim je povezan, dobivamo zapis sljedivosti. U prikazanom primjeru čvorovi sadrže elemente domene

komponente dok linije sadrže elemente domene *funkcije* te se vidi kako su komponente međusobno povezane raznim funkcijama, odnosno egzistiraju zbog izvršavanja korisne funkcije ili kompenzacije štetne funkcije.



Slika 18. FAD dijagram – Dijagram funkcijske analize

Funkcijska struktura upotrijebljena je za modeliranje i zapis sljedivosti između domene *funkcije* i više drugih domena, a u ovom primjeru je to bila domena *komponente*. Ona, osim što prikazuje strukturu proizvoda proizašlu iz modeliranja i koncipiranja sustava, sadrži i hiperlinkove na određene elemente iz odgovarajućih domena. Na taj način prateći tijek materijala, energije ili informacija kroz funkcijsku strukturu dobivamo zapis sljedivosti.



Slika 19. Funkcijska struktura

6.4. Analiza sljedivosti

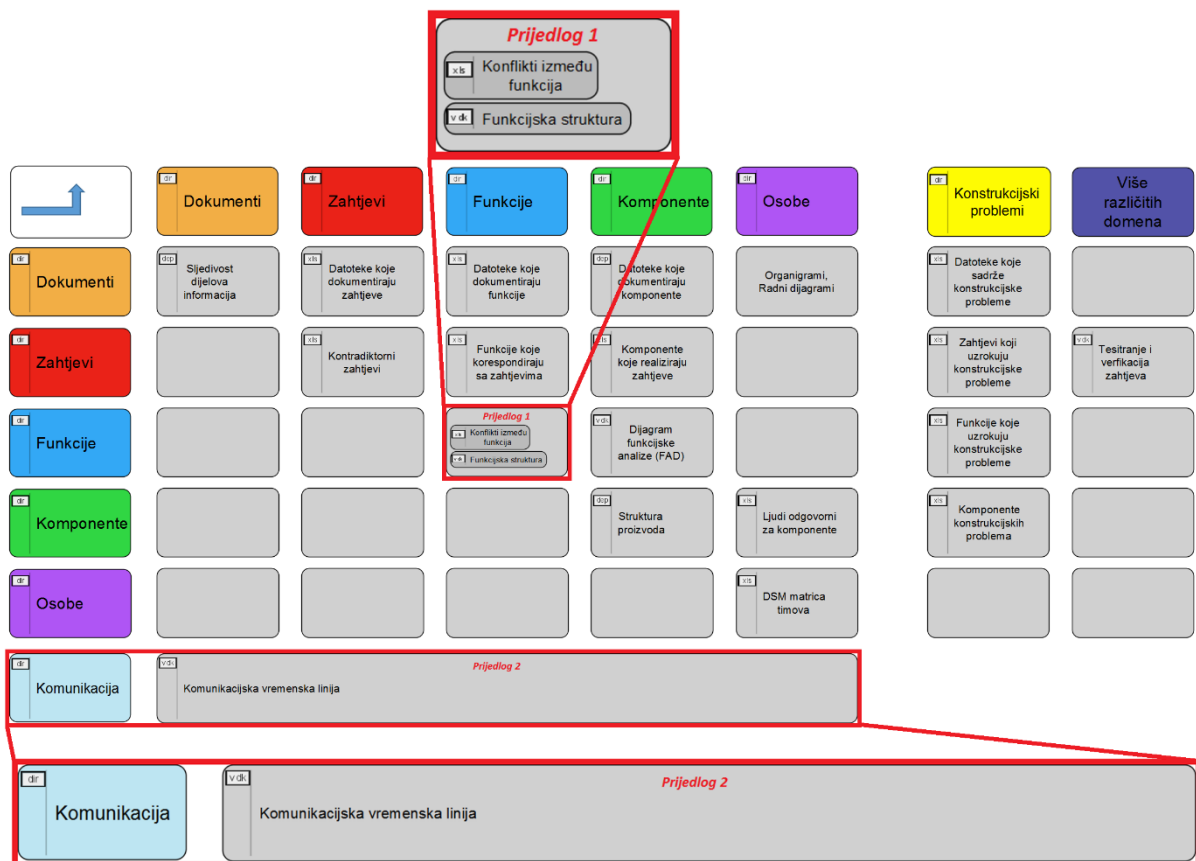
Nakon završetka uspostavljanja relacija sljedivosti može se utvrditi da se predloženo sučelje matričnog izgleda za sljedivost (Slika 12.) pokazalo kao vrlo dobar i organiziran način za bilježenje sljedivosti. Uz samo bilježenje, sučelje se pokazalo kao vrlo dobar alat za pregled i razumijevanje cijelog projekta kroz samu sljedivost. Glavne prednosti tog sučelja su:

- jednostavnost i preglednost sučelja
- lako čitanje i razumijevanje
- mogućnost pristupa različitim prikazima sljedivosti ovisno o domenama.

Zbog svojeg jednostavnog oblika sučelje omogućava preglednost domena i polja sljedivosti jer se zbog matričnog oblika korisnik može vrlo lako orijentirati unutar sučelja, odnosno pratiti odgovarajuće stupce i retke. Time se omogućilo lako čitanje i razumijevanje domena i odnosa (polja relacija) između njih. Uz to kao odlična karakteristika sučelja pokazala se primjena tri različita pristupa bilježenju i pregledu sljedivosti, kroz preglednik, matrice i dijagrame. Svaki od ta tri pristupa ima svoje specifičnosti upotrebe te se ovisno o polju relacija upotrebljava najprikladniji pristup. Također moguće je primijeniti i više od jednog pristupa u određenom polju kako bi se relacije unutar njega mogle prikazati na više načina, pritom koristeći najbolje karakteristike prikaza za bilježenje sljedivosti. Prikaz sljedivosti kroz preglednik pokazao se kao vrlo dobar način bilježenja sljedivosti između velikog broja predmeta sljedivosti poput dokumenata i komponenata te kad između njih postoji hijerarhijska struktura. Drugi pristup bilježenja sljedivosti kroz matrice bio je ujedno i najviše korištena metoda zapisa sljedivosti. Razlog tome je što može, na vrlo lak način, povezati elemente jedne domene kroz DSM matricu ili elemente dviju domena kroz DMM matricu. Matrični zapis ujedno omogućuje primjenu raznih operacija nad matricama, poput klasteriranja, sekvencioniranja ili particioniranja, koje mogu pomoći u organizaciji i upravljanju projektom. Dijagramski prikaz sljedivosti vrlo je učinkovit jer omogućuje odličnu vizualizaciju relacija sljedivosti, čime omogućava ne samo lakše shvaćanje, nego i uočavanje novih veza sljedivosti koje bi inače mogle ostati neuočene. Također svestranost ovog prikaza omogućuje upotrebu više različitih vrsta dijagrama, ovisno o vrsti i broju povezanih domena i vrsta veza između njih.

6.5. Poboljšanja sljedivosti

Opći dojam predloženog koncepta sljedivosti je vrlo dobar te bi pravilnom implementacijom unutar projekata donio velike koristi u shvaćanju, provođenju i arhiviranju projekta. Kako bi se to postiglo najvažnija je računalna implementacija sučelja i koncepta sljedivosti u jedan programski alat koji će imati sve funkcionalnosti navedenog koncepta sljedivosti. Također tijekom uspostavljanja relacija sljedivosti uočena su određena područja primjene i implementacije kod kojih bi se mogle napraviti određene promjene i primijeniti nove ideje kako bi se olakšala upotreba alata za uspostavljanje sljedivosti te kako bi kvaliteta uspostavljenih relacija bila veća, a sama sljedivost nudila više informacija i bila od još veće koristi inženjerima.



Slika 20. Prijedlog promjena početnog sučelja

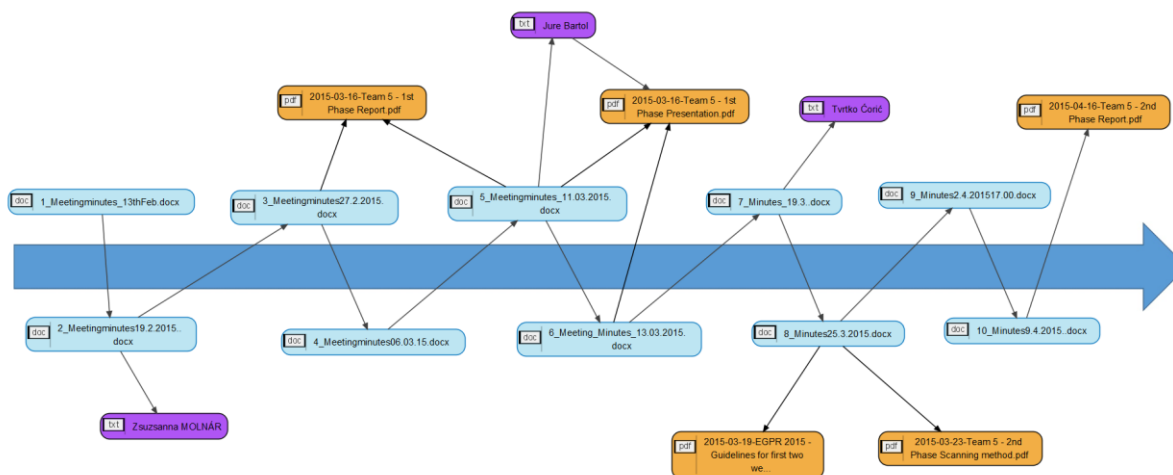
6.5.1. Prijedlog 1

Tijekom uspostavljanja relacija sljedivosti između domene *funkcije* i više drugih domena upotrijebljena je funkcijska struktura. Predloženi prikaz sljedivosti je u stvarnosti povezoao samo dvije domene *funkcije* i *komponente* te se zbog toga nije ostvario koncept povezivanja tri ili više domena unutar jednog prikaza. Također funkcijska struktura izrađena je na kraju projekta te je odstupila od svoje osnovne funkcije apstraktnog prikaza sustava na višoj razini. Zbog navedenih razloga predlaže se stvaranje funkcijske strukture u početnoj fazi projekta kako bi zadržala sve svoje značajke koje su važne za projekt. Ujedno, zbog modeliranja sustava na višoj razini apstrakcije, funkcijska struktura će sadržavati samo elemente domene *funkcija* između kojih su ujedno uspostavljene relacije sljedivosti. Budući da se na taj način unutar polja relacija sada nalaze elementi samo jedne domene, polje je potrebno premjestiti na mjesto spoja domena

funkcija-funkcija. Kako tamo već postoji DSM matrica kontradiktornih funkcija, to polje će sadržavati dva prikaza sljedivosti koji se međusobno nadopunjuju (Slika 20.). Na taj način omogućit će se lakše shvaćanje ukupne sljedivosti, a samo polje će sadržavati više informacija koje mogu biti od velike pomoći konstruktorima u najkritičnijoj fazi početnog koncipiranja proizvoda.

6.5.2. Prijedlog 2

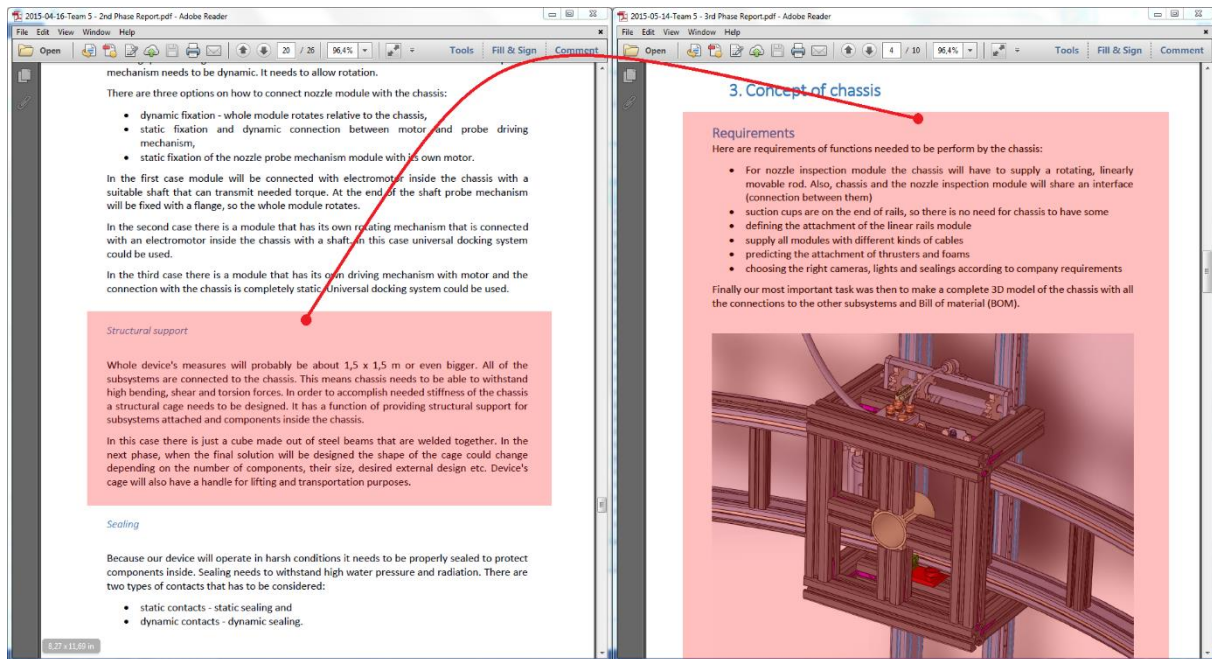
Unutar razvojnog projekta komunikacija između sudionika vrlo je važna. Kroz nju se donose sve odluke koje utječu na krajnji proizvod. Zbog toga bi zapise komunikacije trebalo uključiti unutar procesa uspostavljanja relacija sljedivosti. Iz tog razloga predlaže se uvođenje domene *komunikacija*. Elementi navedene domene trebali bi biti razni zapisi komunikacije poput zapisnika sastanaka, elektroničke pošte, dopisa ili određenih bilješki verbalne komunikacije. Kako bi se komunikacija uključila u proces sljedivosti predlaže se dodavanje novog polja relacija unutar početnog sučelja (Slika 20.). Novo polje bi povezivalo domenu *komunikacija* sa svim drugim domenama. Za pregled tog polja relacija između više domena predlaže se upotreba već postojećeg koncepta komunikacijske vremenske linije [4]. Prikaz sljedivosti kroz vremensku liniju omogućava praćenje komunikacije kroz vrijeme (Slika 21.). Unutar tog prikaza elementi komunikacije međusobno su povezani relacijama sljedivosti, a također su povezani s elementima drugih domena koji su predmeti sljedivosti. Velika prednost ovog prikaza je što omogućuje praćenje razvojnog projekta i sljedivosti kroz vrijeme. Također ovaj prikaz može sadržavati elemente više različitih domena čime se dobiva velika integracija i povezanost predmeta sljedivosti. U prikazanom primjeru sadržani su elementi tri različite domene: *komunikacija*, *dokumenti* i *osobe*. Na taj način ostvarila se višedomenska povezanost koja omogućuje praćenje međusobne interakcije domena kroz vrijeme, čime se daje jedna nova dimenzija na pogled sljedivosti.



Slika 21. Komunikacijska vremenska linija

6.5.3. Prijedlog 3

Korišteni skup alata za uspostavljanje veza sljedivosti trenutno nudi samo mogućnost međusobnog povezivanja cijelih datoteka. Svaka datoteka sadrži veliku količinu informacija, primjerice jedan 3D model ima velik broj različitih značajki, a jedan dokument više različitih informacija koje nužno ne moraju biti povezane. Kada uspostavimo veze između takvih datoteka, pojedinačne informacije nisu povezane te ih je uvijek potrebno pronaći unutar datoteke. Iz tog razloga predlaže se razvoj računalnog alata koji će omogućavati uspostavljanje veza između određenih informacija koje se nalaze u datoteci, bilo povezivanjem unutar same datoteke kada se povezane informacije nalaze na različitim mjestima unutar jedne datoteke, bilo povezivanjem informacija između dvije različite datoteke. Osnovni princip rada takvog računalnog alata bila bi mogućnost označavanja teksta, slika i tablica unutar dokumenata (.docx i .pdf formata), značajki modela unutar 3D modela ili crteža te sličnih informacija u drugim postojećim datotekama i međusobno povezivanje takvih označenih dijelova datoteka. Na priloženom primjeru (Slika 22.) može se vidjeti koncept opisanog računalnog alata. Prikazana je sposobnost označavanja dijelova teksta i slike unutar dva različita dokumenta te grafički prikaz njihove međusobne povezanosti. Nakon uspostavljanja veze prilikom pregledavanja veza sljedivosti odabirom takve veze trebale bi se otvarati datoteke s povezanim dijelovima te odmah prikazati povezane dijelove kako bi se ubrzao proces traženja i pregledavanja predmeta sljedivosti. Implementacijom ovog koncepta praćenje sljedivosti višestruko bi se poboljšalo jer bi korisnik koji prati tragove vrlo brzo dolazio do točno određene informacije, dijela datoteke koja sadrži traženi trag sljedivosti. Na taj način bi se, osim već spomenute brzine traženja, omogućilo i bolje shvaćanje predmeta sljedivosti, a time i cjelokupnog razvojnog projekta.



Slika 22. Prikaz povezanosti dva dijela različitih dokumenata

7. ZAKLJUČAK

Projekt EGPR 2015 pokazao se kao velik i kompleksan konstrukcijski razvojni projekt. Samim time pojavilo se mnogo konstrukcijskih, organizacijskih i komunikacijskih problema tijekom realizacije projekta. Projekt je uspješno završen sastavljanjem prototipa na završnoj radionici održanoj u Zagrebu od 28.6. do 4.7. 2015. godine na kojoj su se po prvi put svi sudionici projekta okupili na jednom mjestu. Sam projekt je bio izvrstan primjer razvojnog projekta na kojem je proveden istraživački dio ovog rada.

Budući da je EGPR 2015 međunarodni projekt koji se odvijao na četiri različite lokacije u Europi, pojavili su se razni problemi u komunikaciji i međusobnoj suradnji sudionika projekta. Ovim radom analizirani su početni tijekovi komunikacije i detektirani postojeći problemi. Kada su problemi detektirani, pokušalo ih se riješiti uvođenjem novih alata za komunikacije, točnije uvođenjem virtualne bijele ploče. Virtualna bijela ploča uvedena je u drugoj fazi projekta i pokazala se kao odličan alat za međusobnu komunikaciju i razmjenu ideja. Uz virtualnu bijelu ploču u trećoj fazi projekta organizirani su i sastanci svih sudionika projekta kako bi se dodatno poboljšala međusobna komunikacija i kroz diskusiju riješili problemi koji su nastali u projektu.

Uz samu komunikaciju velika pozornost u ovom radu posvećena je zapisu znanja. Budući da u jednom kompleksnom projektu nastaje velik broj informacija, odnosno velika količina znanja, važno ih je kvalitetno i organizirano zapisati kako ih se ne bi izgubilo, odnosno kako bi ih se moglo koristiti u budućim projektima. Zbog navedenih razloga detektirani su konstrukcijski problemi koji su nastali u projektu te je napravljen zapis znanja za njih. Zapis znanja izrađen je pomoću IBIS dijagrama koji su se pokazali kao izvrstan alat za takav zapis. IBIS dijagrami na jednostavan i vizualno lako razumljiv način omogućuju zapis znanja i izvrsna su dopuna postojećim zapisima u obliku dokumenata, izvještaja i drugih datoteka. Razlog tome je njihova forma koja sadrži samo najvažnije informacije i prikazuje ih na jednostavan način uz argumente za i protiv određenog rješenja, kao i statuse svakog rješenja. Takav zapis znanja pokazao se kao kvalitetno rješenje koje služi ne samo čuvanju znanja nego i omogućuje lakše i bolje shvaćanje cjelokupnog razvojnog procesa.

Poslije organiziranja komunikacije i zapisa znanja, analizirani su njihovi učinci na projekt. Nakon provedene analize predloženo je pet prijedloga za poboljšanje komunikacije i zapis znanja u budućim sličnim projektima. Primjenom navedenih prijedloga olakšat će se komunikacija i međusobna suradnja te izbjeći neki od problema koji su detektirani ovim radom.

Na kraju ovog rada posebna pozornost posvećena je sljedivosti i uspostavljanju relacija sljedivosti. Za početak uspostavljanja sljedivosti korišten je već postojeći prijedlog sučelja za sljedivost. Relacije sljedivosti uspostavljene su između više različitih domena, odnosno elemenata tih domena. Relacije nisu uspostavljene za cijeli projekt nego samo na reprezentativnom uzorku koji je obuhvaćao otprilike petinu projekta. Same relacije uspostavljane su pomoću tri različita računalna alata. Sljedivost je omogućila novi pogled na projekt i olakšala shvaćanje cjelokupnog projekta. Korišteno sučelje za sljedivost pokazalo se kao vrlo dobar pristup u bilježenju sljedivosti, a dodatnom analizom uočena su određena mjesta za poboljšanje sučelja sljedivosti. Iz tog razloga dana su dva prijedloga poboljšanja sučelja čijom bi se primjenom poboljšalo uspostavljanje relacija sljedivosti, a ujedno, dodavanjem dodatne predložene domene, dao novi pogled na sljedivost. Prikazan je i prijedlog za poboljšanje uspostavljanja sljedivosti kroz koncept računalnog alata koji će povezati točno određene informacije unutar datoteka.

Budući da su moderni konstrukcijski razvojni projekti vrlo kompleksni, na njima radi velik broj ljudi, sadrže veliku količinu informacija, a često se odvijaju i na različitim lokacijama, organizacija projekta i zapis znanja koje proizađe iz njega je vrlo težak i zahtjevan posao. Ovaj rad je na primjeru jednog takvog projekta detektirao mnoge probleme i dao neke teorijske prijedloge poboljšanja. Sljedeći korak bio bi razvoj računalnih alata za komunikaciju i sljedivost koji će biti jednostavni za korištenje, a poboljšat će komunikaciju, suradnju, zapis znanja i praćenje sljedivosti unutar projekta. Time bi se olakšalo odvijanje projekata te otvorile nove mogućnosti u svakodnevnom radu sudionika projekta, čime bi se olakšao njihov posao, a istovremeno omogućilo lakše stvaranje novih ideja i rješenja.

8. LITERATURA

- [1] Anić et al.: Hrvatski enciklopedijski rječnik, Zagreb: EPH d.o.o., Novi Liber d.o.o., 2005.
- [2] W. Kunz i H. Rittel: Issues as elements of information systems, 1979.
- [3] R. Bracewell i M. Aurisicchio: Engineering design by integrated diagrams; *International conference on engineering design, ICED'09*, Stanford, 2009.
- [4] T. Martinec i N. Pavković: Visualization of information traceability in product development; *International design conference - DESIGN 2014*, Dubrovnik, 2014.
- [5] M. Aurisicchio: designVUE; Imperial College London, URL:<http://www3.imperial.ac.uk/designengineering/tools/designvue>.
- [6] Conceptboard; URL: www.conceptboard.com.
- [7] M. Štorga: Traceability in Product Development; *International Design Conference - DESIGN 2004*, Dubrovnik, 2004.
- [8] C. Eckert, J. Clarkson i M. Stacey: Information flow in engineering companies: Problems and their causes; *International conference on engineering design - ICED 01*, Glasgow, 2001.
- [9] N. Pavković, T. Martinec, D. Rohde i B. Šikić: Management and Visualization of Relationships Between; *International Conference on Engineering Design 2015 - ICED 2015*, Milano, 2015.
- [10] U. Lindemann: DSMweb; Technische Universität München, URL: www.dsmweb.org.
- [11] N. Pavković, T. Martinec i M. Štorga: Traceability - a factor of integration and a method to deal with complexity; *10th International workshop on integrated design engineering - IDE Workshop*, Gommern, 2014.
- [12] T. Martinec: Trace Explorer; Fakultet strojarstva i brodogradnje, URL:<http://titan.fsb.hr/~tmartinec/apps/>
- [13] T. R. Browning i M. Danilovic: Managing complex product development projects with design; *International Journal of Project Management*, 2006.

- [14] M. Maurer, T. Braun i U. Lindemann: *Structural Complexity Management*; Berlin, Springer, 2009.
- [15] R. Bracewell, G. Armstrong i M. Aurisicchio: *The Function Analysis Diagram*; *ASME 2012 International Design Engineering Technical Conferences*, Chicago, 2012.
- [16] M. Štorga: *Podloge za predavanja, Razvoj proizvoda - Funkcijska dekompozicija proizvoda*, Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2012.

9. PRILOG

- I. IBIS dijagrami
- II. CD - PDF datoteka diplomskog rada