

Projektiranje i suvremeni produksijski koncepti

Dražen Bošković

Ključne riječi

*produksijski koncept,
produksijsko oblikovanje,
projektiranje,
transformacijski koncept,
koncept toka,
vrijednosni koncept*

Key words

*production concept,
production shaping,
design,
transformation concept,
flow concept,
value concept*

Mots clés

*concept de production,
modélisation
de production, étude,
concept de
transformation,
concept de flux,
concept des valeurs*

Ключевые слова

*производственный
концепт,
проектирование,
трансформационный
концепт,
концепт течения,
концепт ценности*

Schlüsselworte

*Produktionskonzept,
Produktionsgestaltung,
Projektierung,
Transformationskonzept,
Konzept des Umlaufs,
Bewertungskonzept*

D. Bošković

Prethodno priopćenje

Projektiranje i suvremeni produksijski koncepti

Postojeće teorije inženjerskog projektiranja temeljene na matematičkim dekompozicijskim formulacijama nedostavno tumače induktivnu kompleksnost projektnih procesa. Stoga tumačenja treba tražiti u analogiji sa suvremenom produksijskom teorijom koja predstavlja širi okvir produksijskog oblikovanja. Prikazana je povezanost projektiranja s produksijskim transformacijskim konceptom, konceptom toka i vrijednosnim konceptom te razvoj projektnih metoda od prijašnjih do suvremenih.

D. Bošković

Preliminary note

Design process and modern production concepts

The existing engineering design theories, based on mathematical decomposition formulations, do not sufficiently explain the inductive complexity of design processes. The explanations must therefore be sought in the analogy with the modern production theory which encompasses a wider production shaping framework. The author presents the interaction among the production transformation concept, flow concept and value concept, and depicts development of design methods from the past times to the present day.

D. Bošković

Note préliminaire

Le procédé d'études et les concepts de production modernes

Les théories d'études techniques existantes, basées sur les formulations de décomposition mathématique, n'expliquent pas de manière suffisante la complexité inductive du procédé d'études. Pour cette raison, les explications doivent être cherchées dans l'analogie avec la théorie moderne de production, représentant un cadre plus large de modélisation de la production. L'auteur présente les relations entre le concept de transformation de production, le concept de flux et le concept de la valorisation, et décrit le développement historique des méthodes d'étude, à partir des temps passés à ce jour.

Д. Бошковић

Предварительное сообщение

Проектирование и современные производственные концепты

Существующие теории инженерного проектирования, основанные на математических декомпозиционных формулировках, недостаточно объясняют индуктивную сложность проектных процессов. Поэтому объяснения нужно искать в аналогии с современной производственной теорией, которая представляет более широкие рамки производственного формирования. Показана связь проектирования с производственно-трансформационным концептом, концептом течения и концептом ценности, а также развитие проектных методов от прошлых до современных.

D. Bošković

Vorherige Mitteilung

Projektierung und zeitgemässe Produktionskonzepte

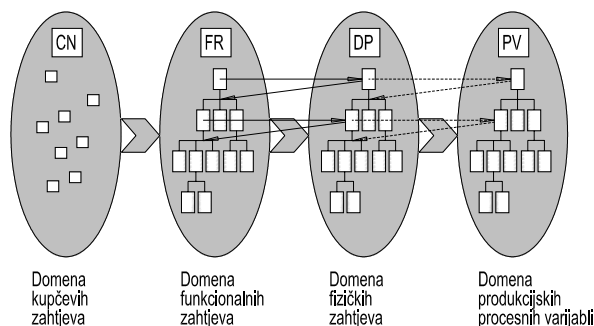
Die bestehenden Theorien der Ingenieurprojektierung, beruhend auf mathematischen dekompositionellen Formulierungen, erklären die induktive Komplexität der Projektierungsprozesse nur ungenügend. Deshalb soll man Erklärungen in der Analogie mit der zeitgemässen Produktionstheorie suchen, die einen weiteren Rahmen der Produktionsgestaltung vorstellt. Dargestellt ist die Verbundenheit der Projektierung mit dem produktionsmässigen Transformationskonzept, dem Konzept des Umlaufs und des Bewertungskonzepts, sowie die Entwicklung der Projektierungsverfahren von den vorherigen bis zu den zeitgemässen.

Autor: Mr. sc. **Dražen Bošković**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske d.d., Zagreb, J. Rakuše 1

1 Uvod

Teorija inženjerskog projektiranja nestrukturirana je i skromnog je opsega. Svodi se na doprinos tek nekolicine autora: [1], [2] i [3].

Za inženjersko projektiranje u graditeljstvu od posebnog je značenja Suhov ADT koji uobičajeno predstavlja ishodišnu točku teorijskih razmatranja o problemima dekompozicije i integracije projektnih procesa. Temeljna je hipoteza ADT-a da postoji jedan fundamentalni princip projektiranja koji je ispravan. Prema Suhu to je onaj princip koji zadovoljava dva temeljna aksioma: aksiom o neovisnosti funkcionalnih zahtjeva i aksiom o minimizaciji informacija/maksimizaciji vjerojatnosti za postizanje uspjeha ($I = \log(1/P)$ - I je količina informacijskog sadržaja, a P vjerojatnost postizanja uspjeha). Projekttnu strukturu čini lateralna dekompozicija u projektne domene (funkcionalni zahtjevi, projektni parametri, procesne varijable produkcijskog oblikovanja), kako je prikazano na slici 1., te vertikalna hijerarhijska dekompozicija. ADT je usredotočen prvenstveno na povezivanje funkcionalnih zahtjeva (varijabli) s projektantskim parametrima (varijablama) $FR = [A]DP$; $A_{ij} = \delta FR_i / \delta DP_j$ ($i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$). ADT dakle, predstavlja matematičku formulaciju problema funkcionalne dekompozicije i daleko je od sveobuhvatne teorije inženjerskog projektiranja. Međutim, principi ADT rabe se kao komplement mnogih metoda u konceptu postizanja kvalitete projektiranjem (*Quality by Design - Design for Six Sigma Deployment - DSSD, Quality Function Deployment - QFD, Theory of Inventive Problem Solving - TRIZ*).



Slika 1. Lateralna i vertikalna dekompozicija u ADT

Nedostatak robusne teorije projektiranja kao posljedicu ima tradicionalnu orijentaciju projektiranja na *ad hoc* specijalističku praksu, intuiciju i iskustvo. Također, projektantska je praksa snažno određena produkcijskim kontekstom koji predstavlja širi okvir produkcijskog oblikovanja proizvoda. Stoga je svrsishodno potražiti tumačenja projektnih procesa u analogiji sa suvremenom produkcijskom teorijom koja je sveobuhvatnija. Suvremeni autori [4], produkcijsku paradigmu građenja temelje na tri komplementarno integrirana koncepta:

konceptu transformacije ulaznih parametara u izlazne s minimiziranjem troškova i povećanjem efikasnosti koja se postiže dekompozicijom (*Transformation concept of production*), konceptu toka baziranom na minimiziranju varijabilnosti kao ključnoj odrednici toka (*Flow concept of production*) i vrijednosnom konceptu koji se temelji na metrici za kupca ostvarene vrijednosti (*Value generation concept of production*).

Treba, međutim, uočiti i razlike između produkcijskog procesa i projektiranja: osim što je temeljno svojstvo produkcije - materijalna produkcija, a projektiranje je temeljno intelektualna aktivnost, različitost se odnosi i na vrijednosni aspekt. Vrijednosni se aspekt projektiranjem ostvaruje na temelju neposrednog zahtjeva kupca za određenim funkcionalnim, oblikovnim i drugim karakteristikama. Produkcija tek posredno, dosljednom realizacijom projektnih rješenja, sudjeluje u ostvarivanju vrijednosnih aspekata. Slijede još neke razlikovne kategorije: projektiranje je naglašeno iterativni proces (za razliku od fizičke produkcije), ima višu razinu varijabilnosti i nesigurnosti od produkcijskog procesa i konačno, projektiranje za razliku od produkcijskog procesa nema repetitivni karakter. Ta zapažanja proizlaze iz složene transformacije u životnom ciklusu projektiranja u kojem se složenost koja proizlazi iz induktivne analize u ranoj fazi projektiranja (pretprojektne studije i analize, idejna rješenja, idejni projekti) pretvara u složenost koja proizlazi iz deduktivne analize (glavnih i izvedbenih projekata). Sama produkcija dominantno je određena deduktivnom složenošću koja proizlazi iz karakteristika nestacionarnosti i jedinstvenosti građenja te privremenom organizacijom.

2 Projektiranje i produkcijski koncepti

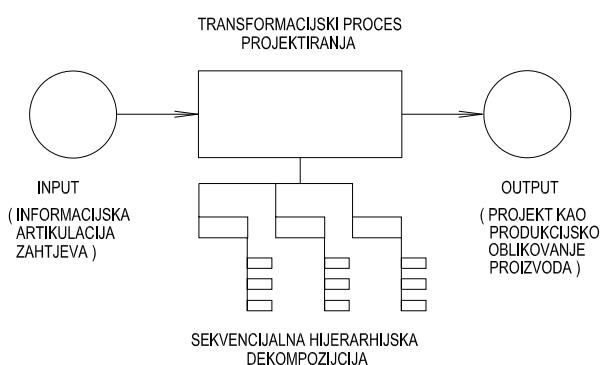
Analogno povijesnom razvoju produkcije, može se razabrati i razvoj «povijesnih» koncepta projektiranja. On započinje «zanatskim» konceptom projektiranja koji vremenski seže do II. svjetskog rata i koji karakterizira niža razina složenosti projektiranja i koordinacije na projektima te nesistematizirane metode projektiranja.

Okolnosti II. svjetskog rata, a zatim i poratnog razdoblja koje karakteriziraju enormni produkcijski zahtjevi i razvoj novih tehnologija pridonijeli su razvoju *Project managementa* unutar kojeg se projektiranje organizira poput produkcije, na način slijedne ili «sekvencijalne» realizacije pojedinih zadataka. «Sekvencijalni» koncept projektiranja proizašao je iz transformacijskog produkcijskog koncepta s kojim ima mnoge dodirne točke. U posljednja dva desetljeća «sekvencijalni» je koncept prerastao u koncept *Concurrent Engineering* (CE), koji je temeljen na produkcijskom konceptu toka i vrijednosnom konceptu.

2.1 Transformacijski produkcijski koncept i sekvencijalna generacija projektiranja

Transformacijski produkcijski proces ima tri bitne odrednice: prva je da se može dekomponirati na potprocese (*tasks*) koji zadržavaju karakteristike transformacijskih procesa. Takvo je hijerarhijsko razlaganje ili dekompozicija temeljeno na zapadnjačkoj školi analitičkog redukcionizma [5] kojom se ostvaruje lakše spoznavanje i upravljanje procesima. Druga odrednica transformacijskog procesa jest da se minimizacija troška sveukupnog procesa može postići minimizacijom troška svakog (nezavisnog) potprocesa. Minimizacija se oslanja na primjenu odgovarajućih tehnologija, ali i prepoznavanje aktivnosti koje daju najveći troškovno/dohodovni doprinos. Treću odrednicu predstavlja odnos s djelovanjem okruženja, gdje se djelovanje procesa osigurava i optimizira uspostavljanjem sustava vremenskih, materijalnih i/ili organizacijskih rezervi (*buffera*).

Dok druge dvije odrednice nisu posebno povezane s projektiranjem, prva odrednica – hijerarhijsko dekomponiranje ima svoju prepoznatljivu analogiju u projektirnim procesima. Tako je prema Dasuu i Eastmanu, (1994.) [6], uobičajeni sekvencijalni pristup projektiranju temeljen na uspostavi standardiziranih procedura koje pretpostavljaju udruživanje na temelju specijalizacije. Usloženjavanje i razvoj inženjerskih projektnih procesa konačno je rezultiralo sistemskim inženjerskim pristupom i razvojem transformacijskih upravljačkih alata (poput *Critical Path Method- CPM, Scope & Task mangement, Working Brake Structures (WBS), Organizational Responsibility Chart*). Na slici 2., prikazana je uobičajena sekvencijalna hijerarhijska dekompozicija bazirana na WBS-u.



Slika 2. Hijerarhijska dekompozicija u sekvencijalnom pristupu

Na osnovi transformacijskog koncepta postavljene su i prve definicije projektiranja, pa autori Hubka i Eder (1988.) [7] navode: «...*Engineering Design is a process through which information in the form of requirements is converted into information in the form of description technical systems...*». Slična je i definicija Mistreea

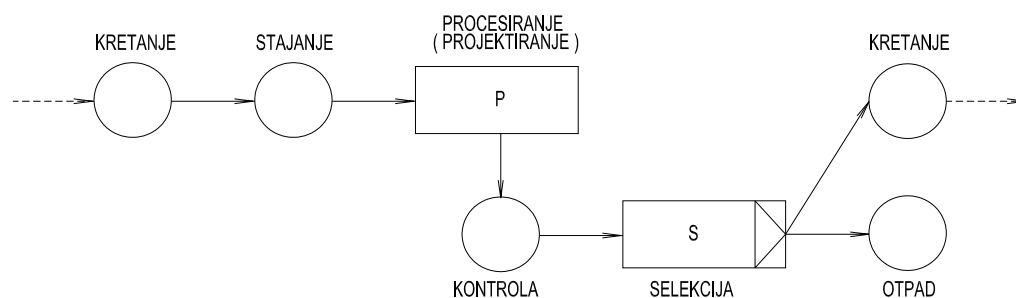
(1993.) [8] : «...*Designing is a process of converting information that characterize the needs and requirements for a product into knowledge about a product...*». Problematiku projektiranja i sekvencijalne realizacije građevinskih projekata razmatrali su Paulson (1976.) [9], Friedrich i dr. (1987.) [10] te Dupagne (1991.) [11].

Daljnji razvoj sekvencijalne generacije projektiranja bio je usmjeren k povećanju efikasnosti rješavanja pojedinih projektnih zadataka razvojem specifičnih alata, a samo projektiranje preoblikuje se sve više u sustav potpore donošenju odluka. Pokazalo se međutim da usprkos primjeni sve sofisticiranijih alata, konvencionalno projektiranje stagnira i ne uspijeva razriješiti probleme efektivnosti koji se iskazuju kroz sve dulje vrijeme potrebno za projektiranje i uporabe građevina u cjelokupnom životnom ciklusu, problematizirajući sveukupni odnos s kupcima (naručiteljima). Treba uočiti da ni ukupni proces projektiranja ni njegovi pojedini potprocesi nisu konceptualno povezani sa sustavom vrijednosnog iskaza kupca, od čega trpi produkcijsko oblikovanje proizvoda. Postoji još jedno tradicionalno obilježje sekvencijalnog koncepta projektiranja koje svoje korijene vuče još iz zanatskog koncepta projektiranja, a odnosi se na institucionalizirano odvajanje uloga i poslova projektiranja od produkcije. Rezultat je takve prakse da niti u jednoj industriji oblikovanje proizvoda nije tako udaljeno od njegove produkcije kao u građevinskoj industriji. Konačno, treba uočiti i da koncept sekvencijalnog projektiranja ne daje osnovu za unapređenje projektnih procesa. Objašnjenje za takvu tvrdnju proizlazi iz karaktera transformacijskog koncepta u kojem se sam proces transformacije ne razmatra posebno, pa on bez obzira na hijerarhijsku dekompoziciju ostaje neobrazložen (*Black box*). Stoga rješenja treba tražiti u postavkama drugih produkcijskih konceptata, poput koncepta toka i koncepta ostvarenja vrijednosti za kupca.

2.2 Produkcijski koncept toka i projektiranje

Općeniti slučaj dekompozicije transformacijskog produkcijskog toka sa slijedom prikazanim na slici 3., prihvatljiv je i za tumačenje projektnog procesa kao toka. U tom smislu moguća je i matematička interpretacija projektnog procesa bazirana na teoriji redova – Reinertsen (1997.) [12]. Bitna je razlika (kao što je već spomenuto) da je produkcijski proces usmjeren na transformaciju materijalnih dobara, dok je projektni proces usmjeren u osnovi na informaciju - Sekine, Arai (1994.) [13]. Pri tome treba prihvatiti da se sama informacija ne transformira, već se prenosi, pohranjuje, kontrolira i ugrađuje u složenije sustave informacija (poput tehnološkog znanja). U skladu s općim postavkama koncepta toka ustanovljen je produkcijski koncept *Lean* (L) koji je baziran na spoznajama o postojanju aktivnosti s vrijednosnim

doprinosom (*value-added*) i aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos (*non-value-added*). Primjenjujući koncept L na projektiranje, lako je uočljivo da je jedina vrijednosna aktivnost samo projektiranje, dok aktivnosti čekanja, stajanja, kontrole (i što je najvažnije) ponovnog projektiranja (iteracijski karakter projektiranja) nemaju vrijednosni doprinos i predstavljaju otpad (*waste*).



Slika 3. Prikaz projektiranja konceptom toka (Petri - net analiza)

Iz navedenog slijedi teorijsko zapažanje da se potpunim dokidanjem ili redukcijom aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos postiže troškovna efikasnost i skraćanje vremena odvijanja procesa. U praksi gdje nije moguće dokinuti aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos, optimizacija se u skladu s načelima produkcije L postiže povećanjem njihove efikasnosti. Treba istaknuti da je projektiranju svojstven cilj skraćanje vremena potrebnog da se kupcu isporuči projektna dokumentacija (*lead time - LT*), dok je u produkciji naglasak dominantno na smanjenju troškova, što predstavlja važnu razlikovnu kategoriju. Izučavanje mogućnosti skraćanja LT, u skladu s postavkama koncepta L, obavlja se na temelju analize vremenskog doprinosa pojedinih projektnih procesa u oblikovanju proizvoda.

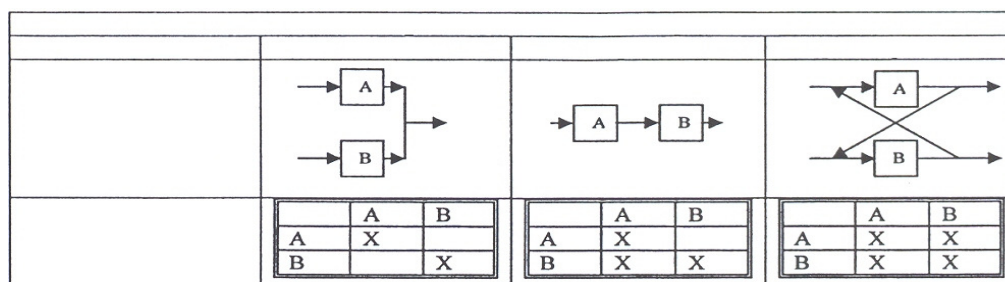
Cooper (1993.) [14] navodi da u građevinskom projektiranju na ciklus izrade gotovog projekta treba dodati 0,5 do 1,5 ciklusa zbog preprojektiranja, prerada ili dopuna. Trivijalan uzrok ponovne izrade projekta predstavljaju greške na projektu koje je učinio sam projektant. Kao prevencija služe alati bazirani na dosizanju kvalitete procesnom kontrolom (poput ISO 9001 – 2002, Politika kvalitete i Priručnik kvalitete za projektiranje). Daljnji uzroci izmjena u projektiranju vezani su za nesigurnosti nastale zbog nedostatka ili nepouzdanosti informacija. U ranoj fazi projekta one uzrokuju opsežnije prerade koje mogu

znatno ugroziti odvijanje projekta u cijelosti, Bowen (1992.) [15]. Na sličan način djeluju i kupčeve promjene zahtjeva i odstupanja od projektnog zadatka (ili nedostatan projektni zadatak), Laufer (1977.) [16]. Razlozi su za iterativno odvijanje projektnog ciklusa i u objektivnoj nemogućnosti uočavanja problema čije rješavanje na nižim razinama izaziva povratnu reakciju koja zahtijeva

promjenu na višoj razini. U tom slučaju rješenje predstavlja nastojanje na spoznavanju cjelokupnog životnog ciklusa projektiranja već u konceptualnoj fazi. Treba uzeti u obzir da će prototipni karakter projektiranja nužno proizvesti iteraciju koja proizlazi iz razvojnih saznanja

koja se projektiranjem dostižu. Upotrebom simulacijskih modela može se smanjiti opseg te vrste iteracije.

Temeljni alat u mapiranju informacijskih tokova i analizi njihova utjecaja na procese razvoja proizvoda predstavlja *Design Structure Matrix* (DSM), Steward (1981.) [17]. DSM je i standardni alat projektantske prakse i prakse upravljanja složenim projektima povezanim s razvojem proizvoda, kojima se vizualizira kompleksna matrična procesna interakcija između pojedinih aktivnosti u sveukupnom procesu razvoja proizvoda. Analizom međuzavisnosti aktivnosti u procesnoj arhitekturi (slika 4.) stvara se osnova za unapređenje integracije i sinkronizacije procesa na način da se uoče mjesta i karakter procesa koji nemaju vrijednosni doprinos (ponovljeni procesi). Oni se uočavaju u obliku matrice koja sadrži povratnu petlju (na slici 4. ta je matrica pojednostavljeno prikazana kao „Povezna u petlju“). Takva se analiza ne može sačiniti CPM – metodom kao tipičnim sekvencijalnim alatom jer se njome ne mogu prikazati povratni procesi –petlje (*loop*). Metoda je prikladna i za otkrivanje generatora troškovne i vremenske projektne nesigurnosti.



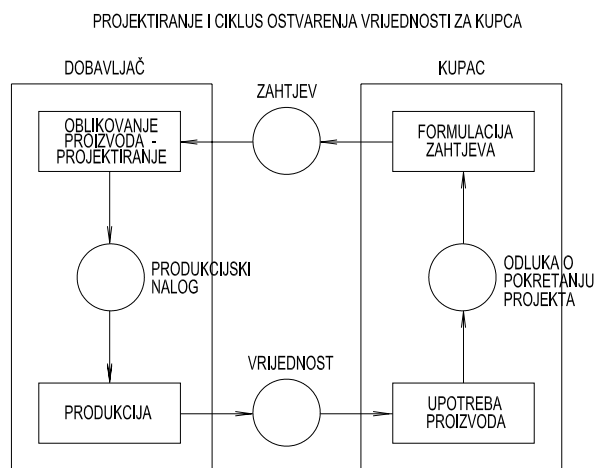
Slika 4. DSM konfiguracija

Uz analizu uzroka iteracijskog ponavljanja koje projektni proces opterećuju kao aktivnosti bez vrijednosnog doprinosa, u sklopu produkcijskog oblikovanja proizvoda potrebno je osvrnuti se i na komunikaciju i prijenos informacija. Danas je primjena komunikacijskih tehnologija neodvojivo povezana s informacijskim tehnologijama, pa kontrola i praćenje tijeka informacija zasnovani na informacijskim tehnologijama postaju važan element upravljanja produkcijskim oblikovanjem sa zahtjevima pravodobnoga, brzog i troškovno učinkovitog upravljanja tijekom informacija u višedimenzionalnom modelu elektroničke povezanosti. Stoga se organizacija projektnih procesa gradi oko informacijskih tokova i na osnovi funkcioniranja informacijske tehnologije. Pri tome je važno uspostaviti sustav koji će biti „propustan“ za informacije neovisno o tome je li sustav formalan ili neformalan. Također, važno je optimizirati veličinu „informativnog paketa“ koji se prezentira (preveliki informativni paketi imaju za posljedicu dugo vrijeme odgovora kupca u smislu odobrenja ili formulacije primjedaba, dok su premali informativni paketi također neracionalni i predstavljaju komunikacijsko opterećenje bez vrijednosnog doprinosa). U funkciji projektne komunikacije danas se primjenjuje informacijska tehnologija koja je iznimno učinkovita (premda i sama generira neke aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos - primjer takvog lako dostupnog i uporabljivog alata za projektnu kolaboraciju (CSCW) jest Microsoftov Sharepoint Service [18]. Treba istaknuti i da snaženje informacijske logistike u procesu projektne komunikacije ne pridonosi samo podizanju efikasnosti projektnih procesa, već se zahvaljujući efikasnim komunikacijskim kanalima sudionici povezuju tako da se stvara fenomen grupnog odlučivanja i grupne inteligencije, što postaje presudno za daljnje unapređenje i oblikovanje projektnih procesa, osobito ako su u projektnu komunikaciju uključeni kupac i dobavljač u skladu s idejom CE.

2.3 Vrijednosni koncept i projektiranje

Vrijednosni koncept tumači projektiranje kao dio produkcijskog oblikovanja (*Product Development and Design*) kojim se konceptualizira odnos kupca i projektanta, čime se komplementarno nadopunjuje koncept toka. *Input* predstavlja zbroj o kupcu ovisnih informacija, a *output* projekt ostvaren procesom. Odnos kupca i projektanta u ostvarivanju vrijednosti odvija se iteracijskim ciklusima za čiji je tijekom potrebna dostatna komunikacijska infrastruktura o kojoj ovisi ukupna efektivnost sustava. Na strani dobavljača nalaze se dva podsustava: podsustav oblikovanja proizvoda - projektiranje te podsustav produkcije (slika 5.).

Na strani je kupca podsustav formulacije zahtjeva i podsustav upotrebe proizvoda. Ciklus ostvarenja vrijednosti



Slika 5. Ciklus ostvarenja vrijednosti za kupca i projektiranje

za kupca na strani dobavljača karakteriziraju odgovarajuće ključne sposobnosti: prva se odnosi na dobavljačevu sposobnost opažanja kupčevih zahtjeva, druga na sposobnost osiguranja kontinuirane provedbe kupčevih zahtjeva cijelim tijekom produkcijskog oblikovanja, a treća na opću produkcijsku sposobnost dobavljača.

2.3.1 Sposobnost opažanja kupčevih zahtjeva i *Performance Concept*

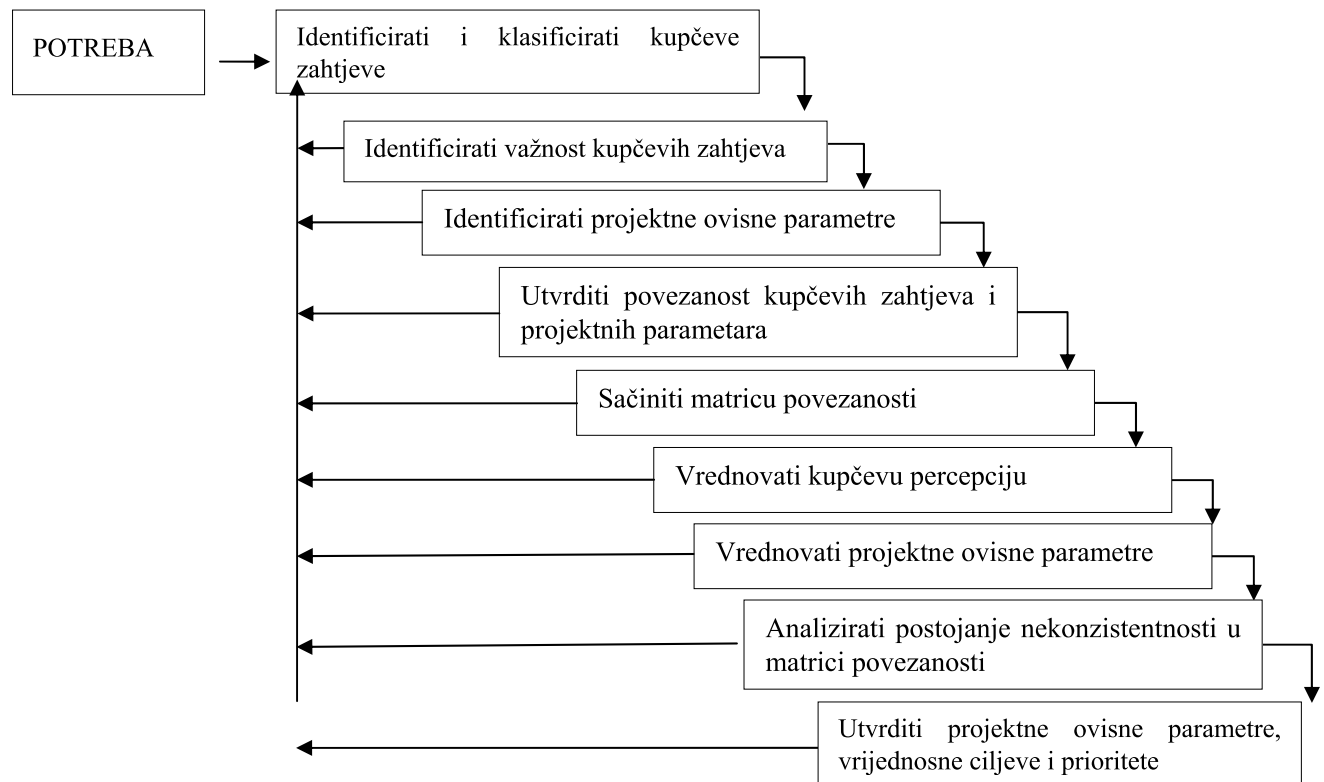
Sposobnost opažanja kupčevih zahtjeva odnosi se na opažanje kupčevih zahtjeva iznesenih u obliku kvalitativnih izjava (što najčešće obuhvaća kupčeve ciljeve, namjere ili potrebe), opažanje zahtjeva izvedbe kao kvantitativne postavke (kojim se oblikuju kriteriji i funkcije koje će zadovoljiti kupčeva očekivanja) i oblikovanje metoda vrednovanja kojima se uvodi metrika (kroz razne oblike verifikacija, testiranja, revizija i sl.). Uz te se pojmove uobičajeno vežu i modeli ispitivanja kupčeva zadovoljstva, Bergman, Klefsjö, (1994.) [19], koji predstavljaju metriku za kupca ostvarene vrijednosti. Jedan aspekt odnosa prema kupcu često je sporan, a u projektantskoj se praksi manifestira kao izvedba kvalitetnog projekta koji se neadekvatno ili nedostavno prezentira, tumači ili je neprikladan za uporabu u životnom ciklusu ostvarenja vrijednosti za kupca. Istraživanja potvrđuju [20] da se zapravo najmanje primjedbi kupca odnosi na kvalitetu tehničkog rješenja. Uz navedenu metriku treba navesti i metriku koja se obavlja tijekom eksploatacije proizvoda (*Post occupancy evaluation - POE*). Ona se bazira na usporednoj (*benchmarking*) analizi ostvarene i očekivane izvedbe, kao i izvedbe na sličnim projektima. Ovaj segment metrike problematiziraju okolnosti vremena provedbe analize u odnosu na nastanak nedostataka.

Najveći doprinos sustavnom spoznavanju kupčevih zahtjeva jest oblikovanje očekivane razine izvedbe (*Performance concept*) PC. Iako je PC povijesna konstanta u

graditeljstvu, cjelovito je oblikovan u vrijeme afirmacije produkcijskih koncepata toka i ostvarenja vrijednosti za kupca. Prva je značajna publikacija u svezi s predmetnom problematikom (*Working with the Performance Approach in Building* CIB Publication 64) objavljena 1982. (dakle pred više od dvadeset pet godina). PC je preciznije definiran s *Performance standards in building* ISO 6240, *Performance standards in building – Principles for their Preparation and Factors to be Considered* ISO 6241. Navedeni su dokumenti istodobno glavna razvojna komponenta preskriptivnih standarda i specifikacija. U EU (i Hrvatskoj) PC je saživio preko preskriptivnih zakonskih odredaba posebice *Construction Product Directive - CPD*, (tipičan primjer su „Bitni zahtjevi za građevinu“). I u ostalim razvijenim zemljama izvan EU, PC se razvija regulatornim sustavom (Kanada, Australija, Japan), što znači da su se nacionalni i međunarodni regulatorni sustavi pretvorili u glavne nositelje koncepta, ali i važnu razvojnu komponentu suvremenog graditeljstva.

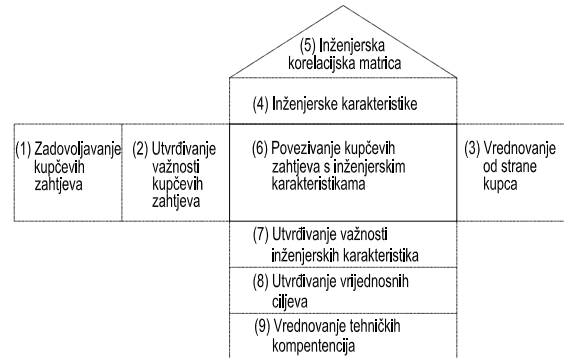
2.3.2 Sposobnost osiguranja kontinuirane provedbe kupčevih zahtjeva i QFD

Sposobnost osiguranja kontinuirane provedbe kupčevih zahtjeva ostvaruje se osiguravanjem dostatnog protoka (*flow down*) kupčevih zahtjeva, koja se ogleda u sposobnosti sustava da slijedljivo i jasno kupčeve zahtjeve provode kroz sve faze projektiranja i produkcije. Ovaj je



Slika 6. Slijed aktivnosti u QFD - metodi

zahtjev pridonio razvoju specifičnih metoda poput *Quality Function Deployment (QFD)* koje anticipativno razrješavaju pitanja sistematske elaboracije i prioritizacije zahtjeva kupca i odgovarajućih rješenja [21],[22]. QFD je u osnovi zamišljen kao *Quality Management* alat i



Slika 7. Prikaz tipičnih HOQ procesa

alat za razvoj i oblikovanje proizvoda (što ga čini izrazito prikladnom za tumačenje procesa projektiranja) koji izučava korelaciju između kupčevih i projektantskih zahtjeva, omogućavajući da kupac postane integralnim dijelom projektantske sinteze i to već u najranijoj fazi. Slijed aktivnosti koje čine QFD metodu prikazan je na slici 6. Odnos zahtjeva kupca i systemska rješenja prikazuju se u kompleksnoj matrici (*House of Quality - HOQ*) [23] koja obuhvaća devet tipičnih procesa, kako je pri-

kazano na slici 7. Kako bi se razriješilo pitanje kvalitativnosti i subjektivnosti u formulaciji kupčevih zahtjeva, moguće je upotrijebiti lingvističke varijable i lingvističku skalu iz teorije „fuzzy“ brojeva [24]. QFD generalno omogućava razvoj proizvoda koji je fokusiran na kupca, povećava efikasnost oblikovanja proizvoda u ranoj fazi smanjujući mogućnost ponavljanja i iteracije, što za posljedicu ima smanjenje troškova projektiranja i produkcije, posebno u početnoj fazi.

2.3.3 Opća produkcijska sposobnost dobavljača

Opća produkcijska sposobnost (*General Production Capability*) iskazuje se kao sposobnost održavanja potrebne razine proizvodnosti. Pri tome treba znati da ni u smislu zahtjeva kupca prema dobavljaču ni u smislu oblikovanja produkcije i produkcijskog proizvoda nije identična opća produkcijska sposobnost kod masovne produkcije ili produkcije u Graditeljstvu. Kako se opća produkcijska sposobnost dobavljača odnosi i na projektantsku sposobnost u okolnosti repositioniranja projektiranja koji se stavlja u području dobavljača, potrebno je spoznati dosege *Design-Built* (DB) koncepta. Bennett i ost. (1996.) [25] te Konchar i Sanvido (1998.) [26] u svojim su studijama analizirali DB koncept nabave. Njegove prednosti uobičajeno čine skraćenje LT, integriranje izvođača u oblikovanje proizvoda, manja varijacija ukupne cijene, unaprijeđena komunikacija između sudionika projekta, manji broj tražbina i sporova i skraćenje vremena izgradnje. Razumljivo je stoga da u razvijenim zemljama DB bilježi znatan porast i u privatnom i u javnom sektoru. Nedostaci se očituju kao smanjenje kvalitete projekata, kompleksnost i visoka cijena izrade ponudbene dokumentacije i tendencija onemogućavanja kupčevih zahtjeva za promjenama.

2.4 CE koncept i projektiranje

Dok je transformacijski koncept usmjeren prema efikasnosti transformacijskih aktivnosti, koncept toka usmjeren je prema ostvarenju globalne efikasnosti toka, a vrijednosni je koncept usmjeren k oblikovanju i zadovoljenju kupčevih zahtjeva. Transformacijsku aktivnost projektiranja karakterizira snažna hijerarhijska fragmentiranost proizašla iz različitih specijalizacija i na njima zasnovanih projektantskih kriterija i prosudbi, u osnovi izoliranih od produkcijskih procesa i kupčevih zahtjeva. Realizacijska prisila rezultira *post festum* koordinacijom i usklađivanjem s opsežnim doradama i prepravkama projekta, koje za posljedicu imaju nisku efikasnost s povećanjem troškova i produženjem LT.

Iz potrebe razrješavanja takvih problema (posebno na kompleksnim vojnim projektima) IDA (*Institute for Defending Analyse*) 1988. oblikuje koncept CE [27],[28] (koji je nešto kasnije u Europi prihvaćen pod nazivom

Simultaneous Engineering). CE predstavlja sustavan i integrirani pristup projektiranju, povezan s proizvodnjom i pratećim procesima, čime se u jedinstveni produkcijski sustav povezuju svi sudionici projekta, najčešće koristeći se QFD/HOQ metodom kako je prikazano na slici 7. CE je proizašao iz produkcijske osnove koncepta toka i koncepta ostvarenja vrijednosti za kupca, bazirajući se na strategiji paralelizacije, standardizacije i integracije. Paralelizacijom se dokida tejlorski sekvencijalno odvijanje procesa, dokidaju se vremenske rezerve, nezavisni procesi odvijaju se simultano, aktivnosti ključne za ostvarenje koncepta odvijaju se prve, informacije bivaju rano dostupne. Standardizacija obuhvaća tehničko-strukturalne, proceduralne i organizacijske aspekte. Internom se horizontalnom i vertikalnom integracijom razrješava prostorna, funkcionalna i vremenska fragmentiranost funkcija i podataka, a u obuhvatu eksterne integracije kupac i dobavljači. Dok tradicionalni pristup karakterizira orijentacija na funkcionalnu raspodjelu zadataka, sekvencijalno odvajanje oblikovanja proizvoda od produkcije, modifikacija proizvoda kao korektivna radnja i shvaćanje kupca i ostalih sudionika u proizvodnji kao oponenta, CE promovira višefunkcionalnost, paralelizaciju produkcije i oblikovanja proizvoda i *partnering*.

U kontekstu građevinske industrije Evbuomwan i Anumba (1998.) [29] definiraju CE kao: „... *attempt to optimize the design of the project and its construction process to achieve reduced lead times, and improved quality and cost by the integration of design, fabrication, construction and erection activities and by maximising concurrency and collaboration in working practice.*“

Pojedini autori CE u graditeljstvu nazivaju *Concurrent construction* (CC). Jaafari (1997.) [30] definira CC kao „*Integrated approach to the planning and execution of all project activities, from the conceptualization state through to the handover of the facility.*“. Problematiku CE u graditeljstvu izučava niz autora: De la Garza (1994.) [31], Eldin (1997.) [32], Love i Guanaselaran (1997.) [33].

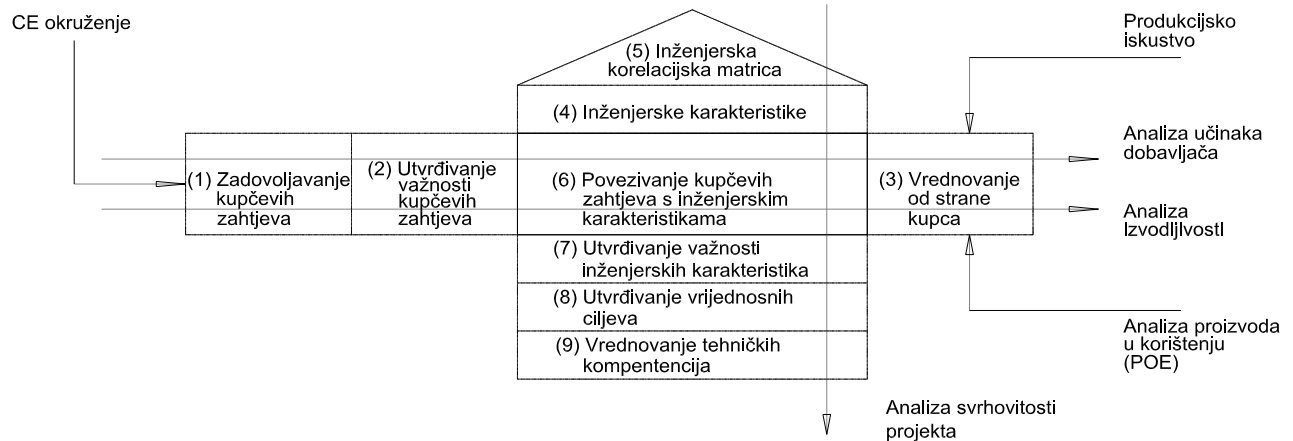
Sumirajući njihova zapažanja može se zaključiti da su temeljni ciljevi CE u graditeljstvu :

- razrješavanje problema fragmentiranosti i specijalizacije osnaživanjem procesa koordinacije i multidisciplinarnih timske participacije, skraćenje LT bez troškovnog doprinosa eliminacijom iteracija i ponavljanja, kao i ostalih aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos služeći se L metodologijom,
- povezivanje i integriranje produkcijskih procesa i dokumentacije s procesima projektiranja u svrhu olakšavanja neposredne realizacije, interdisciplinarno sagledavanje životnog ciklusa proizvoda sa svrhom povećanja kvalitete projektiranja,

- snažna korisnička orijentacija koja se ostvaruje integriranjem CE povratnih procesa kojima se u QFD matricu prenose saznanja o dosegima oblikovanja proizvoda, iskustvima tijekom realizacije projekta, učincima dobavljača i iskustvima u korištenju proizvoda u eksploataciji (POE) (slika 8.).

analogiji s produkcijskom teorijom kao širim okvirom produkcijskog oblikovanja proizvoda.

Konvencionalni – sekvencijalni pristup projektiranju oslanja se na transformacijsku uspostavu standardiziranih procedura koje pretpostavljaju udruživanje na osnovi specijalizacije. Time se objašnjava nastanak institu-



Slika 8. Primjena QFD/HOQ u CE

3 Zaključak

Suhov ADT (i njegove brojne izvedenice) usredotočen je na rješavanje pitanja deduktivne složenosti u inženjerskom projektiranju, pa nedostavno tumači sveobuhvatnu složenost projektnih procesa i praktično je upotrebljiv isključivo za rješavanje izoliranih problema koji se temelje na povezivanju funkcionalnih zahtjeva s projektanim i proizvodnim parametrima. Koristeći se pozitivističkim pristupom (koji karakterizira neovisnost činjenica o stajalištu promatrača – analitičara), promatra isključivo «tvrde» varijable kvantitativnog karaktera i zanemaruje činjenicu da projektiranje u ranoj fazi stvara interpretativnu induktivnu složenost i «meke» varijable kvalitativnog karaktera nastale djelovanjem socioekonomskog okruženja. Treba uočiti i da od svih inženjerskih projektiranja projektiranje u graditeljstvu pripada najotvorenijem socioekonomskom sustavu koji stvara specifičnu i pojačanu varijabilnost, pa je stoga uporabivost postavki ADT–a najmanja upravo u inženjerskom projektiranju u graditeljstvu.

Nedostatak univerzalno uporabivih i robusnih teorijskih postavki, kao posljedica ima spontano oblikovanje inženjerskog projektiranja unutar pojedinih specijalističkih područja na temelju mjerodavnih heurističkih principa. Također, inženjerska projektantska praksa u graditeljstvu snažno je određena specifičnim produkcijskim kontekstom koji karakterizira jedinstvenost produkcije, nestacionarna produkcija i privremena organizacija. Stoga je svrsishodno tražiti tumačenja projektnih procesa u

cionaliziranog odvajanja uloga projektiranja od produkcije kao prepoznatljive odlike građevinske industrije i konstante od zanatskog do suvremenog produkcijskog doba. Primjena produkcijskog koncepta toka na projektiranje, pruža potpuno tumačenje varijabilnosti i eliminacije aktivnosti koje nemaju vrijednosni doprinos na razini pojedinih procesa. Međutim, poput transformacijskog koncepta produkcije i produkcijski koncept toka ne daje odgovore na problematiku varijabilnosti koja proizlazi iz djelovanja okruženja i mehanizama djelovanja kupčevih vrijednosnih sudova u produkcijskom oblikovanju proizvoda.

Doprinos rješavanju problema integriranja dobavljača u ulozu projektiranja i produkcije, te kupca kao kreatora zahtjeva dao je razvoj prakse upravljanja kvalitetom koja je evoluirala od tradicionalnoga inspeksijskog pristupa, preko Demingove procesne kontrole do koncepta *Quality by Design* koji se razvija posljednjih tridesetak godina i koji je ponudio niz uporabljivih metoda (poput prikazanih QFD i DSM) koje pomažu u analizi i unapređenju procesa projektiranja. Na tim se postavkama razvio suvremeni koncept CE, koji usprkos narastajućoj praksi u graditeljstvu (DB), još nema jasno oblikovane teorijske postavke. Time je naznačeno područje daljnjeg razvoja i teorijskog doprinosa.

Tridesetogodišnje nadmetanje u povećanju produktivnosti i konkurentnosti svjetskih ekonomskih velesila i alijansi rezultiralo je oblikovanjem opsežne i dinamične projektne i produkcijske prakse u svjetskom graditeljs-

tvu. Ti trendovi u nacionalnom graditeljstvu još nisu uočljivi ponajviše iz dva razloga: prvi je nepostojanje dostatne tržišne prisile, a drugi, praksa javnih naručitelja koja je udaljena od suvremenog poimanja i metodolo-

gije vrijednosnog koncepta. Stoga je i namjera ovim radom skrenuti pozornost stručne javnosti na sve veći raskorak između nacionalne i svjetske inženjerske projektantske prakse u graditeljstvu.

LITERATURA

- [1] Hubka, V., Eder, W. E.: *Theory of Technical Systems*, Springer, Berlin, 1988.
- [2] Yoshikaw, H.: *Modeling Design Processes*, AAforAI, Tokyo, 1990.
- [3] Suh, N. P.: *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York, 1990.
- [4] Koskela, L.: *Application of the New Production Philosophy to Construction*, Technical report # 72. Center for Integrated Facility Engineering. Stanford University, 1992., str.75.
- [5] Taylor, F. W.: *The Principles of Scientific Management*, Harpers & Brothers, New York, 1913., str.144.
- [6] Dasu, S., Eastman, C.: *Management of Design*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 1994.
- [7] Hubka, V., Eder, W. E.: *Theory of Technical Systems*, Springer, Berlin, str. 226., 1988.
- [8] Mistree, F., Smith, W., Brass, B.: *A Decision-Based Approach to Concurrent Design*, Chapman&Hall, London, str. 127.-128., 1993.
- [9] Paulson, B.C.: *Designing to Reduce Construction Costs*, Journal of Construction Division, ASCE;1976., Vol104, No. CO4, str. 587.-592.
- [10] Friedrich, D. R. i ost.: *Revisions, Repairs and Rework on Large Projects*, Journal of Construction Engineering and Management, 1987., Vol 113, No.3, str. 488.-500.
- [11] Dupagne, A.: *Computer Integrated Building*. Strategic Final Report., ESPRITH.; Exploatory Action No. 5604., 1991.
- [12] Reinertsen, D. G.: *Managing the Design Factor*, The Free Press, New York, 1997.
- [13] Sekine, K., Arai, K.: *Design Team revolution: How to Cut Lead Times in Half and Double Your Productivity*, Productivity Press, Portland, 1994.
- [14] Cooper, K.: *The Rework Cycle : Benchmarks for the Project Manager*, Project Management Journal, Vol. XXIV, March, str. 17.-21., 1993.
- [15] Bowen, H.: *Implementation Projects: Decisions and Expenditures*, National Academy Press, Washington, 1992
- [16] Laufer, A.: *Simultaneous Management: Managing Projects in a Dynamic Environment*, Amacom, New York, 313. str. 1997.
- [17] Steward, D.V.: *The design structure system: A method for managing the design of complex systems*, IEEE Trans Eng Management EM-28, 3 (kolovoz 1981), str. 71.-74.
- [18] Lustig, A., Bošković, D.: *Primjena WEB tehnologija u sustavu upravljanja građevnom ugovornom dokumentacijom*, Internacionalni naučno-stručni skup građevinarstvo- nauka i praksa, Građevinski fakultet u Podgorici, Žabljak, Zbornik radova, Knjiga 2., str. 1247.-1252., 2008.
- [19] Bergman, B. Klefsjö, B.: *Quality from customer needs to customer satisfaction*, McGraw-Hill, London, str.478., 1994.
- [20] Whiteley, R. C.: *The Customer-Driven Company*, Addison-Wesley, Reading, str. 308., 1991.
- [21] Akao, Y.: *Quality Function Deployment*, Productivity Press., Cambridge 1990., MA.str.369.
- [22] Cohen, L.: *Quality Function Deployment*, Addison-Wesley, Reading, 1995., str.348.
- [23] Cohen, L.: *Quality Function Deployment*, Addison-Wesley, Reading, 1995., str.14
- [24] George, J.K., Bo, Y.: *Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications*, Prentice Hall, New York, 1995.
- [25] Bennett, J. et al.: *Designing and Building a world – class industry*, University of Reading, Reading, 1996., str.91.
- [26] Konchar, M. D., Sanvido, V.e., Moore, S. D.: *The benefits of design – build contracting in the United State*. Construction Process Re-engineering. Proceedings of the International Conference on Construction Process Re-engineering, Gold Coast 1997., Mohame, S. Edition. Griffith University; School of Engineering, str.191.-201.
- [27] Cross, N.: *Science and Design Metodology*, A Review. Research in Engineering Design, 1993., Vol. 5, str. 63.-69.
- [28] Carter, D., Baker, B.: *Concurrent Engineering: The Product Development Environment fo the 1990s*, Addison-Wesley, Reading, MA., 1992., str.175.
- [29] Evbuomwan, N., Anumba, C. J.: *An integrated Framework for concurrent Life-cycle Design and Construction*, Advances in Engineering Software, Vol.5, No.7-9, str. 587.-597., 1998.
- [30] Jaafari, A.: *Concurrent construction and life cycle project management*, Journal of Construction, Engineering and Management, 123(4), 1997., str. 427.-436.
- [31] De la Garza, J. M. i ost.: *Value concurrent engineering for A/E/C industry*, Journal of Management in Engineering, 10(3), 1994., 46-55.
- [32] Eldin, N. N.: *Concurrent engineering: A schedule reduction tool*, Journal of Construction, Engineering and Management, 123(3), 1997., str.354.-362.
- [33] Love, P. E. D., Guanaseran, A.: *Concurrent engineering in the construction industry*, Concurrent Engineering: Research and Application, 5(2), 1997., str. 155.-162.