

Projektovanje i CAD/CAM

Dizajn Proces:
Alternativna rješenja, donošenje odluke
detaljni dizajn

Dr Ahmed Kovačević

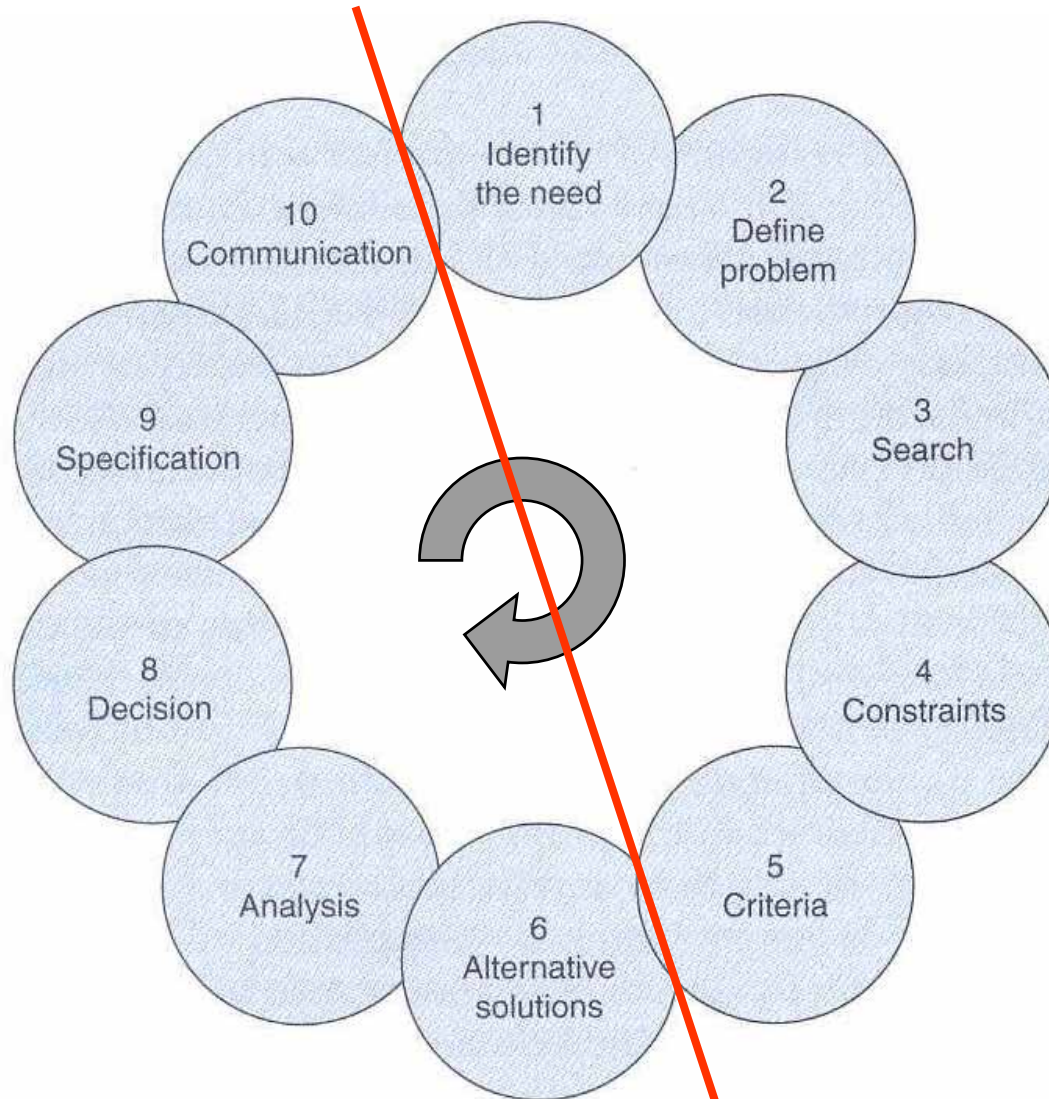
School of Engineering and Mathematical Sciences

City University London

Room CM124, Phone: +44 20 7040 8780

E-Mail: A.Kovacevic@city.ac.uk

Inženjerski dizajn



6. Alternativna rješenja

- Kako bi se problem mogao riješiti, zadatak dizajnerskog tima je da predloži listu mogućih rješenja. Inovativnija rješenja – bolji proizvod.

- Priroda inovacije

“Ja pronalazač ??!” ⇒ “A zašto da ne?”

Plaši li te to??

- Napraviti listu mogućih rješenja:

a) **Ček-off (Chek off) lista**

ili

b) **Brainstorming**

» Check-off lista – dizajnirana da usmjerava razmišljanje

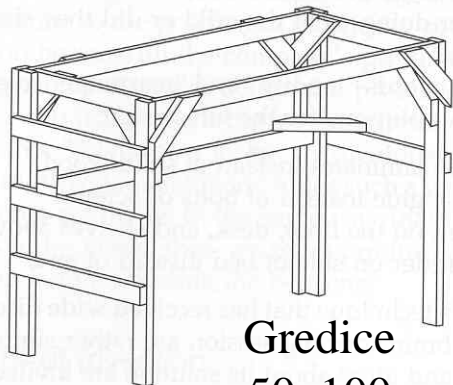
- Na ovaj način se sugerišu mogući načini izmjene i upotrebe postojećeg rješenja.
- Prvi korak je da se napravi **lista karakteristika** postojećeg (ili prvog) rješenja: *oblik, veličina, materijal, proizvodna metoda, boja, rasporede ...*
- Pokušaj da otkriješ kako će se **trenutno rješenje mijenjati** ako promijeniš karakteristike rješenja **shodno riječima sa liste**. Zapitaj se:
Zašto je rješenje takvo kakvo jeste?
Da li će promjena voditi na bolje ili ne?
Šta je razlog zbog koga je rješenje takvo kakvo jeste? ...
- Upotrijebi riječi sa liste : “**PROMIJENI**” i “**REARANŽIRAJ**” da bi usmjerio ili fokusirao napore

6. Alternativna rješenja - Brainstorming

Brainstorming – kratak i efektivan sastanak tima u kojem se daju ideje o rješenjima

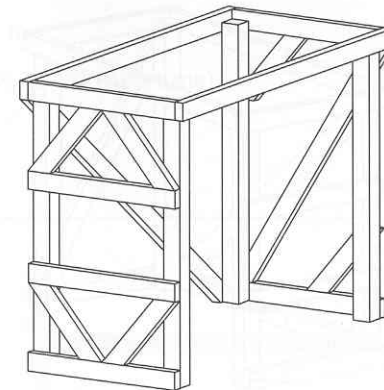
- Široko prihvaćena metoda
- Vodja tima **postavlja problem i poziva na ideje** o mogućim rješenjima
- Sastanak traje oko **pola sata**
- >Va'na pravila 'brainstorming' procesa
 - Najuspješnije su grupe od **4-8 članova**,
 - **Sloboda izražavanja** je vrlo važna. Ocjenjivanje ideja treba izbjeci na sve načine. Ništa što može obeshrabriti člana tima ne smije biti rečeno ili iznešeno za vrijeme sesije.
 - **Vođa tima je ključna figura**. Vođa postavlja ton i tempo razgovora, ohrabruje članove tima da govore i podstiče na nove ideje kad se tempo diskusije stiša.
 - **Članovi tima su jednaki**. Niko ne treba pokušati da impresionira, podržava ili obeshrabruje nekog drugog člana tima.
 - **Zapisivanje ideja je neophodno**. Sve što je rečeno mora biti zapisano, ili mehanički (elektronski) ili ručno.
- Često, članovi tima trebaju nekoliko minuta da se oslobode rezervisanosti.
- Uglavnom, je 'brainstorming' zabavan
- Uvijek, 'brainstorming' daje iznenađujuće veliki broj rješenja.

6. Alternativna rješenja - Primjer



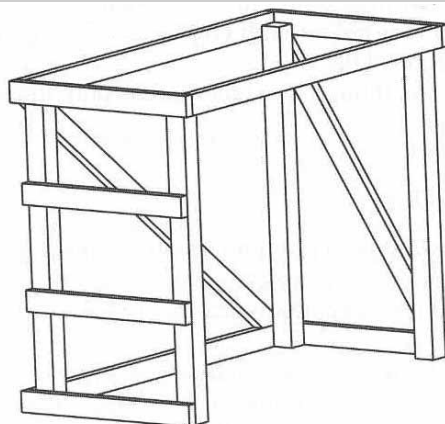
Gredice
50x100

Alternative solution 1.



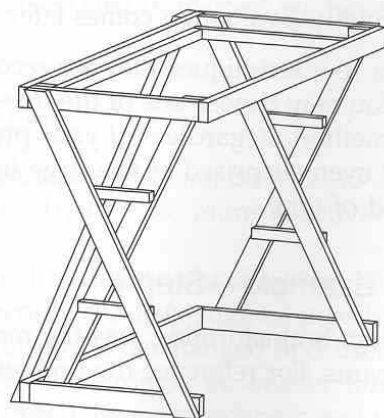
Stubovi
100x100

Alternative solution 3.



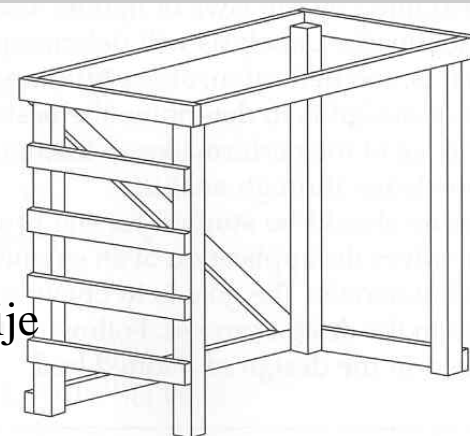
Stubovi
100x100

Naj-
jednostavnije
Alternative solution 5.



Gredice
50x100

Alternative solution 2.



Stubovi
100x100

jednostavnije

Alternative solution 4.

7. Analiza

- **Cilja procesa projektovanja** je da se nadje **najbolje rješenje** u okvirima raspoloživog vremena i resursa.
- Analiza je centralna tačka procesa projektovanja
- Cilj analize je da se odrede karakteristike – performanse i mogućnosti svakog alternativnog rješenja.
- Na taj način, rješenja koja ne zadovolji uslove ili fizikalna ili praktična ograničenja može biti potpuno odbačeno ili modificirano – ponavljanje nekog od prethodnih koraka.
- Analiza uključuje primjenu matematike i inženjerskih metoda i principa da bi se odredile performanse rješenja
- Zadatak inženjera je da izabere odgovarajući metod za analizu.
- Uglavnom se analiza kojom se bave inženjeri oslanja na **zakone prirode, ekonomske zakone i zdravi razum.**

7. Analiza (cont. 1)

☉ Zakoni prirode

- » Mnoge zakone prirode studenti već znaju – mnoge je potrebno naučiti
- » Zakoni konzervacije – mase, energije, momenta ...
- » Zakoni: Hooke-ov: napon - deformacija
Newton-ov: sila – rezultujuće reakcije i pomijeranja
Zakoni termodinamike: rad - energija
- » **Analizom je potrebno dokazati da ideja zadovoljava zakone prirode.**
- » Uobičajeni način validacije rješenja je na osnovu postavljenog **matematskog modela** sistema.
- » Rezultati se mogu predstaviti u obliku dijagrama i/ili tabela
- » Ponekad su i modeli u razmjeri neophodni da se izvrši evaluacija predloženog dizajna.

7. Analiza (cont. 2)

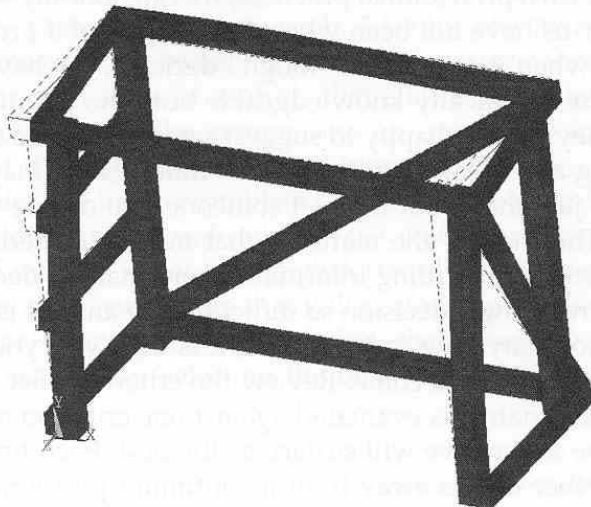
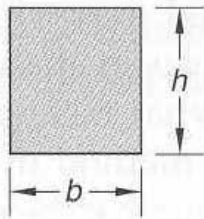
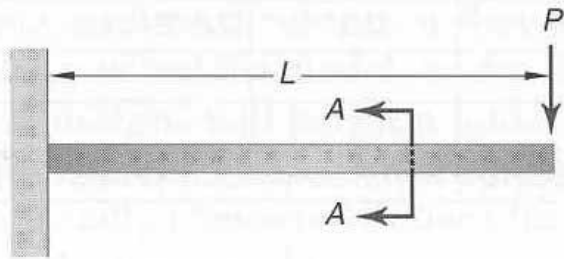
◉ **Ekonomski zakoni**

- » Ekonomija i novac su sastavni dio procesa projektovanja i procesa donošenja odluke.
- » Mnogi genijalni projekti i proizvodi koji su traženi nikad nisu došli na tržište jer se nisu pokazali kao ekonomski izvodljivi.
- » *Pitanje:* Kako neko zna da će proizvod koji se dizajnira biti ekonomski uspješan i da će se dokazati na tržištu?
Odgovor: Na osnovu matematskog aparata - **Statistika!**
- » Statistika daje ideju o potencijalnom tržištu, cijeni proizvodnje i mogućoj tržišnoj cijeni, mogućí profit ili gubitak; a sve se zasniva na uzorkovanju male reprezentativne grupe.

◉ **Zdrav razum**

- » Inženjer mora biti siguran da su mu proračuni matematskog modela i statistika tačni. Mora se provjeriti validnost
- » Priča o izborima u SAD 1930s kad su Demokrati pobijedili Republikance
- » Priča: “Mogu dokazati da je $2=1!!$ ”

7. Analiza - Primjer



Solution The deflection of the end of a cantilever beam for the configuration shown is given by

$$d = \frac{PL^3}{3EI} \text{ (constraint equation)}$$

where

d = deflection, m

E = modulus of elasticity, a material constant, Pa

= $2.07(10^{11})$ Pa for structural steel

I = moment of inertia, m^4

For a rectangular cross section

$$\begin{aligned} I &= \frac{bh^3}{12} \\ &= \frac{(0.2)(0.4)^3}{12} \\ &= 1.067(10^{-3}) m^4 \end{aligned}$$

Therefore

$$\begin{aligned} d &= \frac{(10^5)(4)^3}{3(2.07)(10^{11})(1.067)(10^{-3})} \\ &= 9.66 (10^{-3}) m \\ &= 9.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

	P, N	L, m	h,m	b,m	E, Pa	I, m ⁴	d,m
	1.00E+05	4	0.1	0.2	2.07E+11	1.67E-05	0.618357
	1.00E+05	4	0.2	0.2	2.07E+11	0.000133	0.077295
	1.00E+05	4	0.3	0.2	2.07E+11	0.00045	0.022902
	1.00E+05	4	0.4	0.2	2.07E+11	0.001067	0.009662
	1.00E+05	4	0.5	0.2	2.07E+11	0.002083	0.004947
	1.00E+05	4	0.6	0.2	2.07E+11	0.0036	0.002863
CANTILEVER BEAM DEFLECTION FOR RECTANGULAR SECTION							

8. Odluka

- **Najteži dio** procesa projektovanja je odlučivanje o tome koje od ponuđenih rješenja je najbolje!! *Zašto?*
- Odgovor na postavljeno pitanje je “**Cjenkanje!**”
‘Najbolje’ rješenje nikad nije ‘najbolje’ s obzirom na sve kriterije koji su ranije postavljeni. Kompromis!
- Organizacija procesa odlučivanja
 - » Skupiti što je god moguće informacija o svakom rješenju
 - » Raspoložive informacije moraju pošteno i precizno predstavljati alterna rješenja.
- Kriteriji u procesu odlučivanja
 - » Cilj procesa projektovanja: da se nađe najbolje rješenje u okviru raspoloživih resursa i vremena.
 - » Ozbiljno pretraživanje, alternativa rješenja i analiza daju šansu z apošteno donošenje odluke. Odlučivanje – **umjetnost ili nauka**
 - » **Optimizacija** je proces pronalaženja optimalnog rješenja za zadate kriterije. Uvijek postoji tzv. “**pay off**” funkcija – kriterij za izbor optimalnog rješenja.

Zadatak:

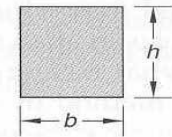
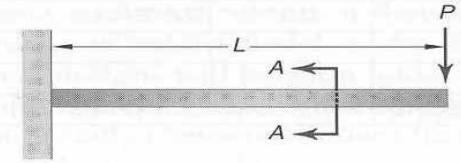
Odrediti b , h za najmanju masu grede tako da se greda ne deformiše više od 40 mm i $h < 3b$

$F = 1,0 \times 10^5 \text{ N}$
 $E = 2,0 \times 10^{11} \text{ Pa}$
 $L = 4,0 \text{ cm}$
 $d \leq 40 \text{ mm}$
 $h \leq 30$

⊙ - Nominal solution

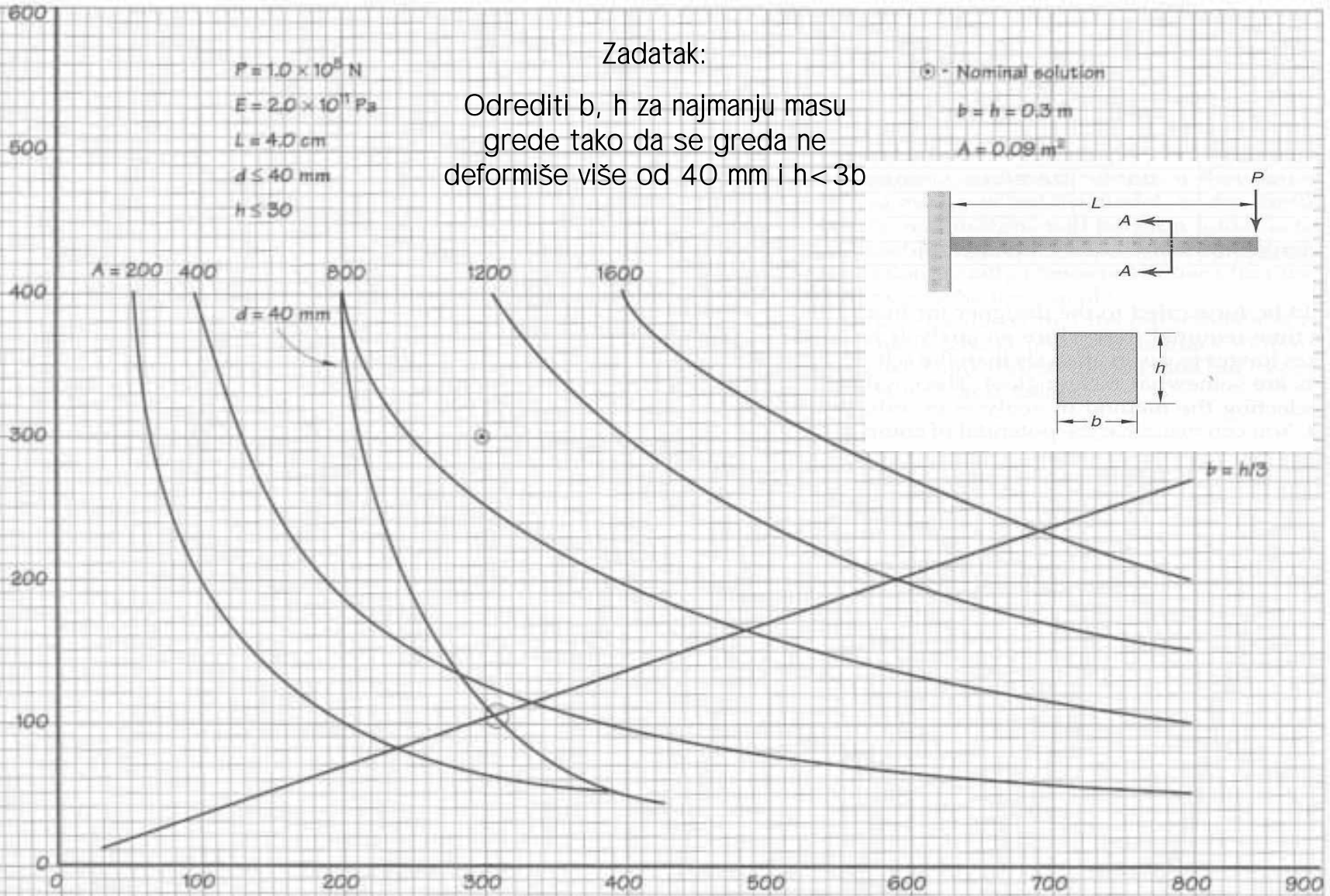
$b = h = 0,3 \text{ m}$

$A = 0,09 \text{ m}^2$



$b = h/3$

Beam width b , mm



8. Odlučivanje - Primjer za Optimizaciju

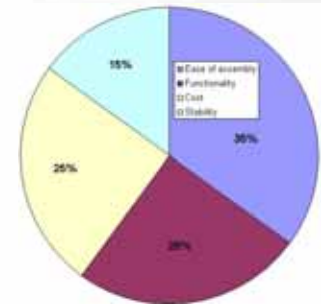
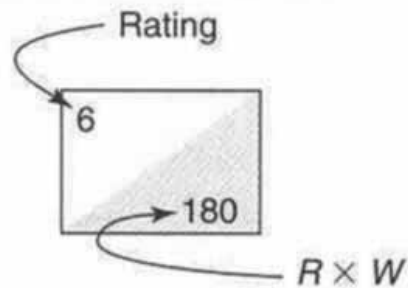
Beam depth, h , mm

8. Matrica odlučivanja

Criteria	Weight, $W\%$	Alternative Solutions						
		1	2	3	4	5	6	7
Ease of assembly	35	4 140	5 175	6 210	8 280	8 280		
Functionality	25	5 125	8 200	8 200	8 200	8 200		
Cost	25	6 150	6 150	5 125	7 175	7 175		
Stability	15	7 105	3 45	9 135	9 135	10 150		
Total	100	520	570	670	790	805		

Rating scale R

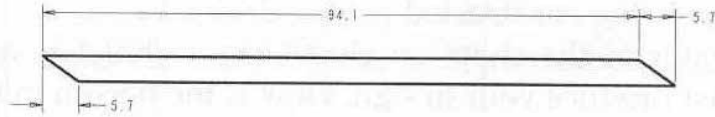
Excellent	9–10
Good	7–8
Fair	5–6
Poor	3–4
Unsatisfactory	0–2



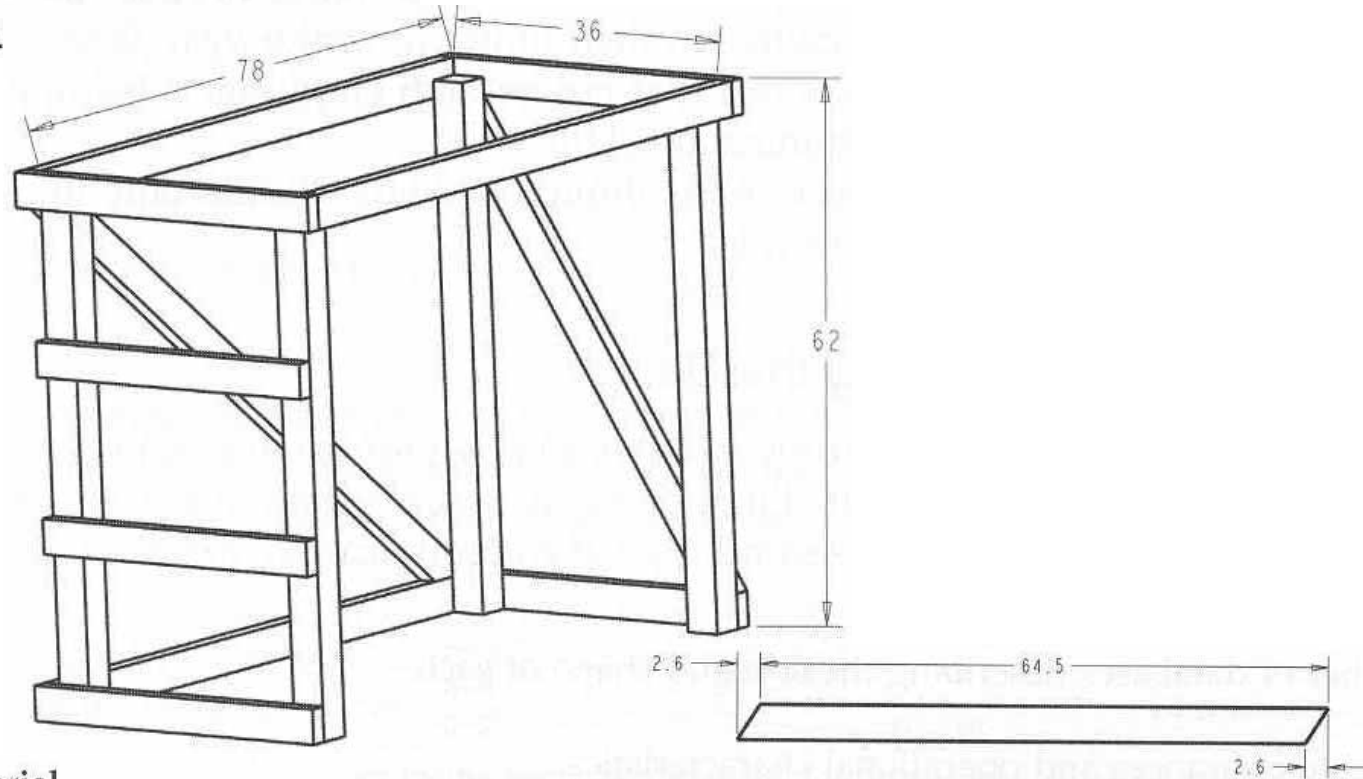
9. Specifikacija

- Grafička i tehnička specifikacija:
 - » **Radionički crtež** za svaki dio konstrukcije.
 - » **Izvještaj** - definicija preko njegovih radnih karakteristika
 - » **Sklopni crtež.**
 - » **Zabilješke** - standardi, definicija proizvodnih metoda, kvaliteta obrade, tolerancija.
 - » Kompletan spisak dijelova - specifikacija

9. Specifikacija - Primjer



Detailed drawing of back diagonal brace.



Detailed drawing of end diagonal brace.

Bill of Material

<u>Item</u>	<u>Amount Required</u>	<u>Cost*, \$</u>
2" × 4" × 16'	3	18.00
2" × 4" × 8'	1	2.89
4" × 4" × 8'	4	32.00
3" deck screws	1 lb.	<u>2.50</u>
		55.39

10. Komunikacija

Plasman Dizajna

- » Na tome treba raditi tokom cijelog procesa projektovanja.
- » Inženjer more uvjeriti kupca (potrošača), menadžment, prodaju itd. Da proizvod koji je konstruisan ima određene zahtijevane prednosti.
- » Postojimnogo različitih načina komuniciranja. Najčešći su:

Pisani izvještaj

- » Odgovarajuća naslovna strana
- » Apstrakt
- » Sadržaj
- » Tijelo izvještaja
- » Zaključci i prijedlozi
- » Dodaci

Usmena prezentacija

- » Pripremiti se: biti familijaran sa temom, imati pripremljenu prezentaciju sa samo najvažnijim podacima o prozvodu
- » Biti uvjerljiv, govoriti jasno i dovoljno glasno, usmjeriti pažnost na auditorijum.

Instead of Conclusion

Inženjerski dizajn

Dizajn proces

Bloomova Taxonomija o učenju

Zadovoljstvo potrošača

Ograničenja

Kriteriji

'Reverse engineering'

Alternativna rješenja

Check-off lista

'Brainstorming'

Domen rješavanja

Analiza

Sinteza

"Pay-off" funkcija

Matrica odlučivanja

Specifikacija

Komunikacija