

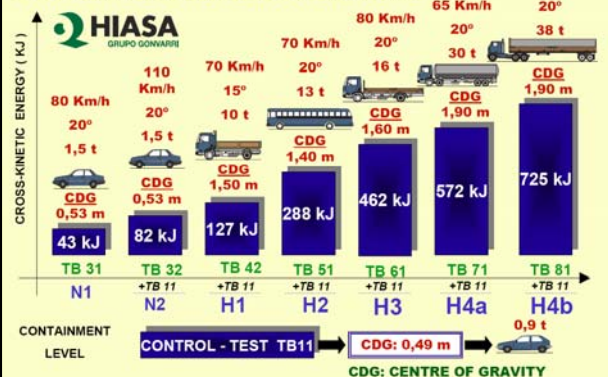
ZAŠTITNE OGRADE NA CESTAMA I MOSTOVIMA

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

TRAJNOST KONSTRUKCIJA I

ispitivanja	Razina zadržavanja	Ispitivanje
Niska razina zadržavanja	T1	TB 21
	T2	TB 42
	T3	TB 61 i TB21
Normalna razina zadržavanja	N1	TB 31
	N2	TB 32 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	H1	TB 42 i TB 11
	H2	TB 51 i TB 11
	H3	TB 61 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 2 ispitivanja	H4a	TB 71 i TB 11
	H4b	TB 81 i TB 11
Visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	L1	TB 42 i TB 32 i TB 11
	L2	TB 51 i TB 32 i TB 11
	L3	TB 61 i TB 32 i TB 11
Vrlo visoka razina zadržavanja – 3 ispitivanja	L4a	TB 71 i TB 32 i TB 11
	L4b	TB 81 i TB 32 i TB 11





Primjeri udara u neke ograde

OGRAĐA	SLIKA	SVOJSTVA	UDAR KAMIONA (TB 81)	UDAR AUTOMOBILA (TB 11)
A		Materijal: beton Širina: 0,58 m Visina: 1,07 m Udaljenost do ruba vijenca: 0,0 m Sidrenje: 1 anker (M16) svakih 8 m Težina: 783 kg/m		
B		Materijal: čelik Širina: 0,60 m Visina: 1,24 m Udaljenost do ruba vijenca: 0,4 m Sidrenje: 4 ankera (M16) svakih 1,33 m Težina: 88 kg/m		

1. Kriteriji zadržavanja vozila

- Ponašanje zaštitnih cestovnih sustava podrazumijeva da vozilo ne smije ozbiljno oštetiti ili preskočiti sustav.
- Niti jedna deformacija zaštitnih cestovnih sustava ne smije prouzročiti probijanje vozila.

Primjeri oštećenja sidrenja zaštitnih ograda

- To svojstvo naročito je bitno kod uporabe zaštitnih cestovnih sustava na mostovima, gdje bi probijanje vozila prouzročilo značajne štete.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

1. Kriteriji zadržavanja vozila

- Sustav mora zadržati i preusmjeriti vozilo na kontroliran i predvidljiv način.
- Vozilo mora napustiti područje zaštitne ograde nakon udara, tako da kotači vozila budu u području tzv. izlazne kutije

tip vozila	A	B
	m	m
osobno vozilo	2,2	10
druga vozila	4,4	20

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

- ... može se definirati kao rizik ozljeđivanja putnika u vozilu. Određuje se na temelju triju pokazatelja:
 - Indeks ozbiljnosti udara (ASI - Acceleration Severity Index)** je funkcija vremena, proračunava se ovisno o graničnim vrijednostima ubrzanja tijela i ubrzanja odabrane točke na vozilu uprosječenog za vremenski interval od 50ms. Ovaj parametar daje mjeru ozbiljnosti pomaka vozila na putnika koji sjedi blizu odabrane točke u vozilu.
 - Teoretska brzina udara (THIV - Theoretical Head Impact Velocity)** predstavlja brzinu udara slobodne mase (glave putnika u vozilu) u unutarnju površinu vozila, nakon što je vozilo naglo promijenilo brzinu i smjer prilikom udara u zaštitni sustav. Teoretska brzina udara je pokazatelj opasnosti nevezanja putnika u vozilu.
 - Usporavanje nakon udara (PHD - Post-impact Head Deceleration)** ovisno je o teoretskoj brzini udara, a pokazatelj je težine posljedica na putnika nakon udara u unutrašnjost vozila.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

- Razina ozbiljnosti udara služi prvenstveno kao prikaz veličine rizika od ozljeđivanja korisnika putničkog vozila prilikom njegovog udara u zaštitnu ogradu.
- Ovaj prikaz je utoliko važan jer se u 90% slučajeva skretanja vozila s vozne trake radi o putničkim vozilima.
- Prema indeksu ozbiljnosti udara razlikuju se tri razine ozbiljnosti udara.
- Razina C pridodana je normama 2007. godine iako postoje studije o njenoj štetnosti.

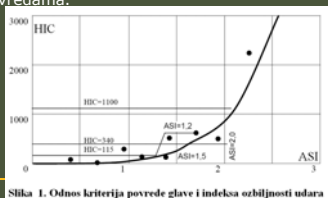
Tablica 3. Razine ozbiljnosti udara i odgovarajuće vrijednosti pokazatelja

Razina ozbiljnosti udara		Vrijednosti pokazatelja	
A	ASI ≤ 1,0	i	THIV ≤ 33 km/h
B	ASI ≤ 1,4		
C	ASI ≤ 1,9		

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

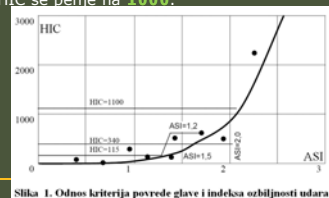
- Utvrdjena je veza između
 - indeksa ozbiljnosti udara (**ASI**) i
 - kriterija povrede glave prikazana (**HIC** - *Head Injury Criterium*) - jedan od pokazatelja povrede putnika prilikom prometnih nesreća.
- Kod frontalnog udara vrijednost **200** ovog kriterija ukazuje na značajnu opasnost od povreda putnika, dok se vrijednost **1000** povezuje s ozbiljnim povredama.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

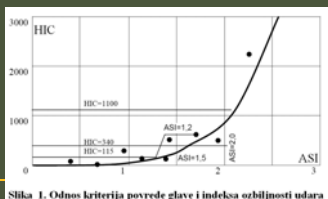
- Vidljivo je da sa porastom indeksa ozbiljnosti udara (**ASI**) vrijednost kriterija povrede glave (**HIC**) raste eksponencijalno.
- Prema mjerenjima, dopuštena granica indeksa ozbiljnosti udara (ASI) je vrijednost **1,5**.
- Do vrijednosti ASI indeksa **1,0**, vrijednost kriterija povrede glave HIC se nalazi ispod **100**,
- ali sa povećanjem vrijednosti ASI indeksa od **1,4** na **1,9** vrijednost pokazatelja HIC se penje na **1000**.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

2. Kriteriji ozbiljnosti učinka udara na korisnike vozila

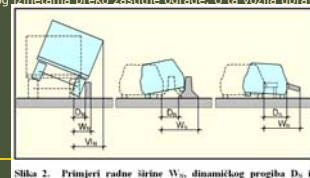
- Dakle, što je veća vrijednost ASI indeksa, to je veća opasnost da će prilikom nesreće nastupiti ozbiljne povrede.
- Stoga je uvođenje razreda C koji predstavlja potencijalnu opasnost za vozače i putnike upitno.



Slika 1. Odnos kriterija povrede glave i indeksa ozbiljnosti udara

3. Kriteriji deformacije zaštitnih ograda

- Deformacije zaštitnih ograda određuju tri parametra:
 - Radna širina (W - working width)** je udaljenost između unutarnje strane zaštitne ograde prije udara i pozicije najizbočenijeg dijela sustava nakon udara.
 - Dinamički progib (D - dynamic deflection)** maksimalni bočni pomak zaštitne ograde gledajući samo unutarnju stranu ograde. Za uske zaštitne sustave, dinamični progib teško se mjeri, a za takve slučajeve njegova širina može se uzeti kao radna širina (W).
 - Širina prodiranja vozila (VI)** prikazuje maksimalnu bočnu poziciju vozila pri udaru u zaštitnu ogradu. Ovi se parametri ispituju kod visokih vozila, kod kojih postoji mogućnost bočnog izlivanja preko zaštitne ograde. U ta vozila ubrajamo kamione, autobuse i sl.



Slika 2. Primjeri radne širine W, dinamičkog progiba D i širine prodiranja vozila VI

3. Kriteriji deformacije zaštitnih ograda

- Svrha mjerenja ovih parametara je utvrditi veličinu bočnog prostora potrebnog za ispravnost sustava zaštitnih ograda.

Tablica 4. Razredi radne širine zaštitne ograde

Razredi radne širine	Razine radne širine (m)
W1	$W_N \leq 0,6$
W2	$W_N \leq 0,8$
W3	$W_N \leq 1,0$
W4	$W_N \leq 1,3$
W5	$W_N \leq 1,7$
W6	$W_N \leq 2,1$
W7	$W_N \leq 2,5$
W8	$W_N \leq 3,5$

Tablica 5. Razredi širine prodiranja vozila

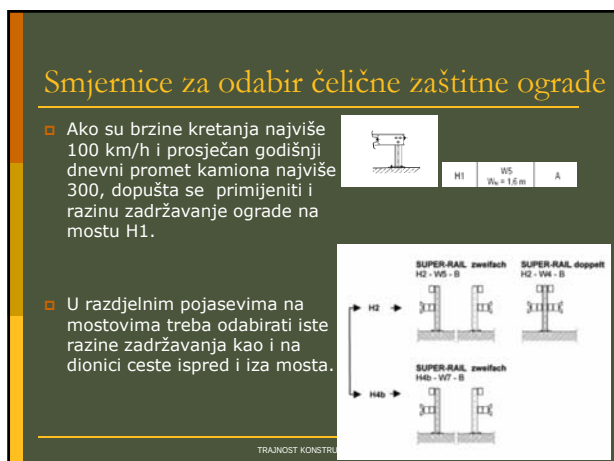
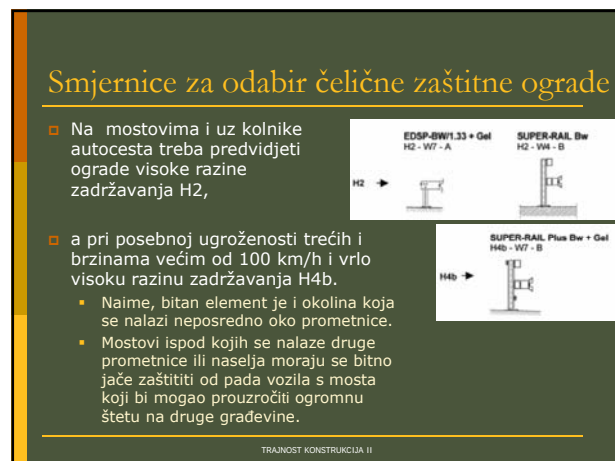
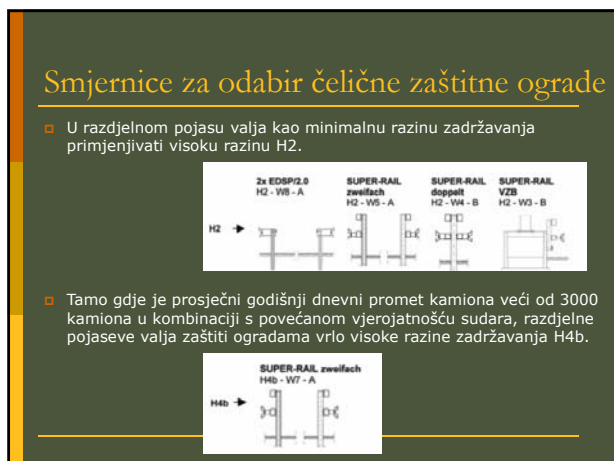
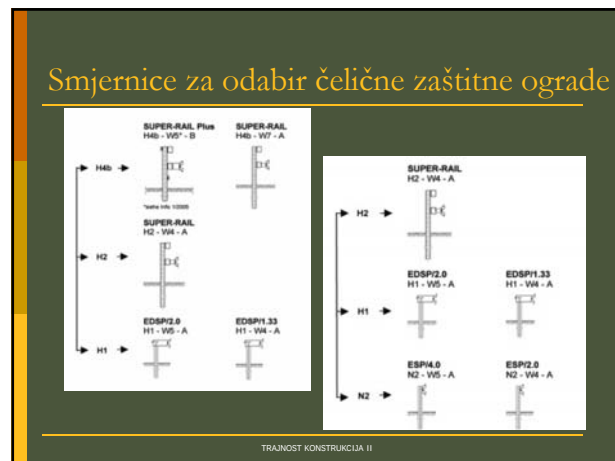
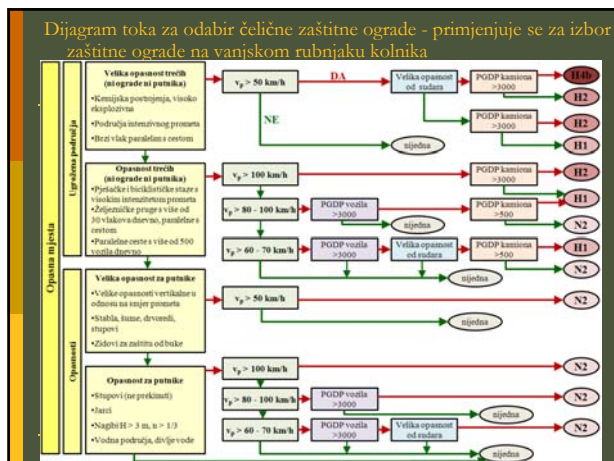
Razredi širine prodiranja vozila	Razine širine prodiranja vozila (m)
VI1	$VI_N \leq 0,6$
VI2	$VI_N \leq 0,8$
VI3	$VI_N \leq 1,0$
VI4	$VI_N \leq 1,3$
VI5	$VI_N \leq 1,7$
VI6	$VI_N \leq 2,1$
VI7	$VI_N \leq 2,5$
VI8	$VI_N \leq 3,5$
VI9	$VI_N \leq 3,5$

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- Usporedno s odredbama normi razvijaju se smjernice i preporuke za izbor potrebne razine zadržavanja, ovisno o
 - mjestu opasnosti i
 - uvjetima prometa.
- Pri odabiru zaštitnih ograda potrebno je voditi računa o:
 - mjestu ugradnje**
 - ✓ obične ceste, autoceste, mostovi i druge prometnice
 - brzini kretanja vozila**
 - ✓ prosječna i maksimalna brzina kretanja
 - ukupnoj količini vozila**
 - ✓ brojnost svih automobila, kamiona i autobusa
 - pojedinačnoj brojnosti vozila**
 - ✓ brojnost automobila, kamiona i autobusa

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II



Zaštitne ograde na mostovima

Oznaka	Razina zadržavanja	Radna širina	Razina odloženosti udara	Dužina naplavljenja		
Sustav na objektu						
Razina zadržavanja H2						
JDO / 1.33		S1.2-120	H1	W5 W ₀ = 1,6 m	A	80 m
		S1.2-120	H2	W7 W ₀ = 2,2 m	A	80 m
SUPER RAIL		S1.2-310	H2	W4 W ₀ = 1,2 m	B	36 m
SUPER RAIL (dvostuka)		S1.2-320	H2	W4 W ₀ = 1,2 m	B	36 m
SUPER RAIL		S1.2-610	H2	W4 W ₀ = 1,1 m	B	32 m
Razina zadržavanja H4b						
SUPER RAIL (dvostuka)		S1.2-320	H4b	W7	B	40 m
SUPER RAIL		S1.2-340	H4b	W5 W ₀ = 2,1 m	B	80 m

Smjernice za odabir čelične zaštitne ograde

- Na mostovima se
 - za razinu zadržavanja H2 preporučuju ograde tipa
 - EDSP-BW/1.33+Gel H2-W7-A i
 - SUPER-RAIL Bw H2-W4-B,
 - a za razinu H4b ograda
 - SUPER-RAIL Plus Bw+Gel H4b-W7-B.
- Za razdjelni pojas na mostu
 - za razinu zadržavanja H2 preporučuju se ograde tipa
 - SUPER-RAIL dvojna H2-W5-B i
 - SUPER-RAIL dvostrana H2-W4-B,
 - a za razinu H4b ograda
 - SUPER-RAIL dvojna H4b-W7-B.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Učinak udara vozila u zaštitnu ogradu

- Udar vozila na zaštitnu ogradu prouzročit će određene učinke na mostu koje valja na pravilan način obuhvatiti proračunom.
- Izvanredna djelovanja od udara vozila dana su u projektantskim normama no valja razmotriti i učinke udara stvarnih vozila koji proizvode sile jednake onima u probnim ispitivanjima pojedinih ograda.
- Naime pri projektiranju novog mosta valja provjeriti da sila udara stvarnog vozila ne prelazi normiranu silu,
- a pri zamjeni ograda na postojećem mostu valja provjeriti da li je sila koju oграда može izdržati manja od normirane vrijednosti i da li njene učinke most može izdržati.

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Sila udara vozila

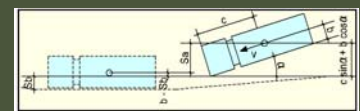
- EN 1991-2 preporučuje primjenu četiriju razreda za izvanrednu horizontalnu silu udara koja djeluje na zaštitnu ogradu.
- Razred A: 100 kN  slabo pričvršćenje (~ H2)
- Razred B: 200 kN
- Razred C: 400 kN
- Razred D: 600 kN  vrlo jako pričvršćenje

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Sila udara vozila

- Prema EN 1317-1, dodatak B, moguće je odrediti silu udara od stvarnog vozila uz poznavanje njegove mase, dimenzija, brzine kretanja i kuta udara.
- Početna brzina vozila okomita na zaštitnu ogradu iznosi:

$$v_n = v \cdot \sin \alpha$$



Slika 4. Pomak težišta vozila

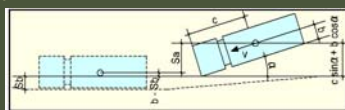
TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Sila udara vozila

- Pomak težišta vozila određuje se prema izrazu:

$$s_n = c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + s_b$$

- s_b maksimalni dinamički pomak prometne plohe zaštitne ograde koji se dobiva kao zbroj
 - bočnog progiba ograde i širine izbacivanja vozila
 - a možemo ga zamijeniti radnom širinom zaštitne ograde w_w ;
- c se može uzeti kao pola duljine vozila;
- b kao pola širine vozila.



Slika 4. Pomak težišta vozila

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

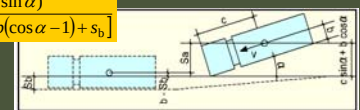
Sila udara vozila

- Prosječno ubrzanje centra gravitacije vozila okomito na zaštitnu ogradu možemo dobiti prema:

$$\bar{a}_n = \frac{v_n^2}{2 \cdot s_n}$$

- pa prosječna sila koja djeluje okomito na zaštitnu ogradu iznosi:

$$\bar{F} = m \cdot \bar{a}_n = \frac{m \cdot (v \sin \alpha)^2}{2 \cdot [c \cdot \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + s_b]}$$



Slika 4. Pomak težišta vozila

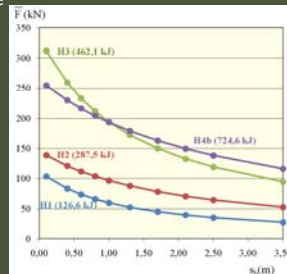
TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Sila udara vozila

- Deformacija, odnosno pomak zaštitne ograde od iznimnog je utjecaja na vrijednost sile udara.

- Vidljivo je da sila može za pomak zaštitne ograde od 0,6 m (što odgovara radnoj širini W1) biti i preko 2,5 puta veća od sile za pomak 3,5 m (što odgovara radnoj širini W8).

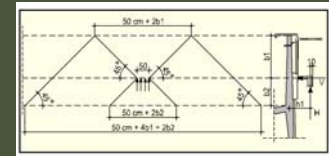
- Stoga je od iznimne važnosti pri razmatranju pričvršćenja ograde na rasponski sklop i učinaka samog udara na most poznavati sve kriterije zaštite od udara pojedine zaštitne ograde.



TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Raspodijela sila na konzoli

- Horizontalna sila djeluje 10 cm ispod vrha zaštitne ograde na duljini 50 cm.
- Istovremeno s horizontalnom silom udara valja uzeti u obzir i djelovanje vertikalne sile od vozila
- Rasprostiranje sila u horizontalnoj ravni uzima se pod kutom od 45°.



Slika 6. Shema raspodjele sila pri udaru vozila

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

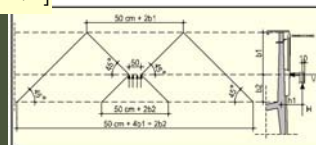
Raspodijela sila na konzoli

- Unutrašnje sile na mjestu upetosti konzole u rasponski sklop:

$$v_z = V / (0,5m + 2b_2) \quad [\text{kN/m}]$$

$$m_{y,H} = H \cdot h_1 / (0,5m + 4b_1 + 2b_2) \quad [\text{kNm/m}]$$

$$m_{y,V} = V \cdot b_2 / (0,5m + 2b_2) \quad [\text{kNm/m}]$$

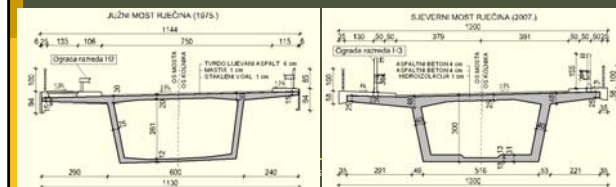


Slika 6. Shema raspodjele sila pri udaru vozila

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

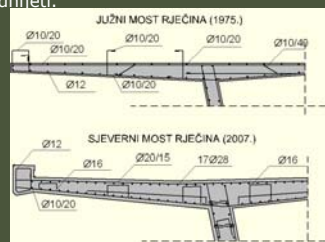
Stari i novi most Rječina

- Proveden proračun učinaka udara stvarnih vozila na mostove sa ugrađenim ogradaama
 - H2 na starom i
 - H3 na novom mostu,
- ali je provjeren i učinak udara za ograde nižih i viših razina zadržavanja
 - H1 na starom i
 - H4b na novom mostu



Stari i novi most Rječina

- Stvarno postojeća armatura u konzolama sandučastih presjeka starog i novog mosta uspoređena je sa armaturom zahtijevanom s obzirom na udare koje određene razine zadržavanja moraju podnijeti.



TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

Stari i novi most Rječina

- Kod **starog mosta** Rječina nužno je ojačanje da bi konzola bila u stanju podnijeti učinke udara probnog vozila u ogradu.
- Postojeća armatura u konzoli ne zadovoljava ni jednu visoku razinu zadržavanja.

- Proračun **novog mosta** pokazao je da postojeća armatura u konzoli zadovoljava i učinke udara vozila za vrlo visoke razine zadržavanja te bi bila moguća i primjena ograde H4b-W7.

Tablica 6. Usporedba ulaznih podataka i učinaka udara vozila na starom i novom mostu				
	Stari južni most		Novi sjeverni most	
Razina zadržavanja	H1	H2	H3	H4b
Masa vozila m (kg)	10000	13000	16000	38000
Brzina kretanja v (km/h)	70	70	80	65
Kut uleta α (°)	15	20	20	20
Dimenzije 2c-2b (m-m)	kamion 9,0-2,4	autobus 12-2,6	kamion 8,5-2,4	tegljač 16,5-2,5
Radna širina B (m)	1,6	2,2	2,5	2,5
Horizontalna sila H (kN)	46,53	68,93	120,02	138,22
Vertikalna sila V (kN)	98	128	157	373
Moment od H m _{y,H} (kNm/m)	4,18	6,19	15,92	18,30
Moment od V m _{y,V} (kNm/m)	40,19	52,49	68,01	161,57
Postojeća armatura konzole A _{st,0} (cm ²)	3,95	3,95	20,93	20,93
Potrebna armatura konzole A _{st,0} (cm ²)	14,37	16,93	11,94	19,48

TRAJNOST KONSTRUKCIJA II

