

# Proračun kranskih nosača prema Eurokod normama

---

**Joketović, Mario; Radić, Ivan; Markulak, Damir**

*Source / Izvornik:* **E-GFOS, 2011, 2, 80 - 88**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:133:780226>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported](#) / [Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerađivanja 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-01**



GRADEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSJEK  
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

*Repository / Repozitorij:*

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)



---

## PRORAČUN KRANSKIH NOSAČA PREMA EUROKOD NORMAMA

**Mario Joketović**

*Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, student*

**Ivan Radić**

*Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, dipl.ing.građ.*

**Damir Markulak**

*Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, prof.dr.sc.*

**Sažetak:** U radu se opisuje način modeliranja opterećenja zbog djelovanja kranova prema Eurokod normama HRN EN 1991-3:2006. Taj se postupak svojom složenošću i preciznošću u izračunu djelovanja bitno razlikuje od dosadašnjih načina proračuna. Na numeričkom primjeru industrijske hale s kranom ilustriran je kodificirani način proračuna ovakvih konstrukcija prema Eurokod normama.

**Ključne riječi:** kranski nosač, modeliranje opterećenja, proračun, Eurokod

## DESIGN OF CRANE GIRDERS ACCORDING TO EUROCODE STANDARDS

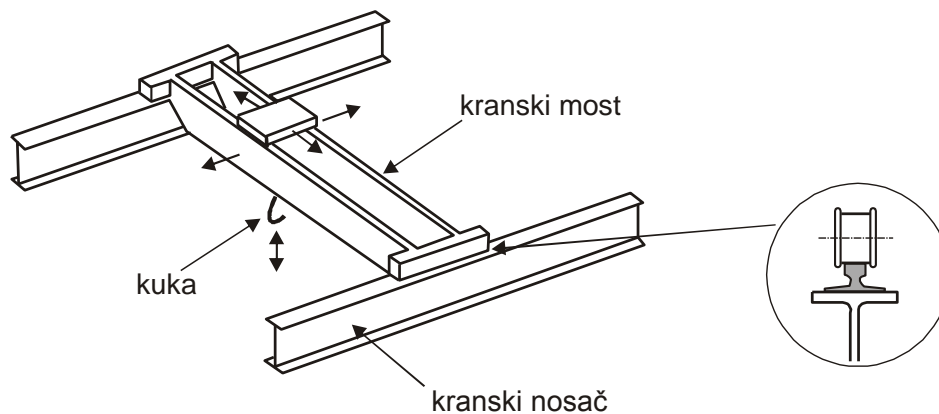
**Abstract:** This work describes a method of modeling the action of the load of cranes by Eurocode standards HRN EN 1991-3:2006. This complex and precise method of calculation load is very different from previous ways of calculating. A numerical example of industrial halls with a crane is illustrated codified way of calculating such structures.

**Key words:** crane girder, load modeling, design procedure, Eurocode

## 1 Općenito

Kod projektiranja industrijskih hala s kranovima, podatci o potrebnim slobodnim gabaritima u hali i tehnički podatci o kranu od ključne su važnosti za projektiranje cijele hale. Pritom postoje različite verzije izvedbe samog kрана, odnosno načina njegovog povezivanja s konstrukcijom hale. Za veće se terete najčešće koriste tzv. mosni kranovi kod kojih se konstrukcija kрана oslanja preko posebnih nosača (kranskih nosača) na stupove hale. Rade se i ovještene dizalice kod kojih su nosači kрана ovješeni na konstrukciju hale, a postoje i neke druge izvedbe s vlastitom konstrukcijom i sl. Mosni kranovi se uobičajeno rade u dvije izvedbe:

- kranovi koji se kreću po gornjoj pojasnici kranskih nosača (eng. *Top running bridge cranes*), slika 1
- kranovi koji se kreću po donjoj pojasnici kranskih nosača (eng. *Underslung bridge crane*).



**Slika 1 – Kran koji se kreće po gornjoj pojasnici kranskih nosača**

Proračun kranskog nosača ima neke specifičnosti u odnosu na uobičajene konstrukcijske elemente hale pa tako treba razmatrati:

- kombinaciju poprečnih sila (zbog koncentriranih opterećenja) i momenata savijanja
- bočno-torzijsko izvijanje
- utjecaj bočnih (horizontalnih) opterećenja
- torzijska naprezanja zbog ekscentriciteta tračnice i horizontalnih sila
- kontrolu zamora i slično.

Dominantno opterećenje kranskog nosača je vertikalno, a iduće dominirajuće opterećenje je poprečno (horizontalno) djelovanje na kranos nosač. Opterećenje koje nastaje djelovanjem kranova ima statičku i dinamičku komponentu, a obje su u funkciji vremena i mijenjaju se ovisno o položaju kрана i intezitetu tereta kojeg prenose i položaju tereta na kranom mostu. Dinamičke sile koje nastaju pri pokretanju i zaustavljanju kрана, podizanju tereta i poradi neravnosti tračnica, također ovise o vrsti kрана i samoj izvedbi. Spomenuti dinamički utjecaji se u propisima uzimaju u obzir na način da se poznato statičko opterećenje množi odgovarajućim dinamičkim faktorima čija se vrijednost kreće od 1,0 do 2,0. Zakošenje kрана pri kretanju rezultira bočnim opterećenjima, dok se pri pokretanju i zaustavljanju kрана javljaju uzdužne sile. Branici na krajevima kranskih nosača moraju biti proračunati na preuzimanje udarne sile. Ostala opterećenja koja još treba uzeti u obzir su opterećenja nastala djelovanjem revizijskih staza i ovješanih penjalica, te strujnih vodova.

Jako je važno i ograničavanje maksimalnih vrijednosti progiba kako bi se izbjegli neželjeni dinamički efekti te osiguralo normalno funkcioniranje kрана. Takvo ograničenje vertikalnih progiba kreće se oko  $L/700$  za kranove srednje težine, dok se ograničenje horizontalnih (bočnih) pomaka kreće oko  $L/400$  do  $L/600$ , [1]. Pritom se vertikalni progib uobičajeno ograničava na iznos manji od 25 mm kako bi se izbjegle prekomjerne vibracije.

Postavljanje ukrućenja na kranos nosače nešto većih visina povećava otpornost hrpta na izbočivanje, te povećava rotacijski kapacitet gornje pojasnice, odnosno sprječava njezino zakretanje. Međutim, poprečni su zavari slaba mjesta zbog efekta umaranja pa pri konstrukcijskom rješavanju detalja treba biti pažljiv. Tako se otpornost na zamor vlačne pojasnice može povećati ako se ugradi poprečno ukrućenje koje ne doseže do nje ili se na nju ne veže zavarivanjem. Treba spomenuti i problem zamora koji je kod kranskih nosača jako značajan,

budući da su oni izloženi mnogostrukim ciklusima opterećenja i rasterećenja. Kritični detalji za zamor su spoj ukrućenja s pojasnicom, zatim spoj ukrućenja s hrptom te spoj pojasnice i hrpta. Vertikalni spregovi zgrade i kranjskih nosača mogu biti izvedeni kao zajednički, pri čemu njihova pozicija može biti između stupova hale ili stupova kranjske staze, ili se izvode zasebni vertikalni spregovi u pojedinim ravninama stupova. U uzdužnom smjeru, vertikalni spreg je najbolje pozicionirati na sredini između dilatacija kranjskog nosača ili na sredini hale, zbog smanjenja nepovoljnih utjecaja temperature. Kranjske tračnice moraju zaštititi gornju pojasnicu kranjskih nosača od habanja te ravnomjerno raspodijeliti opterećenje uzrokovano kotačima kрана na što veću kontaktnu širinu.

## 2 Modeliranje opterećenja uslijed djelovanja kranova

Dio Eurokoda 1 koji obrađuje opterećenja nastala djelovanjem kranova i ostalih strojeva nosi oznaku EN 1991-3 [2]. Opterećenja kranovima se općenito može razmatrati kao promjenjivo i kao izvanredno opterećenje pa su dani načini modeliranja za svaki od ta dva slučaja. Pri normalnim uvjetima korištenja opterećenje radom kрана može se smatrati promjenjivim pa ono uključuje gravitacijska opterećenja, inercijske sile nastale zbog ubrzanja/usporavanja i zakošenja kranjskog mosta, te ostale dinamičke utjecaje. Ti se utjecaji općenito mogu podijeliti na:

- promjenjiva vertikalna opterećenja uzrokovana vlastitom težinom kрана i korisnim teretom
- promjenjiva horizontalna opterećenja uzrokovana ubrzavanjem/usporavanjem i zakošenjem pri kretanju, te ostale dinamičke utjecaje.

Dinamičke sile zbog vibracija i inercijskih sila pri djelovanju kрана uzimaju se u obzir množenjem statičkih vrijednosti sila odgovarajućim dinamičkim faktorima  $\varphi$ :

$$F_{\varphi,k} = \varphi_i \cdot F_k$$

gdje je:

$F_{\varphi,k}$  – karakteristična vrijednost opterećenja kranom

$\varphi_i$  – dinamički faktor

$F_k$  – karakteristična statička komponenta opterećenja kranom.

Tablica 1 – Dinamički faktori

DINAMIČKI FAKTOR	UČINCI KOJI SE RAZMATRAJU	PRIMJENJUJE SE NA
$\varphi_1$	Vibracijska pobuda konstrukcije kрана zbog podizanja tereta s tla	Vlastitu težinu kрана
$\varphi_2$	Dinamički učinak podizanja tereta od tla do kрана	Teret koji se diže
$\varphi_3$	Dinamički učinak naglog otpuštanja korisnog opterećenja ako se koriste kliješta ili magnet	Teret koji se diže
$\varphi_4$	Dinamički učinci zbog kretanja po tračnicama ili kranjskoj stazi	Vlastitu težinu kрана i teret koji se diže
$\varphi_5$	Dinamički učinci uzrokovani pogonskim silama i odnose se na horizontalne sile (horizontalne uzdužne i poprečne), a koje se pojavljuju prilikom kretanja ili kočenja kрана po tračnicama	Vodne sile
$\varphi_6$	Dinamički učinak zbog kretanja probnog tereta po kranjskom mostu koji se kreće	Probni teret
$\varphi_7$	Dinamički elastični učinak udarca na odbojнике	Sile u odbojniku

Mogućnost istovremenog djelovanja više nabrojanih opterećenja kranom uzima se u obzir na način da se formiraju određene skupine opterećenja, pa se svaka od tih skupina može smatrati jednim karakterističnim opterećenjem kranom koje se onda može kombinirati s ostalim vrstama (nekranskih) opterećenja.

**Tablica 2 – Skupine opterećenja i dinamički faktori koje treba uzeti u obzir za modeliranje djelovanja kрана kao jednog karakterističnog opterećenja**

Djelovanje	Oznaka	Grupe opterećenja									
		GSN							PROBNI TERET	Izvanredno	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vlastita težina kрана	$Q_C$	$\varphi_1$	$\varphi_1$	1	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$\varphi_4$	1	$\varphi_1$	1	1
Teret koji se diže	$Q_H$	$\varphi_2$	$\varphi_3$	-	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$^*\eta$	-	1	1
Ubrzanje kranskog mosta	$H_L$ i $H_T$	$\varphi_5$	$\varphi_5$	$\varphi_5$	$\varphi_5$	-	-	-	$\varphi_5$	-	-
Iskošenje kranskog mosta pri kretanju	$H_S$	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ubrzanje ili kočenje mačke ili uređaja za podizanje tereta	$H_{T3}$	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Vjetar pri radu	$F_W^*$	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
Probni teret	$Q_T$	-	-	-	-	-	-	-	$\varphi_6$	-	-
Sila na odbojнике	$H_B$	-	-	-	-	-	-	-	-	$\varphi_7$	-
Sila prevrtanja	$H_{TA}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

\* $\eta$  je dio tereta koji se diže, a koji ostaje nakon uklanjanja korisnog opterećenja i nije uračunat u vlastitu težinu

Pri određivanju vertikalnog opterećenja na kranski nosač zbog kretanja mačke po kranskom mostu, potrebno je analizirati različite položaje mačke (s i bez tereta) te na taj način pronaći minimalne i maksimalne vrijednosti vertikalnog opterećenja koje se modelira kao koncentrirana sila na mjestima kotača. Vertikalna opterećenja potrebno je povećati tako da se izmnože s odgovarajućim dinamičkim faktorima koji su prikazani u tablicama 1 i 2. Također treba voditi računa i o mogućem ekscentričnom djelovanju vertikalnog opterećenja.

Prema [2], preporuka je da se ekscentričnost uzme kao 25% od širine tračnice. Horizontalna opterećenja koja treba uzeti u obzir su:

- horizontalne sile koje nastaju zbog ubrzanja i usporavanja kretanja kranskog mosta po tračnicama
- horizontalne sile koje nastaju zbog ubrzanja i usporavanja kretanja mačke po kranskom mostu
- horizontalne sile koje nastaju zbog zakošenja pri kretanju kranskog mosta
- udarne sile u branike zbog kretanja kрана
- udarne sile zbog kretanja mačke.

Od svih gore nabrojanih slučajeva opterećenja, samo se jedno uzima u obzir u pojedinoj skupini opterećenja prema tablici 2. Ostala opterećenja koja bi trebalo uzeti u obzir su:

- temperaturni utjecaji
- opterećenja revizijskih staza, platformi i ljestvi
- eksperimentalna (testna) opterećenja
- izvanredna opterećenja
- opterećenja od zamora.

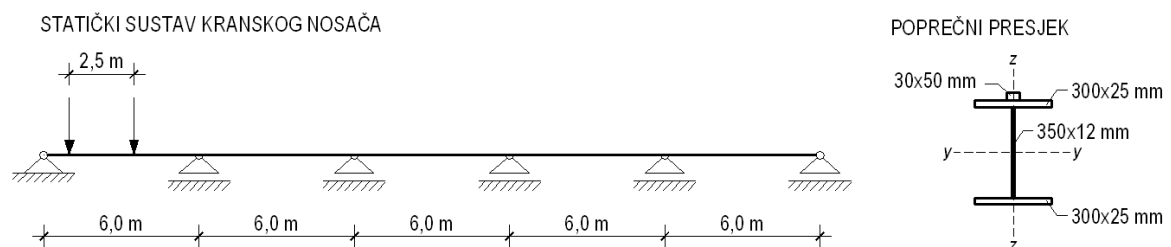
### 3 Numerički primjer

Za ilustraciju primjene gore opisanih principa modeliranja opterećenja zbog djelovanja kрана, obrađen je numerički primjer. Analizirano je opterećenje za nosač kranske staze statičkog sustava kontinuiranog nosača, izračunati su mjerodavni utjecaji, proveden je dokaz nosača kranske staze za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti, te je izvršena i provjera umornosti za karakteristični detalj zavora između hrpta i pojasnice kranskog nosača.

Za opsluživanje hale predviđena je dvogredna mosna dizalica s jednom kukom, nosivosti 12,5 t. Svaki par kotača ima zaseban pogonski motor. Ležajevi između pogona i nosača su za sva četiri kotača sustava nepokretno-nepokretno (IFF).

**Tablica 3 – Osnovni podatci o kranu**

Nosivost kрана	$Q_h = 125,0 \text{ kN}$
Raspon kрана	$L = 22,0 \text{ m}$
Ukupna vlastita težina kрана	$Q_c = 90,0 \text{ kN}$
Vlastita težina mačke	$G_c = 7,80 \text{ kN}$
Brzina dizanja tereta	$v_h = 5,0 \text{ m/min}$
Razmak kotača	$a = 2,50 \text{ m}$
Klasa dizanja	HC4
Klasa umornosti	S3
Razmak od kuke do osi nosača kranske staze	$e_{\min} = 1,03 \text{ m}$



**Slika 2 - Statički sustav i poprečni presjek nosača kranske staze**

**Tablica 4 – Podatci o poprečnom presjeku nosača kranske staze**

Površina presjeka	$A = 192,0 \text{ cm}^2$
Visina presjeka	$h = 400 \text{ mm}$
Širina pojasnice	$b = 300 \text{ mm}$
Debljina pojasnice	$t_f = 25 \text{ mm}$
Debljina hrpta	$t_w = 12 \text{ mm}$
Debljina zavara	$a = 7 \text{ mm}$
Momenti tromosti	$I_y = 57100 \text{ cm}^4$
	$I_z = 11255 \text{ cm}^4$
Momenti otpora	$W_{el,y} = 2855 \text{ cm}^3$
	$W_{el,z} = 750,3 \text{ cm}^3$
	$W_{pl,y} = 3180 \text{ cm}^3$
	$W_{pl,z} = 1137,6 \text{ cm}^3$
Torzijska konstanta	$I_t = 332,7 \text{ cm}^4$
Konstanta krivljenja	$I_w = 3955078,1 \text{ cm}^6$

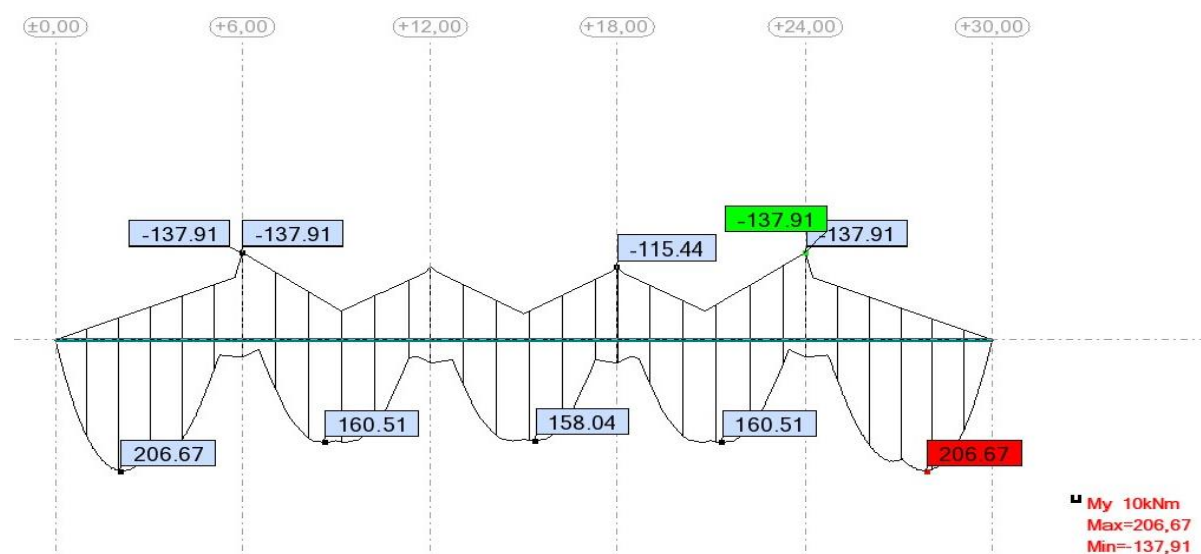
Proveden je proračun dinamičkih faktora ( $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ ) prema tablici 1, a zatim analiza vertikalnog opterećenja za najmanje vrijednosti (kran neopterećen) i najveće vrijednosti (kran opterećen), vodeći računa o

ekscentričnom uvođenju vertikalnog opterećenja. Također su određeni i utjecaji horizontalnog opterećenja zbog pokretanja ili kočenja kranskog mosta, te zbog iskošenja kranskog mosta pri kretanju. Nakon izračuna mjerodavnih opterećenja, određene su skupine opterećenja kao karakteristične vrijednosti jednog promjenjivog djelovanja na kranski nosač (prema tablici 2), a konačni rezultati su dani u tablici 5.

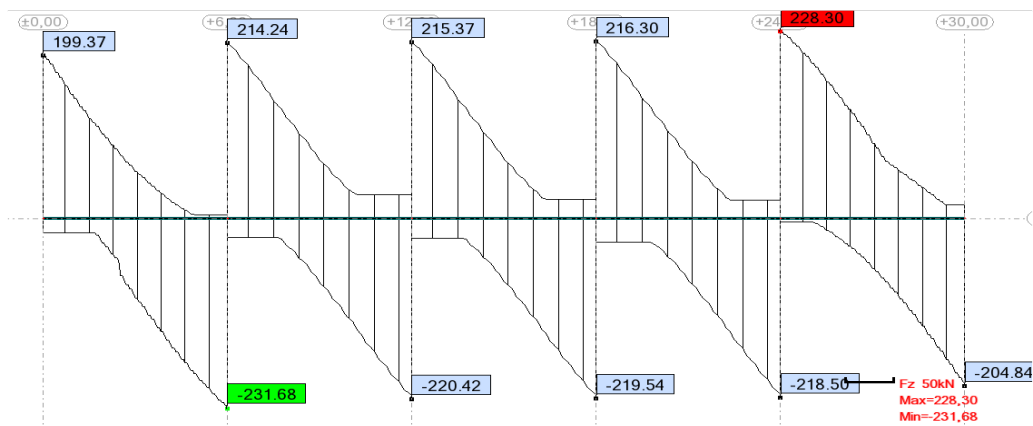
Tablica 5 – Skupine opterećenja kao karakteristične vrijednosti jednog djelovanja na kran

			SKUPINE OPTEREĆENJA [ kN ]					
			1	2	3	4	5	
VERTIKALNA OPTEREĆENJA	VLASTITA TEŽINA KRANA	$Q_{r(min)}$	$\gamma=1,0$	26,69	26,69	24,27	24,27	24,27
			$\gamma=1,35$	36,03	36,03	32,76	32,76	32,76
	$Q_{r,min}$	$\gamma=1,0$	22,81	22,81	20,73	20,73	20,73	
		$\gamma=1,35$	30,79	30,79	27,99	27,99	27,99	
	VLASTITA TEŽINA KRANA + TERET DIZANJA	$Q_{r,max}$	$\gamma=1,0$	101,76	86,27		82,84	82,84
			$\gamma=1,35$	137,38	116,46		111,83	111,83
$Q_{r(max)}$	$\gamma=1,0$	26,49	25,73		23,66	23,66		
	$\gamma=1,35$	35,76	34,74		31,94	31,94		
HORIZONTALNA OPTEREĆENJA	POKRETANJE I KOČENJE	$H_{L,1}$	$\gamma=1,0$	6,22	6,22	6,22	6,22	
			$\gamma=1,35$	8,40	8,40	8,40	8,40	
		$H_{L,2}$	$\gamma=1,0$	6,22	6,22	6,22	6,22	
			$\gamma=1,35$	8,40	8,40	8,40	8,40	
		$H_{T,1}$	$\gamma=1,0$	6,74	6,74	6,74	6,74	
			$\gamma=1,35$	9,10	9,10	9,10	9,10	
	$H_{T,2}$	$\gamma=1,0$	23,9	23,9	23,9	23,9		
		$\gamma=1,35$	32,27	32,27	32,27	32,27		
	ISKOŠENJE KRANA PRI KRETANJU	$H_{S,1,T}$	$\gamma=1,0$					9,58
			$\gamma=1,35$					12,93
		$H_{S,2,T}$	$\gamma=1,0$					9,58
			$\gamma=1,35$					12,93

Proračun reznih sila je proveden kompjutorski programom „Autodesk Robot Structural Analysis“. Mjerodavni dijagrami unutarnjih sila prikazani su na slikama 3, 4, 5 i 6.



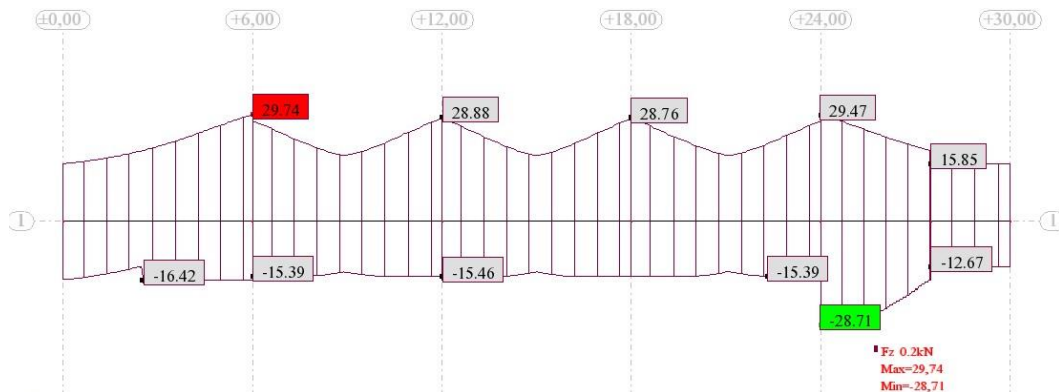
Slika 3 - Anvelopa momentnog dijagrama  $M_{y,Ed}$  (skupina opterećenja 1, najveći moment oko jače osi  $M_{y,Ed}$  uslijed  $Q_{r,max}$ )



Slika 4 - Anvelopa poprečnih sila  $V_{z,Ed}$  (skupina opterećenja 1, najveća poprečna sila  $V_{z,Ed}$ )



Slika 5 - Anvelopa momenata savijanja oko slabije osi  $M_{z,Ed}$  (skupina opterećenja 1, najveći moment oko slabije osi  $M_{z,Ed}$ )



Slika 6 - Anvelopa poprečnih sila  $V_{y,Ed}$  (skupina opterećenja 1, najveća poprečna sila  $V_{y,Ed}$ )

Dio Eurokoda 3 koji obrađuje problematiku konstrukcija s kranovima nosi oznaku EN 1993-6, [3]. Za mjerodavne rezne sile napravljeni su dokazi pouzdanosti nosača kranске staze za granično stanje nosivosti i granično stanje uporabljivosti te provjera zamora prema [4], [5] i [6]. Zbog ograničenja veličine ovog rada ovdje se samo navode provedeni dokazi i prikazuju konačni rezultati proračuna, tablica 6, a detaljni postupak može se pogledati u [7]. Dokaz nosača kranске staze za granično stanje nosivosti sastoji se od:

- klasifikacije poprečnog presjeka
- dokaza otpornosti hrpta na poprečne sile
- dokaza gornjeg pojasa na posmik
- dokaza na kombinirani posmik iz savijanja i torzije



- dokaza na savijanje zbog iskošenja kрана pri kretanju uz uzdužnu silu
- dokaza na bočno torzijsko izvijanje
- dokaza hrpta na "cripling" zbog koncentriranog opterećenja
- dokaza zavora na spoju hrbat – pojasnica.

Dokaz nosača kranske staze za granično stanje uporabljivosti sastoji se od:

- dokaza progiba zbog vertikalnog opterećenja
- dokaza progiba zbog horizontalnog opterećenja.

Procjena zamora sastoji se od:

- proračuna ekvivalentnog opterećenja za klasu umornosti S3
- postupka procjene umornosti zavora između hrpta i gornje pojasnice za normalna i posmična naprezanja te interakcije tih naprezanja.

**Tablica 6 – Rezultati proračuna za GSN, GSU i procjenu umornosti**

GSN - granično stanje nosivosti		
KRITERIJ	DJELOVANJE	OTPORNOST
Dokaz otpornosti na savijanje oko jače osi	$M_{v,Ed} = 206,67 \text{ kNm}$	$M_{pl,v,Rd} = 874,50 \text{ kNm}$
Dokaz otpornosti na savijanje oko slabije osi	$M_{z,Ed} = 39,62 \text{ kNm}$	$M_{pl,z,Rd} = 312,84 \text{ kNm}$
Dokaz otpornosti hrpta na poprečne sile	$V_{z,Ed} = 231,68 \text{ kN}$	$V_{pl,z,Rd} = 800,21 \text{ kN}$
Dokaz gornjeg pojasa na posmik	$V_{y,Ed} = 29,74 \text{ kN}$	$V_{pl,y,Rd} = 1190,78 \text{ kN}$
Dokaz na poprečnu silu uzimajući u obzir utjecaj torzije	$V_{z,Ed} = 231,68 \text{ kN}$	$V_{pl,T,Rd} = 764,54 \text{ kN}$
Dokaz na savijanje zbog iskošenja kрана pri kretanju uz uzdužnu silu	$\frac{N_{Ed}}{A \times f_y} + \frac{M_{\Phi,y,Ed}}{W_{pl,y} \times f_y} + \frac{M_{\Phi,z,Ed}}{\alpha_{LT} \times W_{pl,z} \times f_y} + \frac{\sigma_{\Phi,w,Ed}}{\alpha_{LT} \times f_y} = 0,549 < 1,0$ $\frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}} \quad \frac{\gamma_{M1}}{\gamma_{M1}} \quad \frac{\alpha_{LT}}{\gamma_{M1}} \quad \frac{\alpha_{LT}}{\gamma_{M1}}$	
Dokaz na bočno torzijsko izvijanje	Element nije osjetljiv na bočno torzijsko izvijanje	
Dokaz hrpta na "cripling" zbog koncentriranog opterećenja	$F_{Ed} = 137,38 \text{ kN}$	$R_{w,Rd} = 331,30 \text{ kN}$
Dokaz zavora na spoju hrbat – pojasnica	$\sigma_{Ed} = 20,33 \text{ kN/cm}^2$	$\sigma_{w,Rd} = 23,37 \text{ kN/cm}^2$
GSU - granično stanje uporabljivosti		
KRITERIJ	UKUPNI PROGIB	DOPUŠTENI PROGIB
Dokaz progiba zbog vertikalnog opterećenja	$w_{max} = 0,42 \text{ cm}$	$w_{dop} = 1,0 \text{ cm}$
Dokaz progiba zbog horizontalnog opterećenja	$w_{max} = 0,18 \text{ cm}$	$w_{dop} = 1,0 \text{ cm}$
PROCJENA ZAMORA ZAVARA IZMEĐU HRPTA I GORNJE POJASNICE		
KRITERIJ	DOKAZ POUZDANOSTI	
Normalna naprezanja	$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} = 0,72 < 1,0$	
Posmična naprezanja	$\frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} = 0,37 < 1,0$	
Interakcija normalnih i posmičnih naprezanja	$\left( \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E,2}}{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}} \right)^3 + \left( \frac{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\tau_{E,2}}{\Delta\tau_C / \gamma_{Mf}} \right)^5 = 0,38 < 1,0$	

## 4 Zaključak

U radu je opisan način modeliranja opterećenja zbog djelovanja kрана prema [2] i [3] koji je složenosti i preciznošću u izračunu djelovanja različit u odnosu na dosadašnje načine proračuna. Opisane su vrste opterećenja koja mogu nastati prilikom djelovanja kрана, te još neke specifičnosti dijelova industrijskih hala s kranovima. U numeričkom primjeru obrađene su sve potrebne analize prema navedenim normama, a paralelno je pojašnjen i postupak proračuna. Za dobivena mjerodavna opterećenja određene su skupine opterećenja kao karakteristične vrijednosti jednog djelovanja na kranski nosač. Nakon određivanja reznih sila proveden je dokaz pouzdanosti nosača kranske staze za granično stanje nosivosti, granično stanje uporabljivosti te procjena zamora. U radu su dani samo važniji međurezultati zbog obimnosti cijelog proračuna koji nije mogao biti cjelovito prikazan.

## 5 Literatura

- [1] Markulak, D.: *Posebna poglavlja čeličnih konstrukcija*; Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2010.
- [2] HRN EN 1991-3:2008 Eurokod 1 - Djelovanja na konstrukcije - 3. dio: Djelovanja prouzročena kranovima i strojevima (EN 1991-3:2006), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2008.
- [3] HRN EN 1993-6:2008 Eurokod 3 - Projektiranje čeličnih konstrukcija - 6. dio: Kranske staze (EN 1993-6:2007), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2008.
- [4] HRN EN 1993-1-1:2008 Eurokod 3 - Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-1: Opća pravila i pravila za zgrade (EN 1993-1-1:2005+AC:2006), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2008.
- [5] HRN EN 1993-1-9:2008 Eurokod 3 - Projektiranje čeličnih konstrukcija - Dio 1-9: Zamor (EN 1993-1-9:2005+AC:2005), Hrvatski zavod za norme, Zagreb, 2008.
- [6] Androić, B.; Dujmović, D.; Džeba, I.: *Metalne konstrukcije 4*, IA projektiranje, Zagreb, 2003.
- [7] Joketović, M.: *Proračun čelične hale s kranskim nosačem*, diplomski rad, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet Osijek, Osijek, 2011.