

ANALIZA ODSUPANJA MJERA KRANSKIH STAZA KAO UZROK LOŠI RADNIH SVOJSTAVA DIZALICA

ANALYSIS OF MEASURE DEVIATIONS AS A CAUSE OF BAD CRANE PERFORMANCES

Nedeljko Vukojević, dr.sci.
Dušan Vukojević, dr.sci.
Fuad Hadžikadunić, mr.sci.
Mašinski fakultet u Zenici
Fakultetska br.1, 72000 Zenica

REZIME

Tačnost odstupanja po veličini i vrsti kranskih staza mogu ozbiljno ugroziti pravilno eksploataciju dizalica kao i uzrokovati velike i nepredviđene troškove. Troškovi nastaju zbog zastoja u radu kao i oštećenja na kranskim stazama i samim točkovima dizalica. Ova odstupanja mogu poprimiti značajne veličine, ali u kombinaciji sa dinamičkim svojstvima rada dizalica kao i ugrađenim materijalima staza i točkova mogu predstavljati veliki problem.

U radu su prezentovana iskustva u analizi ovakve jedne dizalice i pripadajuće kranske staze, pri čemu se izvršila analiza pomjeranja odstupanja u toku rada dizalice.

Ključne riječi: odstupanja mjera, kranske staze, dizalice

ABSTRACT

Accuracy variations in size and type of crane can seriously compromise the proper exploitation of the crane and cause large and unanticipated costs. The costs arising from delays in the work and damage to the crane and crane wheels themselves. These deviations can take considerable size, but in combination with the dynamic properties of cranes and material incorporated trails and wheels can caused big problem.

The paper presents the experience in the analysis of such a crane and associated crane rails, with analysis conducted using accurately measured variations in the course of the crane.

Key words: deviation measures, crane tracks, cranes

1. UVOD

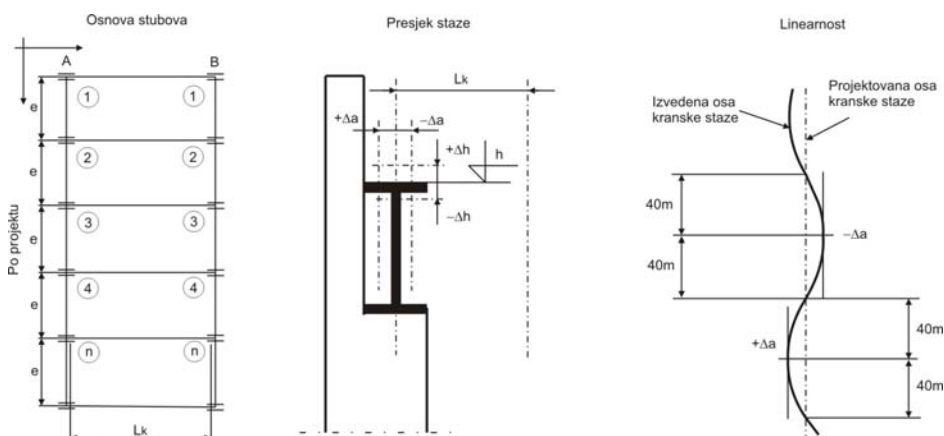
Sve mašinske konstrukcije i njeni dijelovi se izrađuju sa određenim odstupanjem mjera, oblika, položaja i kvaliteta površina. Ova odstupanja su dopuštena ukoliko ne prelaze dopuštene vrijednosti koje su propisane međunarodnim standardima. Poštivanje propisanih vrijednosti odstupanja garantuje ispravno funkcionisanje mašinskih sistema. Značaj odstupanja mjera je prezentovan u ovom radu na primjeru dvogredne mosne dizalice nosivosti 100 kN, raspona 30960 mm i njene kranske staze dužine 90 m. Navedena dvogredna mosna dizalica je namjenjena za opsluživanje pogona za proizvodnju aluminijskih profila. Tačnost

odstupanja po veličini i vrsti kranskih staza mogu ozbiljno ugroziti pravilno eksploataciju dizalica kao i uzrokovati velike i nepredviđene troškove. Odstupanja ne moraju biti posljedica samo izrade, nego i posljedica montaže kao i deformacija dijelova konstrukcije nastalih djelovanjem sopstvene težine i korisnog opterećenja. U ukupnom zbiru ova odstupanja mogu preći dopuštena ograničenja i uzrokovati probleme u eksploataciji postrojenja. Troškovi nastaju zbog zastoja u radu kao i oštećenja na kranskim stazama i samim točkovima dizalica. Ova odstupanja mogu poprimiti značajne veličine, ali u kombinaciji sa dinamičkim svojstvima rada dizalica kao i ugrađenim materijalima staza i točkova mogu predstavljati veliki problem.

2. DEFINISANJE ODSUPANJA KRANSKIH STAZA I GEOMETRIJSKIH PARAMETARA DIZALICE

2.1. Kontrola ugradnje

U smislu upravljanja realizacijom investicionog projekta potrebno je voditi dokumentaciju, a pored značajne dokumentacije tipa građevinskog dnevnika, građevinske knjige itd., veoma je bitno voditi protokol o kontroli kranskih staza i protokol o kontroli kranskih šina. Navedeni dokumenti su, pored ostalih, veoma bitni za proceduru izvođenja tehničkog pregleda, te dobijanja upotrebne dozvole građevine. Protokol o kontroli kranskih staza sadrži podatke kao na slici 1.

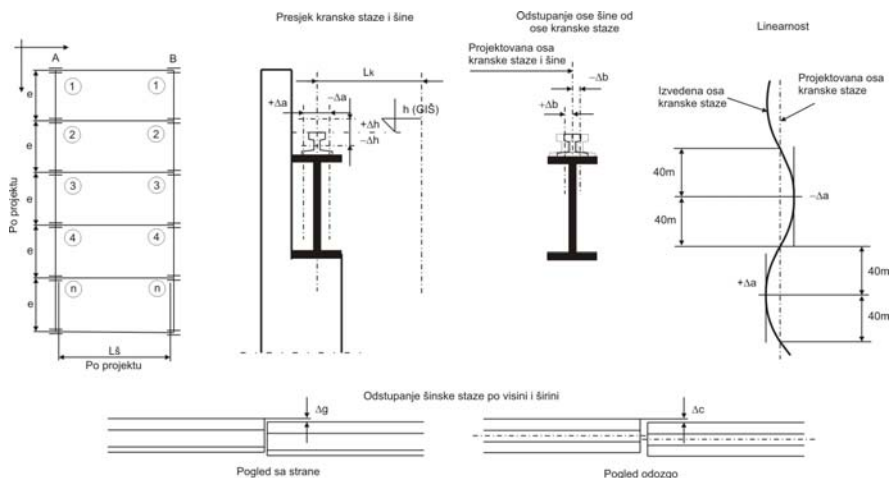


Slika 1. Skica protokola o kontroli kranskih staza

Protokol o kontroli kranskih staza treba sadržavati sljedeće podatke:

- projektovano osovinsko rastojanje kranskih staza između reda A i B,
- projektovanu visinsku kotu kranske staze,
- odstupanje raspona od projektovanog,
- odstupanje od projektovane ose,
- odstupanje od projektovane visine,
- razlika kota kranske staze u jednom presjeku,
- razlika kota kranske staze na susjednim stubovima.

Značaj kontrole kranskih staza je veoma bitan jer od pravilnosti zadovoljenja njihovih pravaca i visinskih kota zavisi pravilna montaža kranskih šina. Od pravilnosti montaže kranskih šina u potpunosti zavisi funkcionisanje mosnog krana. Protokol o kontroli kranskih šina sadrži podatke kao na slici 2.



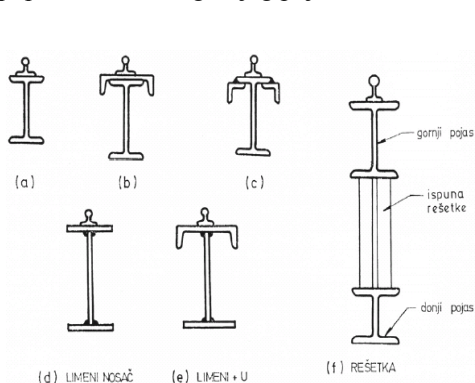
Slika 2. Skica protokola o kontroli kranjskih šina

Protokol o kontroli kranjskih šina treba sadržavati sljedeće podatke:

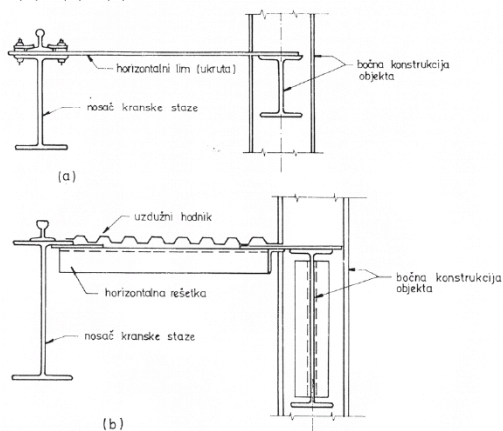
- projektovano osovinsko rastojanje šina između reda A i B,
- projektovanu visinsku kotu kranjske šine,
- odstupanje raspona od projektovanog,
- odstupanje od projektovane ose,
- odstupanje od projektovane visine,
- razlika kota kranjske staze u jednom presjeku,
- razlika kota kranjske staze na susjednim stubovima,
- odstupanje osovine šine od osovine kranjske staze,
- odstupanje šina na spoju po visini,
- odstupanje šina na spoju u osnovi.

2.2. Idejna rješenja kranjskih staza i šina

Prema literaturnim izvorima, standardima i dosadašnjim iskustvima u praksi moguća su različita idejna rješenja za formiranje i ukrućivanje kranjskih staza, kao i rješenja za spajanje šinske staze za kranjsku stazu, kao prema slici 4. Bočne sile se obično preuzimaju povećanjem poprečne krutosti gornjeg pojasa nosača, slika 5 (b), (c), (e).



Slika 3. Poprečni presjeci kranjskih staza



Slika 4. Poprečna ukrućenja kranjskih staza

Kranski nosači su opterećeni vertikalnim, poprečnim i uzdužnim silama. Dinamičke sile se uzimaju prema uputama proizvođača, odnosno prema odgovarajućim propisima. Ove veličine se obično kreću:

- a) dinamički koeficijent $DF \cong 1 \div 1,6$ (ovisno o vrsti kрана i elementu konstrukcije),
- b) bočne sile $\cong 1/7$ do $1/10$ od vertikalnog opterećenja,
- c) uzdužne sile $\cong 1/7$ od vertikalnog opterećenja.

Prema literaturnim izvorima, dinamičke sile su općenito manje za poprečno opterećenje. U konkretnom slučaju mjerenja pomaka, kao posljedice ovih dinamičkih sila, će biti prikazana u narednim poglavljima rada. Za dobar rad kranova preporučuju se sljedeća najveća odstupanja kranskih šina, prema [1]:

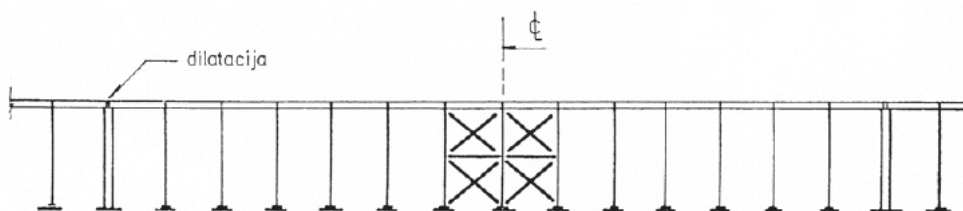
1. Horizontalna odstupanja

- (a) odstupanje osi šine: 5 mm na dužini 12 m
odstupanje staze kрана od teoretskog položaja: 10 mm na dužini 12 m
- (b) najveće vertikalno odstupanje
šina pri stubovima: 5 mm na dužini 12 m
najveće odstupanje od teoretskog položaja: 10 mm na dužini 12 m

2. Vertikalna razlika

- (a) vrha šina u poprečnom presjeku objekta: 4 mm za raspon šina do 30 m
6 mm za raspon šina preko 30 m.

Kranske staze moraju se stabilizirati poprečno i uzdužno. Poprečna stabilizacija se obično postiže upinjanjem baze stubova o podložnu konstrukciju, te pomoću krutih veza s krovnim nosačima ili pomoću povezivanja stupova s krovnim nosačem u krutu okvirnu konstrukciju. Uzdužna ukrućenja mogu imati nekoliko oblika. Najjednostavnija su križna ukrućenja, slika 5. Preporučuje se vitkost stubova ograničiti na $\lambda_i \leq 200$, radi naglih promjena smjera naprezanja u vezi s režimom rada kranova. Za elemente ukrućenja treba izbjegavati okrugle šipke ili lagane kutnike. Ukrućenja treba postaviti u centralno polje kranske staze, slika 5. Broj polja s ukrućenjima mora biti minimalan. Dužina pojedinog polja se mijenja s temperaturom, te pod opterećenjem donji pojas nosača će se produžiti i stvoriti dodatna naprezanja u konstrukciji



Slika 5. Položaji ukrućenja kranskih staza

Mjerenje odstupanja kranskih staza/šina i geometrijskih parametara dizalice vršena su u statičkim uslovima geodetskim mjerenjima. Ista su izvršena postavljanjem markera na izabrane pozicije dizalice i polja kranske staze.

U tabeli 1 su prikazana mjerenja odstojanja vanjske površine bandaža od bočne spoljašnje površine šine jedne i druge strane staze. Također, u istoj tabeli su date vrijednosti odstupanja raspona šinske staze po dužini hale, kao i vertikalna odstupanja šinske staze po dužini hale jedne i druge strane, a na osnovu geodetskih mjerenja hale.

2.3. Odstupanja geometrije hale i raspona točkova

Prema značajnom broju preporuka pravilnika, tehničkih normativa i literaturnih izvora propisane su vrijednosti odstupanja čeličnih konstrukcija (kranskih staza i dizalica) u toku montaže, kao i u toku eksploatacije u smislu dozvoljenih ugiba u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Navedena odstupanja i dozvoljene vrijednosti se, prema podacima koji se sreću u normativima, mogu sažeti u tabeli 1.

Tabela 1. Određivanje odstupanja geometrije hale i raspona točkova

Opis ili naziv pojma	Preporučena vrijednost
Odstupanje raspona	8 [mm]
Odstupanje rastojanja između ose kranskih šina od projektovanog, u jednom presjeku zgrade	± 10 [mm]
Razlika od projektog rastojanja šina (između oslonca stubova)	$\pm L / 5000$ [mm]
Odstupanje raspona šinske staze	$L_{\max} = L + A$, $L_{\min} = L - A$ $A = \pm [5 + 0,25 \times (L - 15)]$ [mm], II klasa
Odstupanje ose šine od ose kranske staze	15 [mm]
Odstupanje ose kranske šine od linearnosti	15 [mm] na dužini od 40 [m]
Odstupanje šine od prave linije u dužini 40 [m]	15 [mm]
Odstupanje šine po dužini (horizontali)	$C = \pm 10$ [mm] II klasa
Odstupanje šine po visini	$B = \pm 10$ [mm] II klasa
Razlika kota kranskih šina (GIŠ) u jednom presjeku zgrade	na osloncima 15 [mm], u polju 20 [mm],
Razlika kota kranskih šina po presjeku	$D = \pm 1 \text{‰} \times L$ [mm]
Odstupanje visina gornjih ivica šina u poprečnom presjeku staze, s obzirom na raspon staze L	12 [mm]
Razlika kota kranskih šina na susjednim stubovima	pri razmaku stubova "l": $(1/1000) \times l$ pri razmaku stubova "l" < 10 [m]: 10 [mm],
Odstupanje visine gornje ivice šine (u uzdužnom presjeku) na susjednim stubovima rastojanja B > 10 [m]	0,01 % od B [mm]
Odstupanje šina na spoju	po visini: 2 [mm] u osnovi: 2 [mm]
Razlika odstojanja između šina na sastavcima (po visini i bočno)	2,5 [mm]
Odstupanje dizalične šine na sastavu	1 [mm]
Otklon gornjeg pojasa kranske staze	$(1/500) \times h$ gdje je "h" – visina do gornjeg pojasa kranske staze
Razlika visine glava šina	iznad oslonca nosača: $+ (1/1000)$ između oslonca nosača: $+ 1,5 \times (1/1000)$
Dozvoljeni nagib (pad) šina u uzdužnom pravcu staze	$\pm 0,5 \text{‰}$ [mm]
Dozvoljeni uspon šine u uzdužnom pravcu – na dužini od 10 [m]	10 [mm]

2008. godine je usvojena BAS norma pod oznakom BAS EN 1993-6:2008 (1. izd.) (pr) (en) (37 str.) Eurokod 3 - Proračun čeličnih konstrukcija - Dio 6: Potporne konstrukcije za kran (kranska staza) Eurocode 3 - Design of steel structures - Part 6: Crane supporting structures EN 1993-6:2007 IDT ICS 53.020.20; 91.010.30. Prema navedenom standardu, odnosno prema [11] daju se, pored ostalih, vrijednosti dozvoljenih odstupanja za veličine prikazane u tabelama 2 i 3.

Tabela 2. Granične vrijednosti vertikalnih progiba

Opis ili naziv pojma	Preporučena vrijednost
Vertikalni progib	$\delta_v \leq l/600$ [mm], $\delta_v \leq 25$ [mm] l – podužni razmak stubova kranске staze
Razlika Δh_c između vertikalnih progiba dvaju nosača kranске staze	$\Delta h_c \leq L/600$ [mm] L – poprečni raspon kranских staza

Tabela 3. Granične vrijednosti horizontalnih progiba

Opis ili naziv pojma	Preporučena vrijednost
Horizontalni progib δ_h nosača kranске staze mjereno od vrha šine	$\delta_h \leq l/600$ [mm] l – podužni razmak stubova kranске staze
Horizontalni pomak okvira ili stuba na mjestu oslanjanja kрана	$\delta_h \leq L/400 - h_c$ [mm]; h_c – visina od vrha šine na mjestu oslanjanja kрана
Promjena razmaka ΔL između osa kranских šina, uključivo i učinke temperaturnih promjena	$\Delta L \leq 10$ [mm], $L \pm \Delta L$ max. $L + \Delta L$, min. $L - \Delta L$
NAPOMENA: Horizontalni pomaci i odstupanja šina u proračunu se razmatraju zajedno. Dopušteni progibi i odstupanja ovise o detaljima i zazorima bandaža i šinske staze. Pretpostavljajući da je zazor između bandaža točka i šine takav da ostane u granicama dopuštenih odstupanja, u projektu se mogu dopustiti veće granične vrijednosti progiba u dogovoru sa investitorom, projektantom i proizvođačem kрана.	

Da bi se osigurao zadovoljavajući rad kranova potrebno je ograničiti deformacije konstrukcije. Kranovi sa sljedećim ograničenjima pokazali su se uspješni u praksi, prema [1]:

- a) vertikalni progib nosača kрана: $L/600$ za lagane kranove,
 $L/800$ za srednje kranove,
 $L/1000$ za teške kranove.
- b) bočni progib nosača kрана: $L/400$
- c) bočni pomak konstrukcije: $H/240$ (H je visina do kranске staze), ili maksimalno 25mm.

Također se može konstatovati da se rastojanja točkova - raspon dizalice nalazi u propisanim rasponima prema JUS M.D1.024, te da se rastojanje pogonskog i slobodnog točka na poprečnom nosaču nalazi u propisanim granicama $L/6$ do $L/8$ (L-raspon dizalice), prema [6]. Glavni elementi kranских staza su nosači na koje su pričvršćene šinske staze. Ovi nosači su izloženi vertikalnim opterećenjima s dinamičkim udarcima, bočnim opterećenjem, te uzdužnim opterećenjem zbog trenja, kočenja te udaraca na branike. Nosači šina, odnosno podloga kolosijeka moraju biti izgrađeni i postavljeni prema tehničkim proračunima i montažnim crtežima s naznakom dozvoljenih odstupanja (tolerancije) kod onih elemenata kranских staza (međusobno rastojanje šina, poprečna i uzdužna horizontalnost kolosijeka, izvijanje i ugib nosača i dr.) koji obezbjeđuju sigurnost rada dizalice.

3. REZULTATI MJERENJA ODSUPANJA

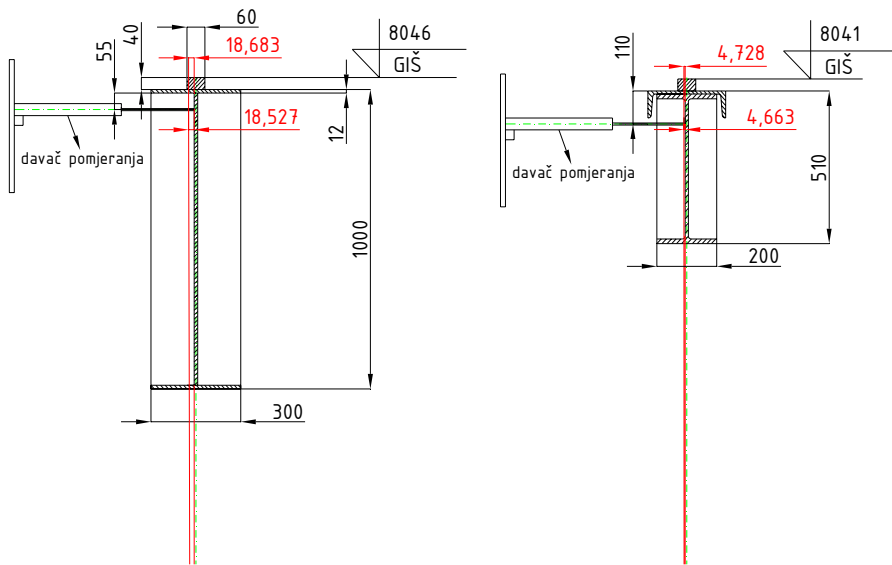
U smislu definisanja ponašanja kranске staze u statičkim i dinamičkim uslovima izvršena su mjerenja sa odgovarajućom opremom i korištenjem zakonski propisanih opterećenja. Cilj navedenih mjerenja jeste da se ustanove horizontalni i vertikalni ugibi konstrukcije kranске staze, kao bitnih parametara od kojih zavisi ponašanje šinske staze i dizalice u sprezi.

Paralelno sa mjerenjima pomaka kranске staze vršena su i geodetska mjerenja kompletnog stanja hale. Mjerenja su vršena u odgovarajućim ciklusima sa akvizicionim sistemom Spider 8-55 i softverom Catman 5.0, a korišteni su senzori pomjeranja tipa WA100 i WA200 proizvođača HBM, slika 6.



Slika 6. Postavljanje mjerne opreme

Pomjeranja gornjih lamela kranске staze mjerena pomoću davača pomjeranja su prikazana na slici 7.

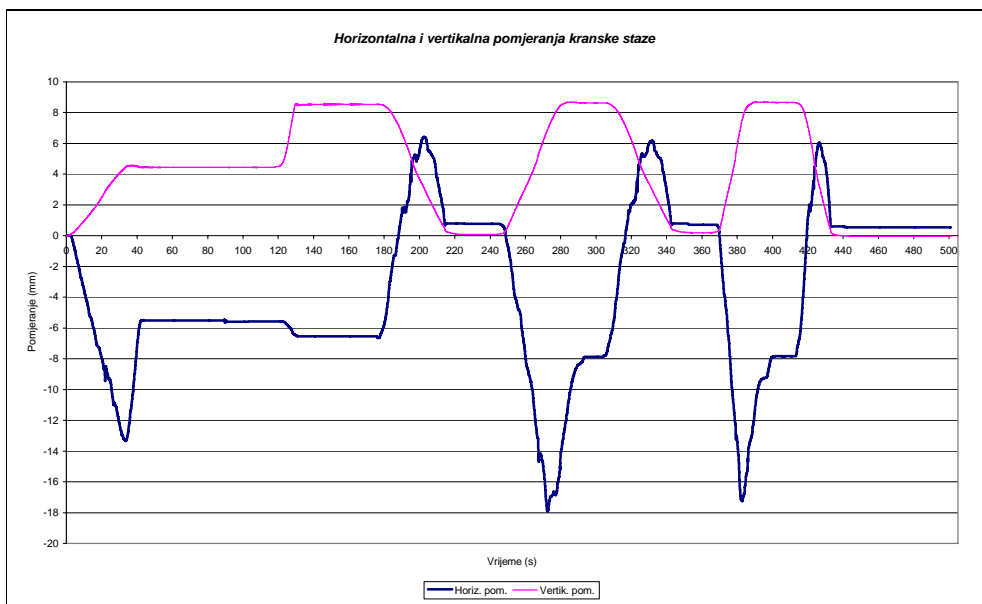


a) za polje raspona 12 m

b) za polje raspona 6 m

Slika 7. Ukupna realna pomjeranja gornjih lamela kranске staze s obzirom na udaljenost postavljanja senzora pomjeranja

Sa dijagrama 1 je vidljivo da je odnos vertikalnih ugiba pri opterećenju sa teretom i bez opterećenja teretom približno 2 puta. Odnos horizontalnih pomaka za period nailaska i silaska opterećenog kрана sa raspona u odnosu na horizontalni pomak usljed statičkog opterećenja iznosi oko 3. Prema tome, uslovno rečeno "dinamički koeficijent" je $\cong 3$, a u proračunu kranске staze je usvojen koeficijent $\varphi = 1,15$.



*Dijagram 1. Horizontalni i vertikalni ugib kranske staze;
II ciklus - dinamičko opterećenje (110 kN, raspon 12 m)*

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih mjerenja može se konstatovati da kranska staza ima odstupanja po pravcu i visini, ali se odstupanja nalaze u dozvoljenim granicama. Horizontalne deformacije uzrokovane opterećenjem su veće na obje strane (preko ± 10 mm) usljed čega se opterećenje prenosi na bandaže točkova. Pretpostavka je da bi te deformacije bile i veće da ne dolazi do njihovog ograničenja usljed kontakta šinske staze sa bandažama točkova. Pojava kontakta usljed deformacija staze uzrokuje oštećenja na šinama kao i na bandažama točkova. Iz tog razloga dolazi do preuranjenog oštećenja točka i ima za posljedicu zaglavljivanje dizalice, sa mogućnošću iskakanja dizalice sa staze. Ovakvo loše ponašanje stvara probleme u proizvodnji i zahtjeva češće izmjene točkova kao i povećanje troškova usljed zastoja i remonata.

5. LITERATURA

- [1] B. Peroš: Metalne konstrukcije II - Projektiranje industrijskih hala
- [2] D. Šćap: Prenosila i dizala, FSB Zagreb, 1988.,
- [3] J. Serdad: Prenosila i dizala, Tehnička knjiga, Zagreb, 1973.,
- [4] Z. Petković i D. Ostrić: Metalne konstrukcije u mašinstvu 1, Mašinski fakultet, Beograd, 1996.,
- [5] D. Lončarić: Metalne konstrukcije 1 - Eurocode, Građevinski fakultet Sarajevo, 2007.,
- [6] D. Z. Ostrić i dr.: Dizalice, Mašinski fakultet Beograd, 2005.,
- [7] S. Dedijer: Osnovi transportnih uređaja, GK, Beograd, 1989.,
- [8] B. Čorić i dr.: Dinamika konstrukcija, Univerzitet u Beogradu, 1998.,
- [9] M. Bogner i dr.: Zbirka propisa u mašinstvu, GK, Beograd, 1984.,
- [10] D. Buđevac i dr.: Metalne konstrukcije, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1999.,
- [11] B. Andrić i dr.: Metalne konstrukcije 4 – posebna poglavlja, IA Projektiranje, Zagreb, 2003.,
- [12] Zakonski normativi i standardi EN, BAS, DIN, JUS, itd.