

# ***NAVODILA ZA KONSTRUIRANJE PRED VROČIM POCINKANJEM***

## 1 Uporaba standardov

Elementi morajo biti pripravljene za pocinkanje v skladu s standardom:

SIST EN ISO 14713:2019 Protection against corrosion of iron and steel in structures

Pocinkovalnica izvaja vroče cinkanje v skladu s:

SIST EN ISO 1461:2022 Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles

## 2 Dimenzije konstrukcij

Največje mere konstrukcij so omejene zaradi velikosti kadi in znašajo:

$$d \times \check{s} \times v = 12600 \times 1700 \times 2900 \text{ (mm)}$$

**Največja teža elementa lahko znaša 7000 kg.**

V primeru ene mejne dimenzije se posvetujte s Pocinkovalnico.

## 3 Čistost površine elementov in konstrukcij

Površina ne sme vsebovati ostankov barve, lakov, barvnih označb, z alkalnimi sredstvi neodstranljivih maščob in olj (visokoobstojna mineralna olja, masti, olja in maščobe, ki se težko emulgirajo, ...), varilnih sprejev, konzervansov, parafina, katrana, ostalih premazov ter ostankov predhodnih površinskih zaščit. V ceveh in kotih konstrukcij ne sme biti ostankov peskanja (jeklene kroglice, kvarc, prah).

## 4 Odprtine

Vsak element ali konstrukcija mora imeti odprtine (izvrtine, izseke ipd.) skladno s standardom SIST EN ISO 14713:2019 za:

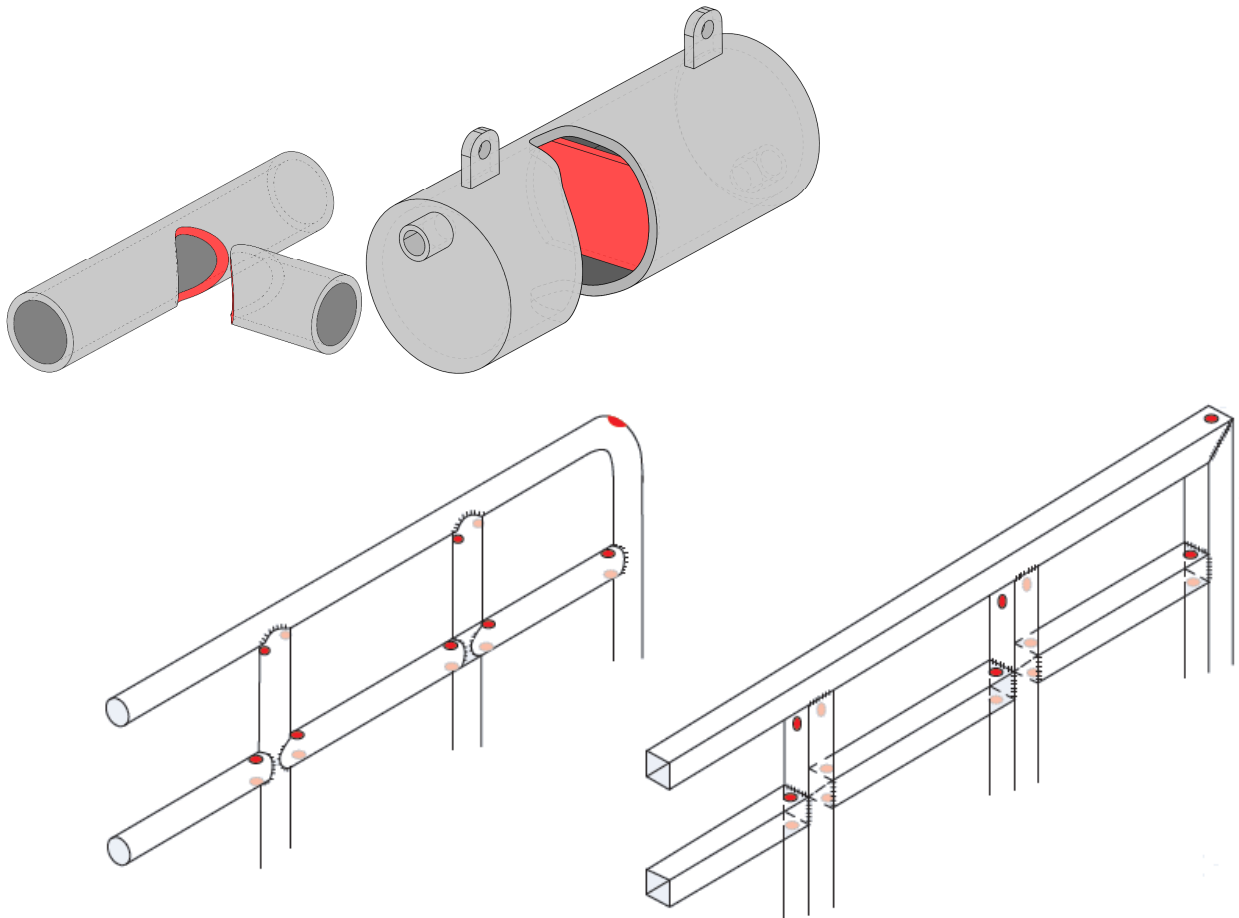
### a) izhod zraka in iztok cinka iz zaprtih cevi in kotov

Te odprtine morajo biti v skrajnih zgornjih oziroma spodnjih točkah tik ob zvaru. Če ima konstrukcija nevidne odprtine za izhod zraka in iztok cinka, mora naročnik obvezno dostaviti načrt. Ena sredinska odprtina je prepovedana.

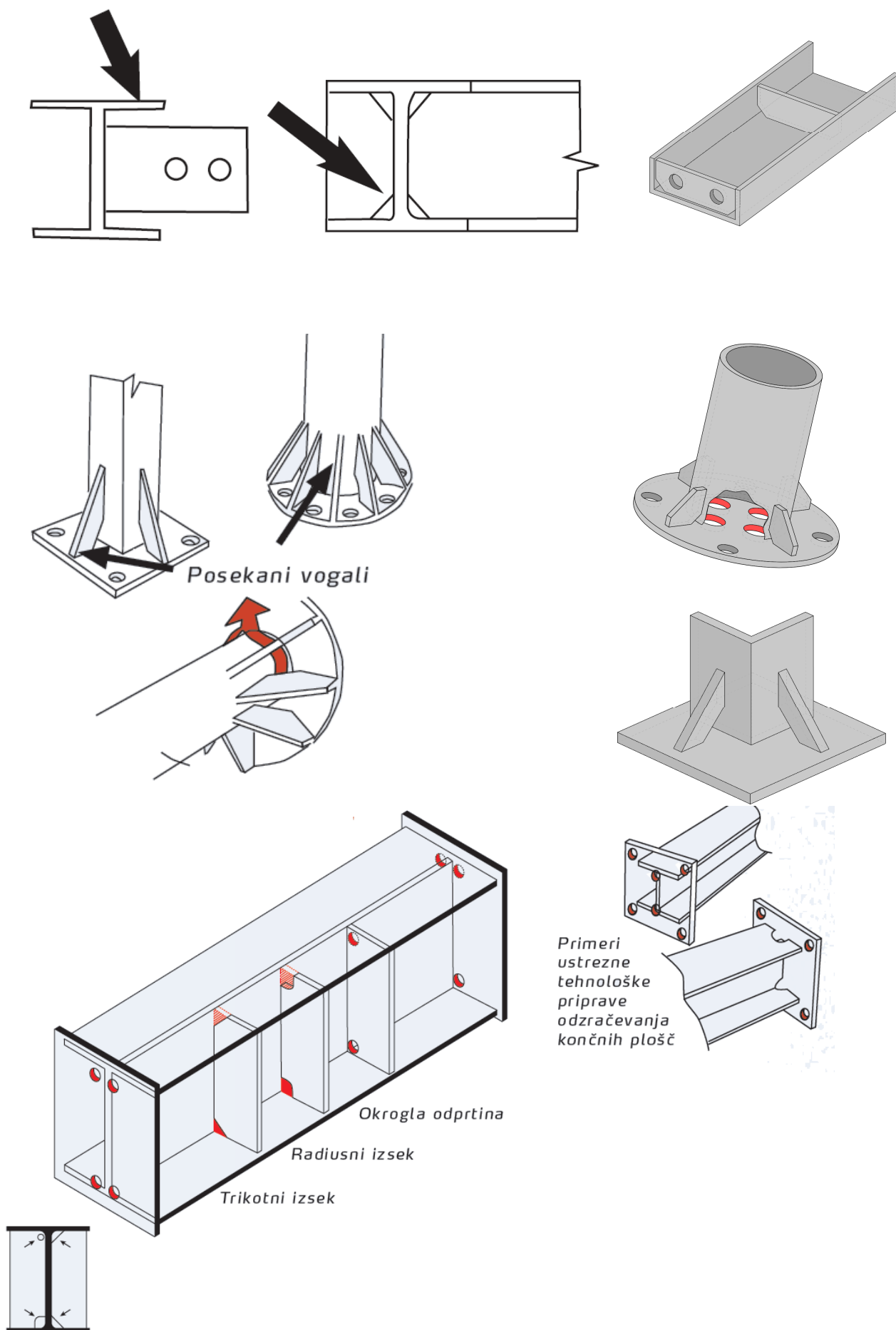
Tabela 1: Potrebna velikost odprtin za odzračevanje

Prečni prerez cevi in velikost [mm]			1 luknja		2 luknji		2 izseka v kotih		4 luknje		4 izseki v kotih		4 luknje velikosti 15mm + 1 sredinska luknja		4 luknje velikosti 15mm + 1 sredinska luknja		4 izseki v kotih velikosti 25mm + 1 sredinska luknja	
Okrogla cev	Kvadratna cev	Pravokotna cev	premer luknje [mm]				velikost izseka [mm]		premer luknje [mm]		velikost izseka [mm]		Premer sredinske luknje [mm]					
15	20	30x15	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	30	40x20	12	12	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	40	50x30	14	14	12	12	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	50	60x40	16	16	12	12	13	10	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	60	80x40	20	20	12	12	15	10	10	12	-	-	-	-	-	-	-	-
60	80	100x60	25	20	16	16	20	12	12	15	-	-	-	-	-	-	-	-
80	100	120x80	30	25	20	20	25	14	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-
100	120	160x80	35	30	25	25	30	20	20	25	-	-	-	-	-	-	-	-
120	160	200x120	45	40	35	30	40	25	20	30	-	-	-	-	-	-	-	-
160	200	260x140	60	50	40	35	50	30	25	35	35	-	-	-	-	-	-	-
200	300	350x250	-	-	60	55	75	45	40	55	80	70	-	-	-	-	-	-
300	400	450x250	-	-	80	75	100	60	50	75	110	100	110	-	-	-	-	-
400	500	600x300	-	-	100	90	125	75	65	90	140	125	135	-	-	-	-	-
500	600	700x400	-	-	120	110	150	85	75	110	170	150	165	-	-	-	-	-

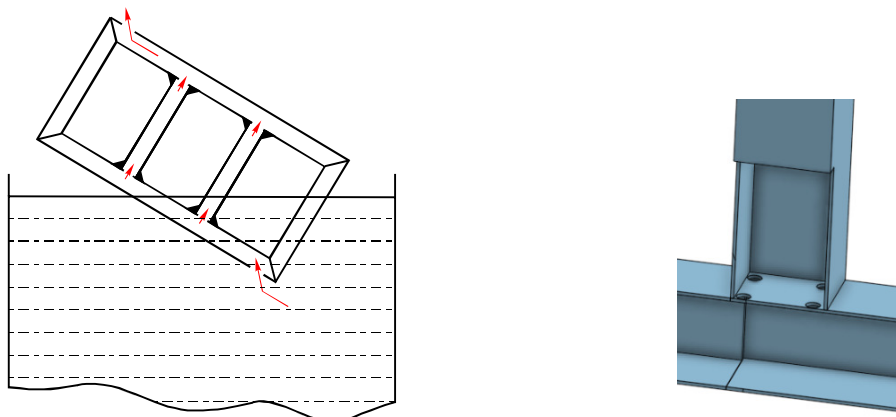
Opomba 1: Črtasto označene luknje oz. izseki označujejo luknjo oz. izsek na drugem koncu cevi.  
 Opomba 2: Velikost izseka v tej tabeli se nanaša na dolžino stranice izseka (ne diagonalo).  
 Opomba 3: Pri večjih profilih in posodah mora biti odprtina: 20% velikosti diagonale preseka.  
 Opomba 4: Zaprti votli deli cevi morajo imeti odprtine (luknje oz. izseke) na obeh koncih posameznega segmenta.



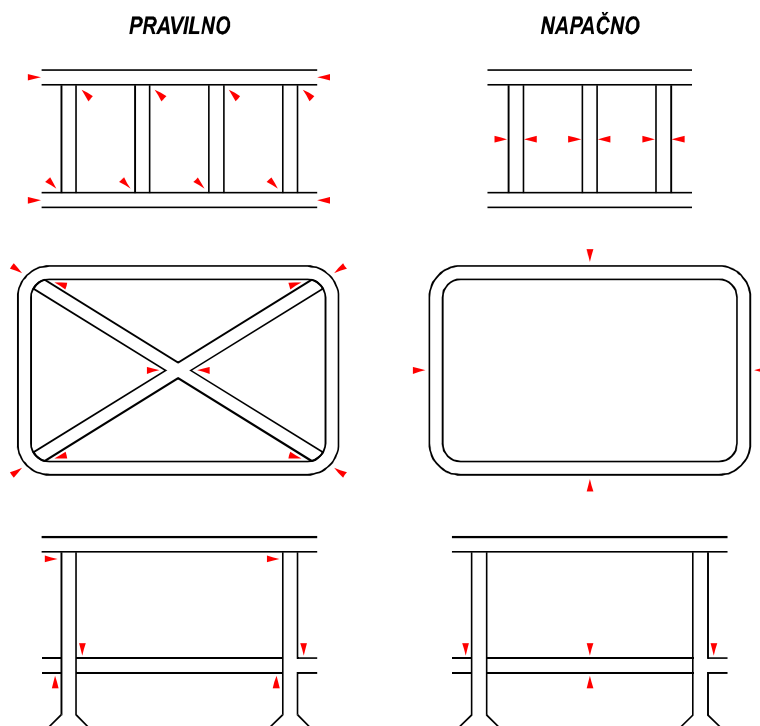
Slike 1, 2, 3, 4 – Primeri razporeditve odprtin na cevni konstrukcijah



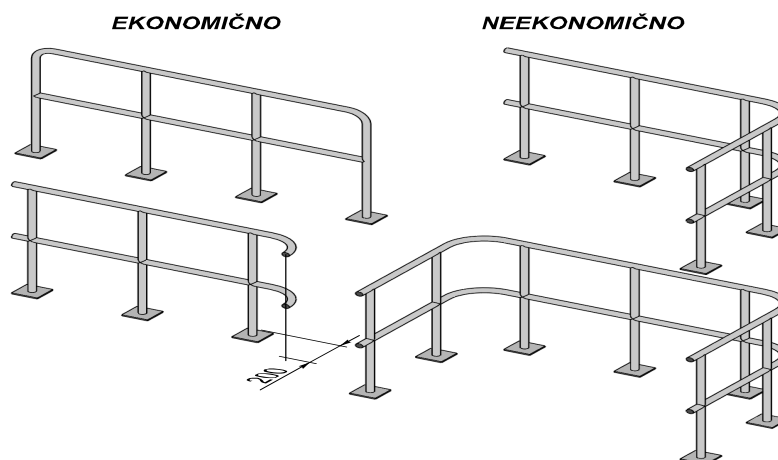
Slike 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13: Odzračevanje reber in končnih plošč na profilih in ceveh



Sliki 14, 15: "Nevidne" odprtine na cevni konstrukciji



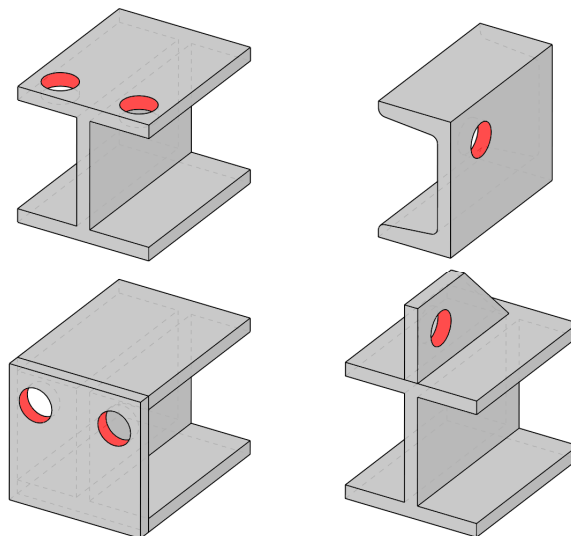
Slika 16: Pravilno in nepravilno izdelovanje odprtij



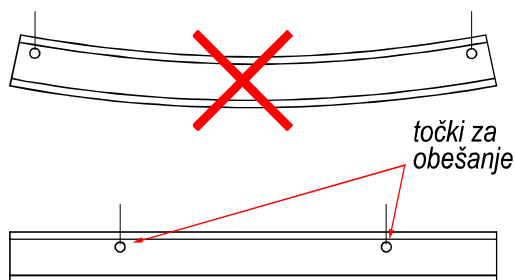
Slika 17: Ekonomično konstruiranje ograje za cinkanje

**b) obešanje**

Konstrukcija se lahko obesi tudi na za to posebej privarjena ušesa. Za enostavne elemente, dolge do 2800 mm, je dovolj ena točka obešanja vsaj 20 mm od roba, za daljše konstrukcije in elemente pa sta potrebni dve ali več točk obešanja. Zaradi preprečevanja povešenja profilov, daljših od 6000 mm, sta potrebni vsaj dve točki obešanja; in sicer na  $\frac{1}{4}$  dolžine profila z vsake strani (slika 19).

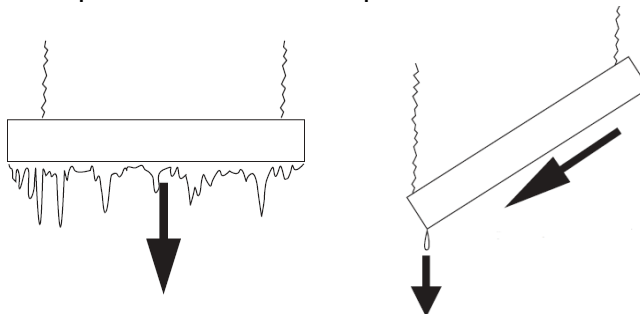


Slika 18: Izvrtine za obešanje I- in U-profilov



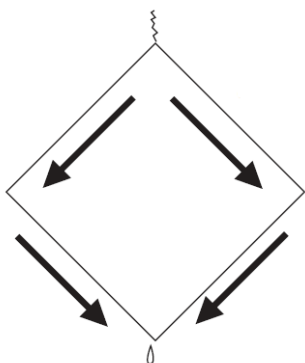
Slika 19: Optimalni točki obešanja dolgega profila

Elementi morajo biti obešeni pod naklonom, da se cink izteka v eno točko. V nasprotnem primeru pride do zateklin in špic na horizontalnih ploskvah elementa.

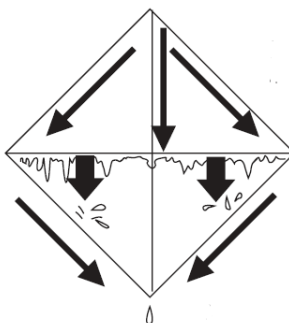


Slika 20: prikaz iztekanja cinka glede na način obešanja

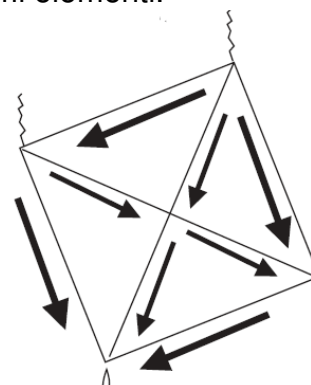
Spodnje slike 21, 22, 23 prikazujejo, kako je potrebno predvideti pozicije obešanja elementov pri enostavnih okvirjih ter okvirjih z dodatno privarjenimi elementi.



Enostavni okvir  
- pravilno obešanje

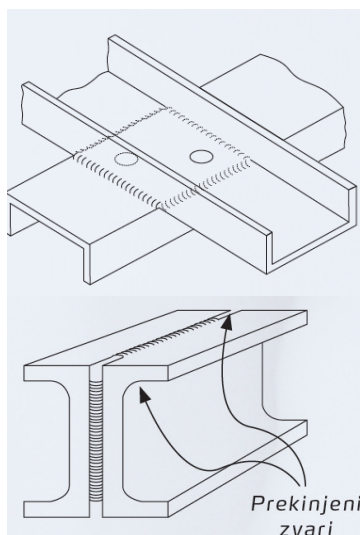


Okvir z dodatnimi povezavami  
- napačno obešanje



Okvir z dodatnimi povezavami  
- pravilno obešanje

**c) odzračitev zaprtih volumnov med dvema ploskvama**, ki sta v celoti zvarjeni med sabo, zaradi preprečitve eksplozije med pocinkanjem (slika 24). Odprtine so lahko samo na eni ploskvi ali pa skozi obe.



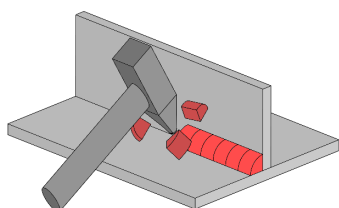
Velikost prekrivajoče se površine	Potrebni varnostni ukrepi
$\leq 100 \text{ cm}^2$	Varjeno po celotnem obodu brez poroznosti ali presledkov. Elementi morajo biti pred varjenjem suhi. Prekrivajoče se površine morajo biti gladke ter se tesno prilagati (brez špranje).
100 – 1000 $\text{cm}^2$	- 2 x $\geq 12\text{mm}$ luknji diagonalno postavljeni v kotih - 2 x $\geq 25\text{mm}$ prekinjen zvar diagonalno postavljeni v kotih
1000 - 2500 $\text{cm}^2$	- 4 x $\geq 12\text{mm}$ luknje v kotih - 4 x $\geq 25\text{mm}$ prekinjen zvar v kotih
$\geq 2500 \text{ cm}^2$	- 4 x $\geq 12\text{mm}$ luknje v kotih, dodatne luknje po obodu z razmikom $\leq 300\text{mm}$ . - 4 x $\geq 25\text{mm}$ prekinjen zvar v kotih, dodatno prekinjen zvar po obodu z razmikom $\leq 300\text{mm}$
*za točno lokacijo lukenj oz. prekinjenih zvarov se posvetujte s pocinkovalnico	

Slika 24 in Tabela 2: Odzračitev zaprtih volumnov in velikost odprtin

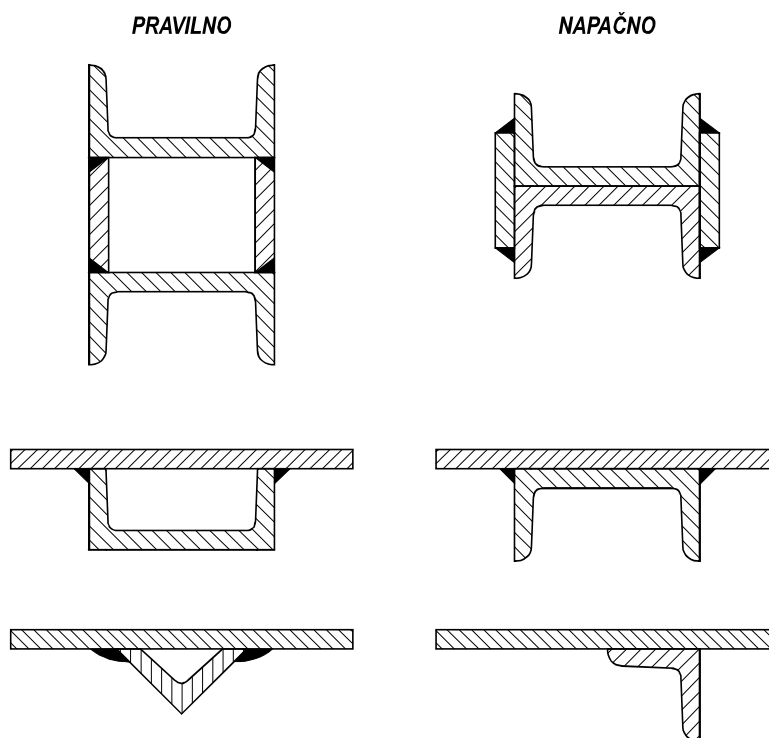
## 5 Spoji in zveze

Pri kakršnem koli **spajanju dveh ploskev** obstaja nevarnost naknadnega iztekanja kisline iz vmesnega prostora zaradi ne zalitja s cinkom.

**Zvari** morajo biti neporozni, zaključeni, očiščeni varilne škaje in varilnih obrizgov. Zvar lahko po debelini nanosa cinka zaradi drugačne kemijske sestave (silicij) po pocinkanju odstopa od sosednjih površin, zato je potrebno pri varjenju uporabljati dodajni material z enako vsebnostjo silicija, kot je v uporabljenih kovinskih delih. V splošnem je potrebno uporabljati dodajni material s čim manj ali brez silicija.



Slika 25: Očistiti varilno škajo



Slika 26: Pravilno spajanje profilov za vroče cinkanje

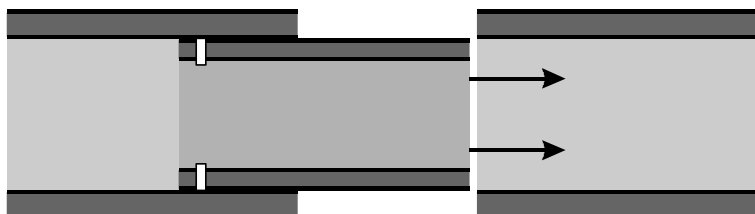
Spoji ne smejo biti **kovičeni** s kovicami iz barvastih kovin.

**Mehkih lotnih spojev** ni mogoče pocinkati. **Trde lotne spoje** je potrebno preizkusiti, v splošnem pa niso primerni za vroče cinkanje.

**Navoje** (matične, vijačne) je potrebno po pocinkanju ponovno porezati, zato je bolje, da se predhodno upošteva toleranca za debelino nanosa cinkove prevleke (50—200  $\mu\text{m}$ ). Pred pocinkanjem je mogoča tudi predhodna zaščita vijakov in matic s posebno barvo ali trakom. Vijačni material je primeren samo za postopek vročega cinkanja s centrifugiranjem.

**Tečaje, drsne elemente in gibljive dele** (npr. okrogle cevi ali profile v profilu) mora naročnik dostaviti ločeno, sestavljajo se šele po pocinkanju. Pri konstruiranju je potrebno upoštevati tudi tolerance zaradi debeline nanosa cinka. Natični deli tečajev (na isti konstrukciji) z eno samo odprtino morajo biti obrnjeni v isto smer ali pa odprti z obeh strani. V primeru naknadnega natikanja cevi v cev je potrebno predvideti vsaj 3-milimetrsko toleranco, pri večjih dolžinah pa večjo.

**Minimalna zračnost pri natikanju cevi znaša 3 mm**



Slika 27: Predvidena toleranca v primeru natikanja cevi – 3 mm



## 6 Hladno preoblikovanje in kovanje

Pločevina na površini ne sme vsebovati brazd ali risov, ki bi nastali pri hladnem preoblikovanju. Te napake so po pocinkanju zelo izrazite (hrapavost prevleke). Rezani robovi cevi morajo biti posneti (brez ostankov iglic, ostružkov in opilkov). S hladnim preoblikovanjem po pocinkanju se poškoduje prevleka, predvsem pri elementih z debelino stene večjo od 1 mm, ker imajo ti debelejšo prevleko s slabšimi lastnostmi upogiba.

## 7 Termične deformacije

Pri sestavljanju elementov in konstrukcij pridejo v material napetosti - v procesih valjanja, varjenja, ravnanja in hladnega preoblikovanja. Pod vplivom visoke temperature taline cinka se te napetosti sprostijo in konstrukcijski elementi se deformirajo.

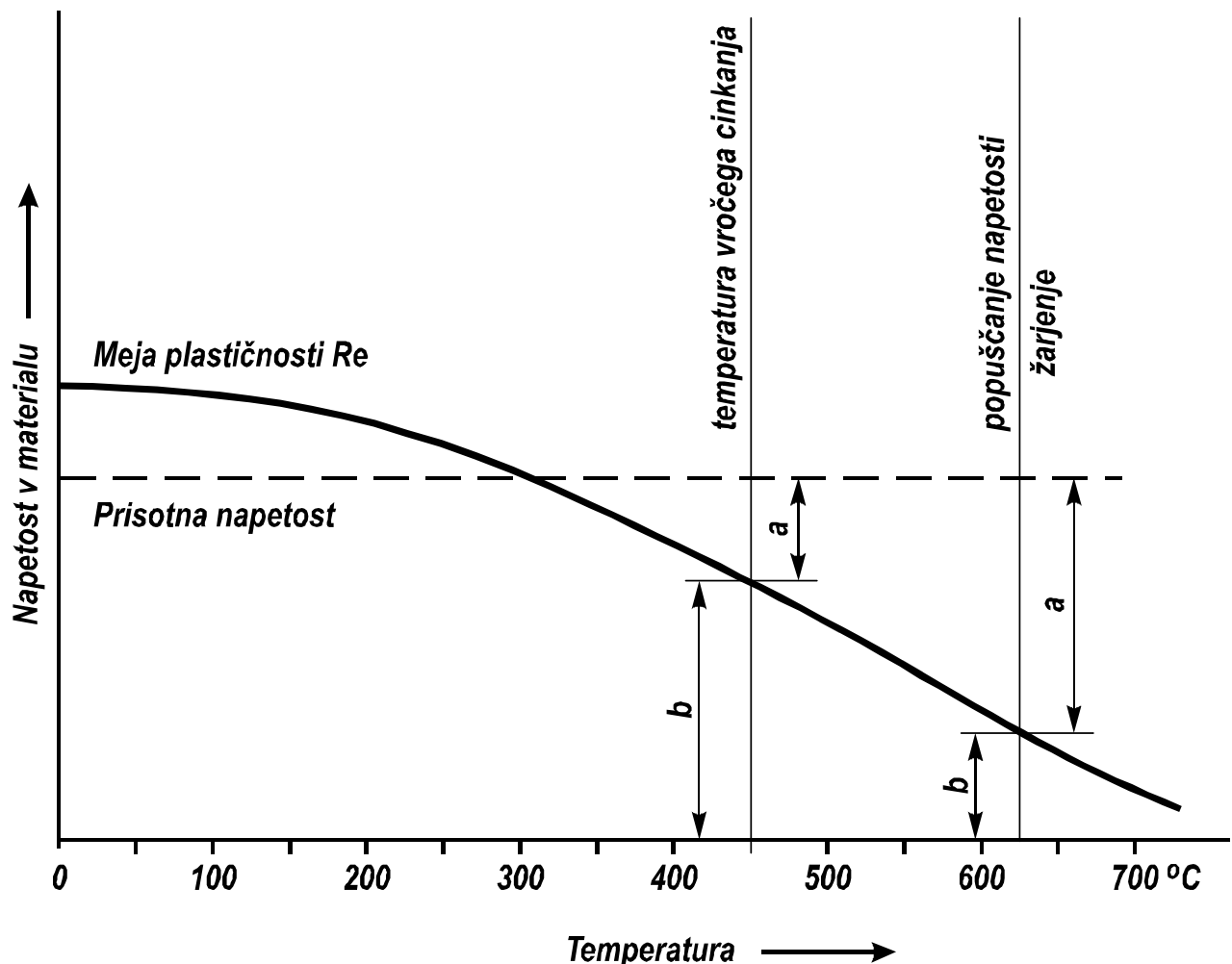


Diagram 1 – Shematski potek meje plastičnosti jekla pri povečani temperaturi in ob tem prisotni deformaciji zaradi notranjih napetosti

Obseg deformacij je odvisen od:

- velikosti notranjih napetosti
- prevzete toplote glede na položaj težiščnice konstrukcije
- prereza: a) simetrična ali nesimetrična konstrukcija  
b) odprta (U- in T-profil) ali zaprta konstrukcija (cevi)

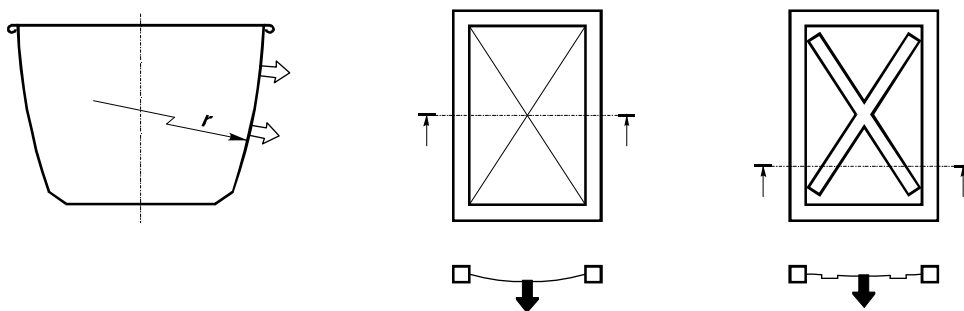
Notranja napetost se ob segrevanju zmanjša za **delež a** (nastopi plastična deformacija), notranja napetost v **deležu b** pa je prisotna dalj časa; kot je prikazano v diagramu 1.

Najpogostejši primeri termičnih deformacij so pri:

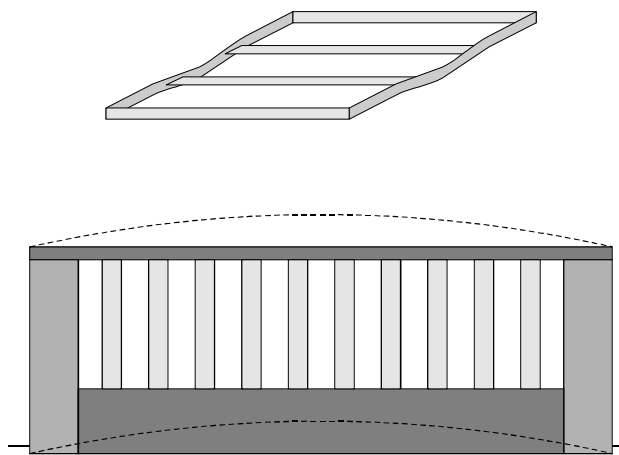
- tankih pločevinah večjih dimenzij
- konstrukcijah, kjer so varjene pločevine različnih debelin
- mrežah, vpetih v okvir ali posamezno
- daljših ceveh ali profilih – drogovih

Deformacijam se lahko izognemo ali jih zmanjšamo z/s:

- vijačenjem namesto varjenja
- varjenjem, kjer naj bodo zvari simetrični, čim bližje težiščnici in ne močnejši, kot je potrebno
- prehodnim žarjenjem – popuščanjem napetosti v materialu
- prednapetjem konstrukcije
- vstavitvijo ojačitev, ki morajo biti iz istega materiala in čim bolj enakih debelin
- križnimi ali piramidastimi vtisi višine 20—30 mm in s krivljenjem pločevine – bombiranjem
- obešanjem konstrukcije na več točkah zaradi preprečitve povešanja (če to omogoča izvedba konstrukcije )



Slika 28 – Načini zmanjšanja termičnih deformacij z vtisi



Slika 29: Možnosti deformacije daljših elementov

## 8 Kemijska sestava jekla

Kemijska sestava jekla odločilno vpliva na debelino, izgled in kakovost cinkove prevleke. Daleč največji vpliv ima silicij (diagram 2), zato jekla ne smejo biti pomirjena s silicijem.

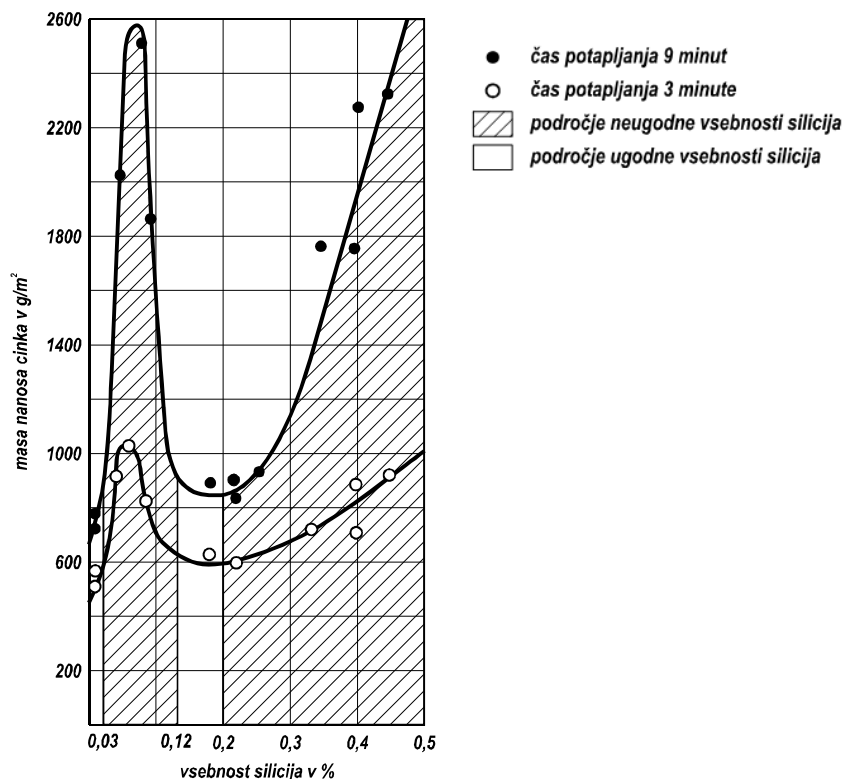


Diagram 2 – Odvisnost mase nanosa od vsebnosti silicija v jeklu

Kategorija	Vrednost reaktivnih elementov %	Dodatne informacije	Tipične lastnosti prevleke
<b>A</b>	$\leq 0,03\%$ Si in $< 0,02\text{P}$	Glej OPOMBO 1 in OPOMBO 4	Svetla prevleka s fino teksturo zunanjega cinkovega sloja
<b>B</b>	$\geq 0,14\%$ Si do $\leq 0,25\%$ Si	Vsebnost fosforja ne sme biti večja od $0,035\%$	Prevleke so svetle ali temno sive. Lahko tudi kombinacija obojega; odvisno od kemijske sestave jekla
<b>C</b>	$> 0,03\%$ Si do $< 0,14\%$ Si	Nekontrolirana rast cinkove prevleke	Temno sive prevleke s hrapavo strukturo. Slabši oprijem – lahko se pojavi tudi luščenje.
<b>D</b>	$> 0,25\%$ Si	Debelina cinkove prevleke narašča z večjo vsebnostjo silicija	
OPOMBA 1	Za jekla iz A kategorije se pričakuje, da bodo imela karakteristike prevleke, navedene v tabeli ob pogoju $\text{Si}+2,5\text{xP} \leq 0,09\%$ . Za hladno valjana jekla velja izračun $\text{Si}+2,5\text{xP} \leq 0,04\%$ .		
OPOMBA 2	Prisotnost legirnih jekel v cinkovi talini, kot sta aluminij in nikelj, lahko vplivajo na karakteristike cinkove prevleke, ki so navedene v tej tabeli. Ta tabela ne predstavlja smernic za visokotemperaturno cinkanje ( $530^\circ\text{C}$ do $560^\circ\text{C}$ ).		
OPOMBA 3	Mejne vrednosti kemijske sestave jekla, navedene v tej tabeli, lahko odstopajo zaradi drugih dejavnikov (npr. vroče valjanje, hladno valjanje, ...).		
OPOMBA 4	Jekla, ki imajo nizko vsebnost silicija $\leq 0,01\%$ in vsebujejo tudi aluminij $\geq 0,03\%$ , so manj reaktivna in lahko pride do nižjih nanosov cinkove prevleke od pričakovanih.		
OPOMBA 5	Konstrukcija elementa lahko vpliva na lastnost in vizualni izgled prevleke.		

Tabela 3: lastnosti prevleke glede na kemijsko sestavo jekla (ISO 14713-2, Tabela 1)

Večje vsebnosti aluminija v jeklih praviloma povzročajo zelo številna mala nepocinkana mesta; nekje do premera 5 mm. Vsebnost aluminija v jeklu zato ne sme presegati 0,030%.

Za doseganje debelin po EN ISO 1461 je potrebno pri jeklu debelin nad 3 mm izbrati jeklo iz kategorije B.

V osnovi so primerna vsa jekla, ki odgovarjajo zahtevam standarda DIN EN 10 025, če imajo ustrezno kemijsko sestavo.

Problematična so visoko trdnostna in finožrnata konstrukcijska jekla. Do lomljenja jekla lahko pride zaradi navzvetja vodika v procesu luženja. Trdota jekla nikakor ne sme biti višja od oznak 34 HRC, 340 HV ali 325 HB.

## 9 Stanje površine jekla

Jeklo ne sme vsebovati napak:

- dvoplastnosti
- zavaljanja, ki je vidno v obliki vzdolžnih črt
- zavaljane škaje
- uvaljanja nečiste emulzije in nečistoč (oksidov)

Napake se po pocinkanju odrazijo v neravni prevleki (neenakomerno zlužena površina), močni paralelni ali krajevno omejeni hrapavosti (pikavost), sivem izgledu in celo v intenzivnem luščenju cinkove prevleke. Plamensko rezanje pločevine, rezanje s plazmo ali laserjem spremeni strukturo površine jekla. Zato so lahko tam debeline nanosa precej manjše - premajhne, na ostrih robovih pa je oprijemljivost cinkove prevleke izredno slaba – luščenje (EN ISO 14713-2). Izdelovalec konstrukcije mora zaradi tega rezane površine pobrusiti, robove pa posneti.

## 10 Barvne kovine in litina

Barvne kovine se ne cinkajo.

Litino je pred pocinkanjem potrebno peskati, da se s površine odstranijo oksid, pesek, nečistoče in grafit. Siva litina z 1,7–4,5 % ogljika se zelo težko pocinka, ker pri luženju v klorovodikovi kislini ogljik difundira na površino in preprečuje oprijem cinkove prevleke. Pri litini obstaja nevarnost lomljenja po pocinkanju.

## 11 Debelina prevleke

Debelina prevleke mora ustrezati standardu SIST EN ISO 1461:2022.

Kosi in njihova debelina sten	Krajevna debelina (μm) (najmanjša vrednost) (a)	Povprečna debelina (μm) (najmanjša vrednost) (b)
Jeklo > 6 mm	70	85
Jeklo > 3 mm do ≤ 6 mm	55	70
Jeklo ≥ 1,5 mm do ≤ 3 mm	45	55
Jeklo < 1,5 mm	35	45
Litina ≥ 6 mm	70	80
Litina < 6 mm	60	70

(a) Srednja vrednost debelin, dobljena iz določenega števila posameznih meritev v okviru ene referenčne površine na osnovi magnetnega postopka ali dobljena vrednost iz gravimetrične metode.  
(b) Srednja vrednost krajevnih debelin, dobljena iz enega večjega kosa ali iz vseh kosov kontrolne enote.

Tabela 4: Debelina cinkove prevleke na elementih, ki niso centrifugirani

## **12 Popravilo nepocinkanih mest**

Skupna nepocinkana površina, ki se popravlja, lahko zavzame največ 0,5 % celotne površine enega elementa. Posamezno nepocinkano mesto je lahko v velikosti 10 cm<sup>2</sup>.

Popravilo je dovoljeno s termičnim nanašanjem cinka ali s primernim premazom na osnovi cinkovega prahu, ki zadovoljuje potrebe po kakovosti.

## **13 Bela rja**

Je posledica tvorbe cinkhidroksida na sveže pocinkanih elementih; in sicer na ploskvah, kjer je bil omogočen dotok ogljikovega dioksida ob prisotnosti kondenzata (vlaga). Bela rja ni vzrok za reklamacijo.

## **14 Paletizacija in transport**

Elementi, poslani na cinkanje, morajo biti pravilno paletizirani, tako da med zunanjim in notranjim transportom ne pride do mehanskih poškodb konstrukcij ali cinkove prevleke. Obenem pa je s takšnim načinom paletizacije omogočen varni razklad in naklad elementov. Kovinske palete morajo biti površinsko zaščitene.