

Evoluzione degli scambi con cuore a punta mobile

Geom. Luigi CURIA^(*)

Premessa

Alla fine degli anni 1980, l'attesa realizzazione delle tratte AV/AC pose l'esigenza di utilizzare scambi idonei per essere percorsi, sul corretto tracciato, alla velocità di 300 km/h.

Tra le principali innovazioni tecnologiche da apportare agli scambi, da impegnare con circolazione ad Alta Velocità, rientrava l'eliminazione dello spazio nocivo presente nella zona del cuore degli scambi con cuore a punta fissa; tale risultato è stato raggiunto mediante l'inserimento del cuore a punta mobile.

L'innovazione, tanto più necessaria negli scambi a piccola tangente per la notevole lunghezza del loro spazio nocivo⁽¹⁾ (v. figura sopra il titolo), evita i dannosi effetti della soluzione di continuità dei piani di rotolamento e di guida e consente di eliminare le controrotaie, notoriamente, soggette a possibili urti e strisciamenti da parte dei bordini.

Le tipologie degli scambi a punta mobile che, oggi, si utilizzano nelle linee AV/AC sono quelle che permettono, rispettivamente, di percorrere il ramo deviato a 60 km/h oppure a 160 km/h.

Di seguito si descrive la loro evoluzione e si illustrano le loro principali caratteristiche tecniche.

Il primo prototipo

Lo scambio S. 60 UNI / 3000 → ∞ / 0,022, con posa su traversoni in c.a.p., progettato dalle *Ferrovie dello Stato* ed in esercizio sulla linea DD.ma Roma – Firenze nel P.C. di Renacci dal 1992, è il primo scambio con cuore a punta mobile per deviato a 160 km/h impiegato sulla Rete Ferroviaria Italiana.

Tale tipologia di scambio fu oggetto della campagna di prove della primavera 1992 – Sperimentazione A.V.⁽²⁾ - nel corso della quale fu testata alla massima velocità di 300 km/h sul corretto tracciato e di 170 km/h in deviato.

Lo scambio, in quanto a caratteristiche generali, è caratterizzato da un telaio degli aghi (di lunghezza 37 m) composto da rotaie e barre d'ago 60 UNI di acciaio di qualità 900 A, gli aghi sono serrati con attacchi rigidi di tipo "K" su cuscinetti a strisciamento; le piastre di appoggio prevedono la posa verticale degli aghi e dei contraghi (figg. 1 e 2).

Nel successivo tratto "delle intermedie", le rotaie 60 UNI sono serrate su piastre con, allora, classico attacco rigido di tipo "K", con inclinazione 1/20 (fig. 3).

^(*) Italferr S.p.A.

⁽¹⁾ Approssimativamente, detta g l'ampiezza della gola occorrente per il libero passaggio del bordino l'estensione dello spazio nocivo vale $L = \frac{g}{\sin \alpha} \approx \frac{g}{\tan \alpha}$

⁽²⁾ Vedasi *Tecnica Professionale* - settembre 1994 "Primi scambi con c.p.m. nelle FS".



Fig. 1 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Telaio degli aghi.

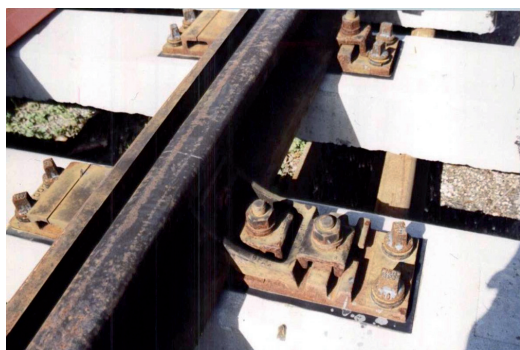


Fig. 2 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Cuscinetto tipo 60 C1U.

Di fatto, le caratteristiche meccaniche sia del telaio degli aghi che delle intermedie sono simili a quelle dello scambio 60 UNI / 3000 / 0,034 impiegato nei P.C. della DD.ma Roma - Firenze fin dalle prime fasi realizzative (1975).

La novità tecnologica – relativamente alla parte metallica dello scambio – è dunque il cuore.

Esso è formato da due semiculle, di lunghezza 10 m ed 8,8 m, in acciaio fuso al manganese⁽³⁾, unite da un giunto “inganasciato”, appoggiate e bloccate su piastre con attacchi rigidi di tipo “K”.

All'interno delle culle sono posizionate due barre d'ago (del tipo 60 UNI) opportunamente lavorate in posa verticale (figg. 4,5,6 e 7).

Nella parte estrema della culla, lato tallone dello scambio, sono posizionati blocchi “steccanti” per il serraggio delle barre d'ago e il contenimento delle sollecitazioni provenienti dalla l.r.s. (fig. 8).

Il piano di posa è su traversoni in c.a.p. ad interasse, mediamente, di 60 cm.

La manovra degli aghi è effettuata mediante otto attuatori oleodinamici.

La manovra delle barre d'ago del cuore è effettuata simultaneamente al telaio degli aghi mediante quattro attuatori.

Lo sviluppo degli scambi 0,022

La realizzazione dell'armamento delle linee A.V. è stata avviata, nel 1998 - 2000 con standard che prevedevano, la posa nei P.C. (posti di comunicazione), P.M. (posti di movimento) (fig. 9) e P.J. (posti di interconnessione), di scambi tg. 0,022 e tg. 0,074 con cuore a punta mobile - posa su traversoni in c.a.p.. Successivamente dopo omologazione di RFI, furono impiegati – per le geometrie suddette - tipi di scambi che, pur mantenendo le caratteristiche geometriche e tecnologiche, presentano interessanti innovazioni rispetto a quelli posti in esercizio sulla RM – FI.



Fig. 3 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Zona delle intermedie con posa inclinata 1/20.

⁽³⁾ La suddivisione in due parti della culla era motivata da esigenze di fusione in officina.



**Culla in acciaio al Mn ed
estremità della punta**

**Giunto di collegamento
tra le due culle**

**Bloccaggio al tallone
del cuore**

Fig. 4 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Zona del cuore.

In particolare per il telaio degli aghi, come illustrato nelle successive foto è, in questa nuova tipologia, composta da rotaie UIC 60 e barre d'ago del tipo 60D serrate su cuscinetti e piastre mediante attacchi di tipo elastico.

Il contrago è inserito nel cuscinetto di tipo elastico con posa inclinata⁽⁴⁾ a 1/20 ottenuta in officina mediante la torsione del fungo.

Nella parte esterna del cuscinetto è posta una piastra di "spalleggiamento⁽⁵⁾" con una lavorazione a coda di rondine per contrastare le sollecitazioni sia trasversali che longitudinali.

Per migliorare lo scorrimento degli aghi sui piani d'appoggio dei cuscinetti è previsto uno speciale trattamento della superficie (autolubrificazione).

⁽⁴⁾ L'inclinazione al 1/20 dei piani di rotolamento delle 3 porzioni dello scambio (telaio degli aghi, intermedie e cuore) evita soluzioni di continuità nell'accoppiamento rotaia/cerchione, migliora la conicità equivalente ed evita l'insorgenza di fenomeni di instabilità di marcia.

⁽⁵⁾ Con questa soluzione l'elemento meccanico che deve garantire la tenuta trasversale è indipendente dal cuscinetto ed ad esso vincolato mediante interposizione di un elemento ad elevata scorrevolezza in teflon- e non risente degli sforzi longitudinali e verticali.



Fig. 5 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Vista del cuore a punta mobile.



Fig. 6 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Particolare del giunto di collegamento delle culle in Acciaio al Mn.



Fig. 7 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Particolare della punta mobile e delle lavorazioni della culla in acciaio al Mn.



Fig. 8 – Scambio tg. 0.022 P.C. Renacci - Tallone dello scambio, blocchi di serraggio.



Fig. 9 - Linea AV/AC Torino - Novara - Vista dello scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Castello.

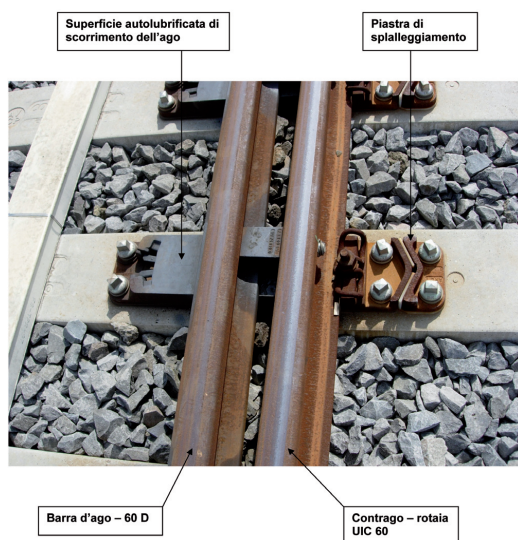


Fig. 10 - Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con inclinazione del c/ago di 1/20.



Fig. 11 - Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con rulli.



Fig. 12 - Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO Cuscinetto elastico con guancia di bloccaggio.

Inoltre, è inserita una guancia, in prossimità degli attuatori della manovra, che blocca il cuscinetto al contrago. (figg. 10, 11 e 12)

Le "intermedie" sono formate da rotaie UIC 60 serrate su piastre con attacco di tipo elastico SKL 12 - Vossloh, inclinate a 1/20 (fig. 13).

Il cuore è formato da una culla in acciaio fuso al manganese - di lunghezza m. 19,622, che termina con due antenne costituite da rotaie di tipo A74.

Le antenne sono saldate alla culla mediante una speciale saldatura tra acciaio al manganese e acciaio di rotaia; viene effettuata una prima saldatura elettrica a scintillio alla rotaia 60 UIC con uno spezzone di barra in acciaio speciale.

La seconda operazione consiste nel taglio a sega della barra speciale e successiva seconda saldatura elettrica alla culla.

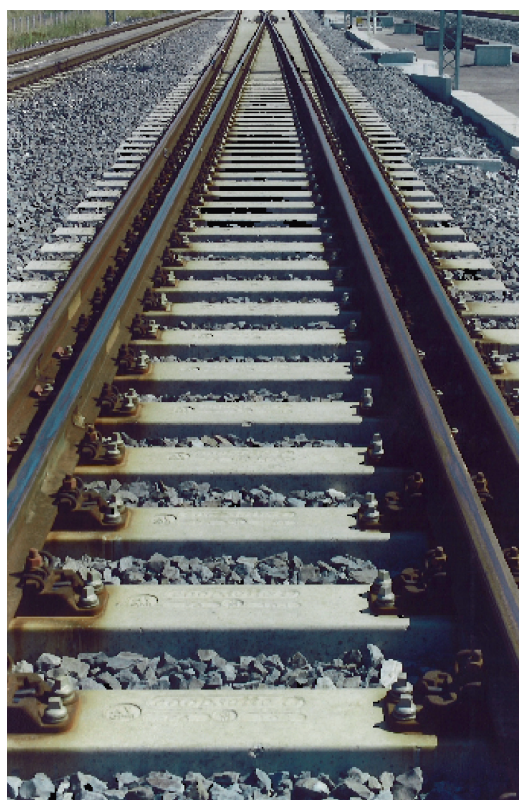


Fig. 13 – Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO
Zona delle intermedie con posa inclinata 1/20.

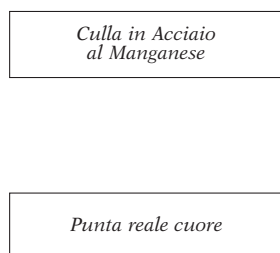


Fig. 14 – Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO- NO
Zona del cuore.

All'interno della culla sono posizionate due barre d'ago del tipo 60 D, opportunamente lavorate e inclinate 1/20 mediante torsione del fungo.

Nella parte di uscita del cuore sono posizionati blocchi serrati alle rotaie e alle barre d'ago con chiavarde, per il bloccaggio delle barre stesse e il contenimento delle sollecitazioni dovute alla termica del binario.

Pertanto, i cuori, ora di corrente impiego, sono del tutto monolitici (assenza del giunto flangiato) e, con una struttura più semplice e leggera, offrono la reazione alle spinte trasversali grazie alla maggiore inerzia dell'intero dispositivo (figg. 14, 15 e 16).

Vengono di seguito riportate le caratteristiche tecniche di base seguite per lo sviluppo del progetto costruttivo dello scambio S. 60 UNI / 3000 $\rightarrow \infty$ / 0,022:

Velocità corretto tracciato	300 km/h
Velocità ramo deviato	160 km/h
Accelerazione non compensata	0,6 m/s ²



Antenne realizzate con barre del tipo A 74

Blocchi di serraggio

Fig. 15 – Scambio tg. 0,022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO - Tallone dello scambio - blocchi di serraggio.

Raggio ramo deviato	3000 → ∞
Scartamento	1435 mm
Interasse ai talloni	2000 mm
Armamento	UIC 60
Cuore	A punta mobile
Cassa alloggiamento	In acciaio fuso al manganese
Predisposizione riscaldamento	Telaio degli aghi e cuore
Traversoni	Monoblocco in c.a.p.
Ancoraggio del cuore ai traversoni	Indiretto
Organo di attacco	Elastici Vossloh
Dispositivi di manovra	Attuatori oleodinamici
Lunghezza dello scambio reale	132 m
Massa totale	140 ton circa
Massa del ferro	46 ton “
Massa dei traversoni in c.a.p.	94 ton “

Gli scambi 0,074

Nei P.M. (posti di movimento), per la diramazione dal binario di corsa a quello di precedenza, vengono impiegati scambi tg. 0,074 con cuore a punta mobile, che consentono velocità in deviata di 60 km/h.

Per tali dispositivi il telaio degli aghi e le intermedie seguono i criteri dello scambio tg. 0,022 (telaio formato da rotaie UIC 60 e barre d'ago del tipo 60D) serrate su cuscinetti e piastre mediante attacchi di tipo elastico (figg. 17, 18).

Il cuore è formato da una culla in acciaio fuso al manganese alla quale sono saldate rotaie di tipo A74 la cui lunghezza complessiva è di m 11,973.

All'interno della culla sono posizionate due barre d'ago del tipo 60 D, anch'esse inclinate 1/20 mediante torsione del fungo.

Al tallone della barra posta sul ramo deviato è presente un giunto a becco di flauto necessario per alleggerire il



Fig. 16 – Scambio tg. 0.022 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO
Particolare della culla del cuore.

momento di inerzia della punta che – per la sua modesta lunghezza - non sarebbe manovrabile con gli sforzi tipici (v. Appendice).

Peraltro, un complesso sistema di blocchi steccanti consente il trasferimento degli sforzi dovuti all'inserimento dello scambio in l.r.s. (figg. 19 e 20).

La manovra del telaio degli aghi è effettuata mediante due attuatori oleodinamici (figg. 21 e 22).

La manovra delle barre d'ago del cuore è effettuata simultaneamente al telaio degli aghi mediante due attuatori oleodinamici.

Vengono di seguito riportate le caratteristiche tecniche di base per lo sviluppo del progetto costruttivo dello scambio S. 60 UNI / 400 / 0,074:

Velocità corretto tracciato	300 km/h
Velocità ramo deviato	60 km/h
Accelerazione non compensata	0,6 m/s ²

Raggio ramo deviato	405418 mm
Scartamento	1435 mm
Interasse ai talloni	2000 mm
Armamento	UIC 60
Cuore	A punta mobile
Cassa alloggiamento	In acciaio fuso al manganese
Predisposizione riscaldamento	Telaio degli aghi e cuore
Traversoni	Monoblocco in c.a.p.
Ancoraggio del cuore ai traversoni	Indiretto
Organo di attacco	Elastici Vossloh
Dispositivi di manovra	Attuatori oleodinamici
Lunghezza dello scambio reale	43,252 m
Massa totale	50 ton circa
Massa del ferro	20 ton “
Massa dei traversoni in c.a.p.	30 ton “



Fig. 17 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO
Vista globale dello scambio.



Fig. 18 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO
Zona delle intermedie.

APPENDICE

Ricerca di una giustificazione teorica per il sezionamento della barra di contropunta negli scambi corti

Lo schema triangolare ACB rappresenta la struttura della punta mobile dove le aste AC e CB sono la punta e la contropunta: in C è applicata una forza F che provoca lo spostamento della punta. A e B sono le estremità vincolate della punta mobile e la struttura è a tensioni nulle quando C è in posizione centrale nella luce del cuore; il tratto CD – per ogni geometria – vale $m = 50$ mm.

Sia $EC = AG = L$ la lunghezza della punta.

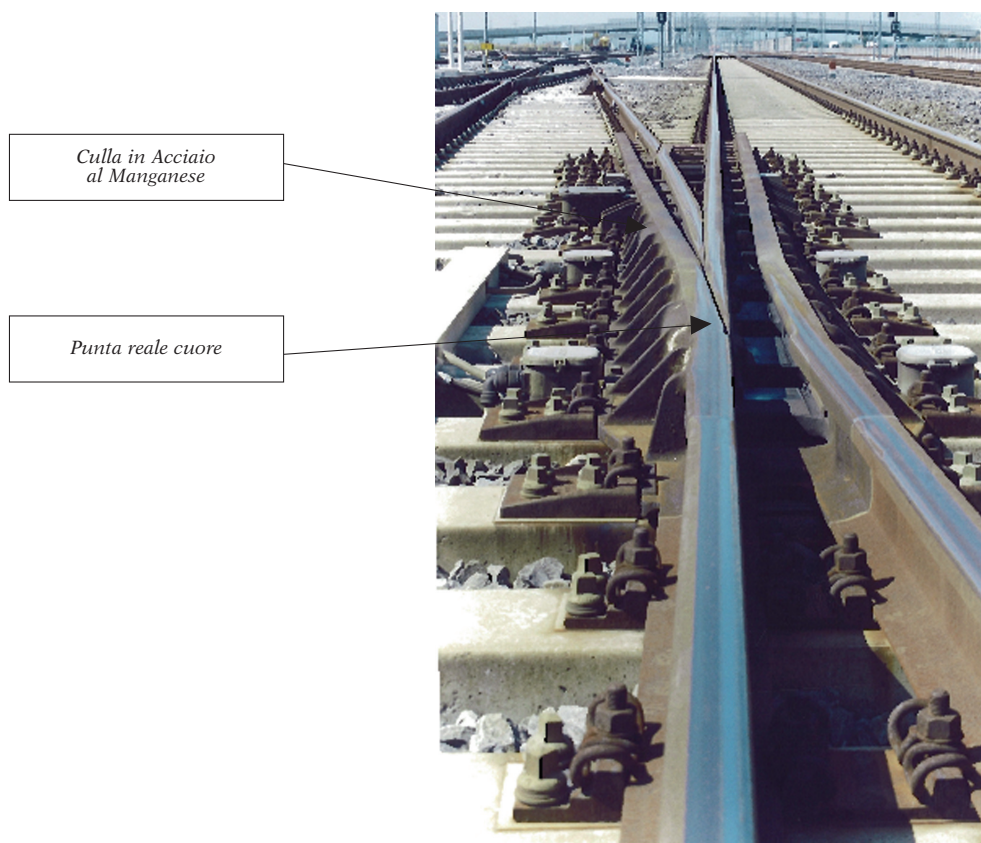


Fig. 19 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO– NO – Zona del cuore.

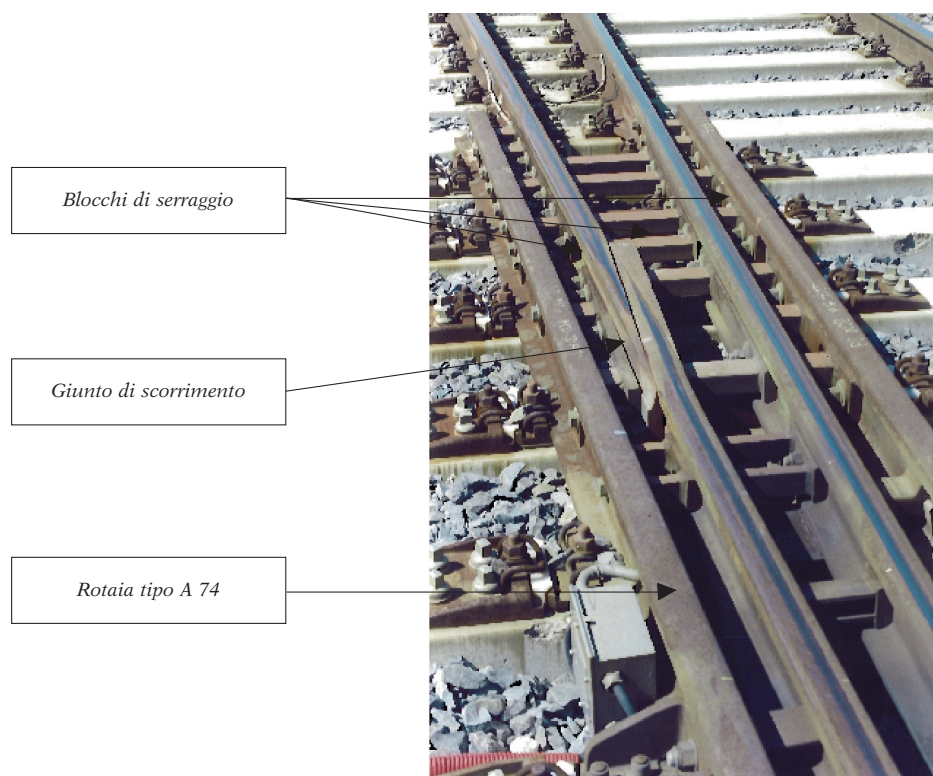


Fig. 20 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO–NO – Tallone del cuore.

L'angolo ACB è pari a α , essendo $\operatorname{tg} \alpha$ la tangente dello scambio.

La distanza $AE = EC \operatorname{tg} \alpha/2$: allora la distanza delle barre all'incastro vale

$$t = 2AE = 2L \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

Sotto una forza in F, in C, la punta si sposta da C a D: sia $CD = m$.

Il momento flettente al tallone della punta, dovuto alla forza F, vale $M = F L$.

Per la piccolezza degli angoli, si può considerare che l'asta AC sia sollecitata da una trazione

$$T = \frac{M}{t} = \frac{F}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Ugualmente l'asta BC sarà sollecitata da una pari compressione.

Pertanto, l'allungamento Δ dell'asta AC (ed il pari accorciamento dell'asta BC) saranno dati da⁽⁶⁾

$$\Delta \approx \frac{TL}{eS}$$

Allora deve essere⁽⁷⁾

$$m = \frac{\Delta}{\operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}} \approx \frac{\Delta}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}$$

Quindi, si ha

$$m = \frac{FL}{2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}} \frac{1}{eS}.$$

⁽⁶⁾ e = modulo di Young ; S = sezione retta dell'asta ipotizzata costante lungo il suo sviluppo.

⁽⁷⁾ Si ottiene dalla proiezione retta dell'estremo, dell'asta AC allungata, al punto D.



Fig. 21 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO
Particolare della manovra.



Fig. 22 – Scambio tg. 0.074 al P.M. di Alice Linea AV/AC TO-NO
Cuscinetto con rulli.

Otteniamo, dunque,

$$F = 2 m e S \frac{\operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{L}$$

Ne consegue che per movimentare la punta di una corsa m , lo sforzo deve essere proporzionale alla seconda potenza della tangente diviso L .

Nei due casi si ha

	scambio 0,022	scambio 0,074
L mm	12890	6075
$\operatorname{tg} \alpha/2$	0.011175752	0.036924587

$$\text{Pertanto, } \frac{F_{0,074}}{F_{0,022}} = 23.162$$

Quindi, per lo scambio 0,074 – qualora non si provvedesse al taglio della barra di contropunta - detto sforzo dovrebbe essere dell'ordine di 20 volte rispetto a quello dello scambio 0,022.

