NB.
Lo scopo di questo manuale non vuol essere un trattato scientifico sugli ingranaggi, ma un manuale pratico.

Per facilitare la comprensione al personale di officina, non tutti i simboli sono conformi alla norma DIN 3960.
Alcuni fanno parte dell'usuale linguaggio di officina più intuitivi e facili da memorizzare.

La nota del vecchio termine " CIRCONFERENZIALE" a destra della simbologia, significa che le grandezze sono intese come viste frontalmente/perpendicolari alla circonferenza di un ingranaggio elicoidale.

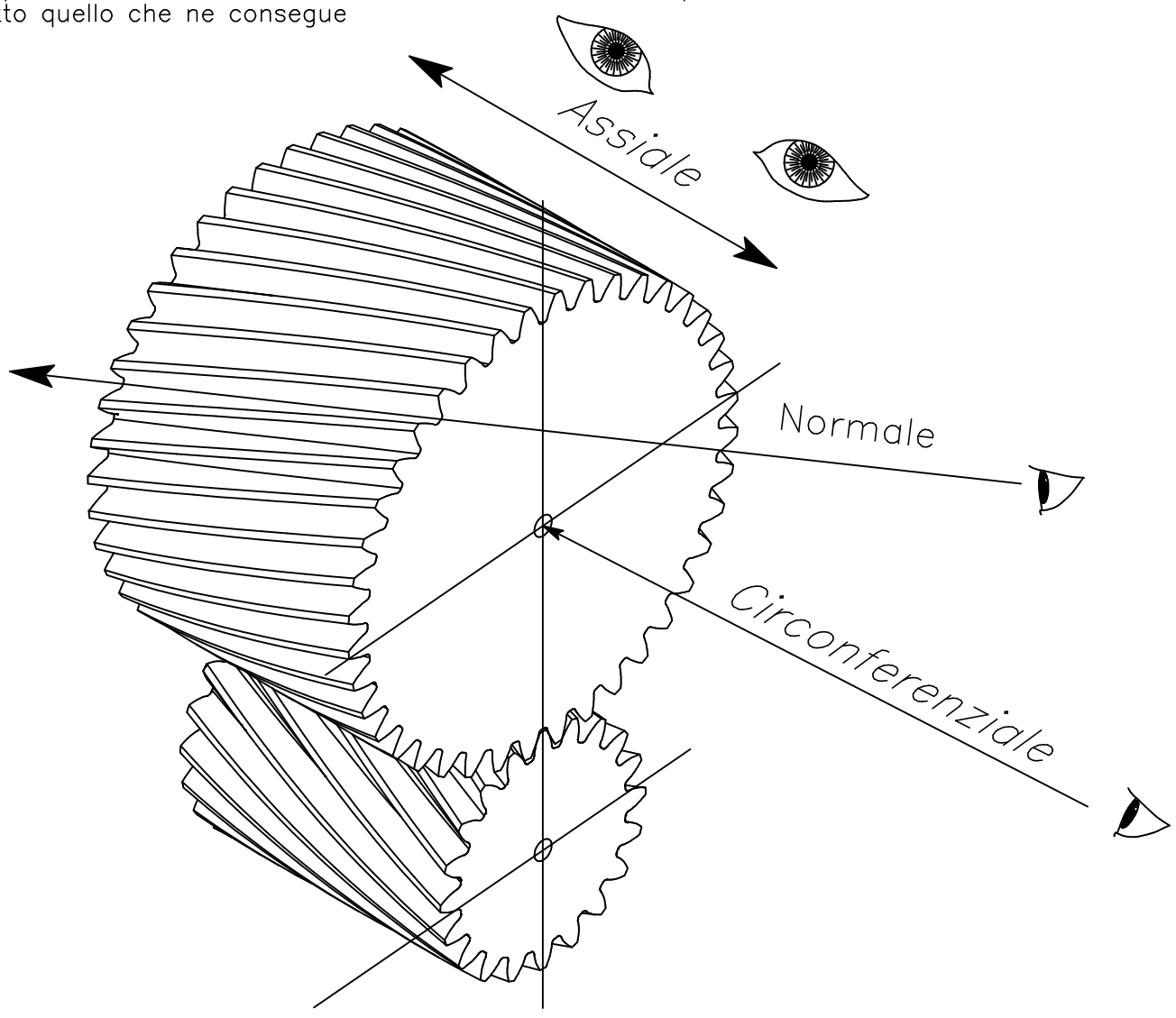
Va da sé che in una dentatura a denti diritti, non esistono più 2 aspetti : "circonferenziale" e "normale", ma solo un aspetto comunemente chiamato normale, ma in effetti é CIRCONFERENZIALE.

Come astrazione, bisognerebbe dire che esistono solo ingranaggi elicoidali e l'ingranaggio a denti diritti é una "ruota a denti elicoidali" con elica β infinitamente piccola = 0.

Infatti Il programma Gear−1, quando calcola prende in considerazione una ruota elicoidale.

Quando β=0; Cos β=1; Arcos β =0; Sin β=0; Arcsin (0)= 0; Tang(0)= 0;Arctan (0)= 0

La prima operazione da fare per gli ingranaggi elicoidali, che a sua volta da origine a tutti gli altri dati geometrici é la seguente:
Ad esempio:
mt= mn*/ cos β Quindi mt=mn/1 =mn
In pratica la formula dice che non esiste nessun mt, quinti nessuna elica e niente di tutto quello che ne consegue



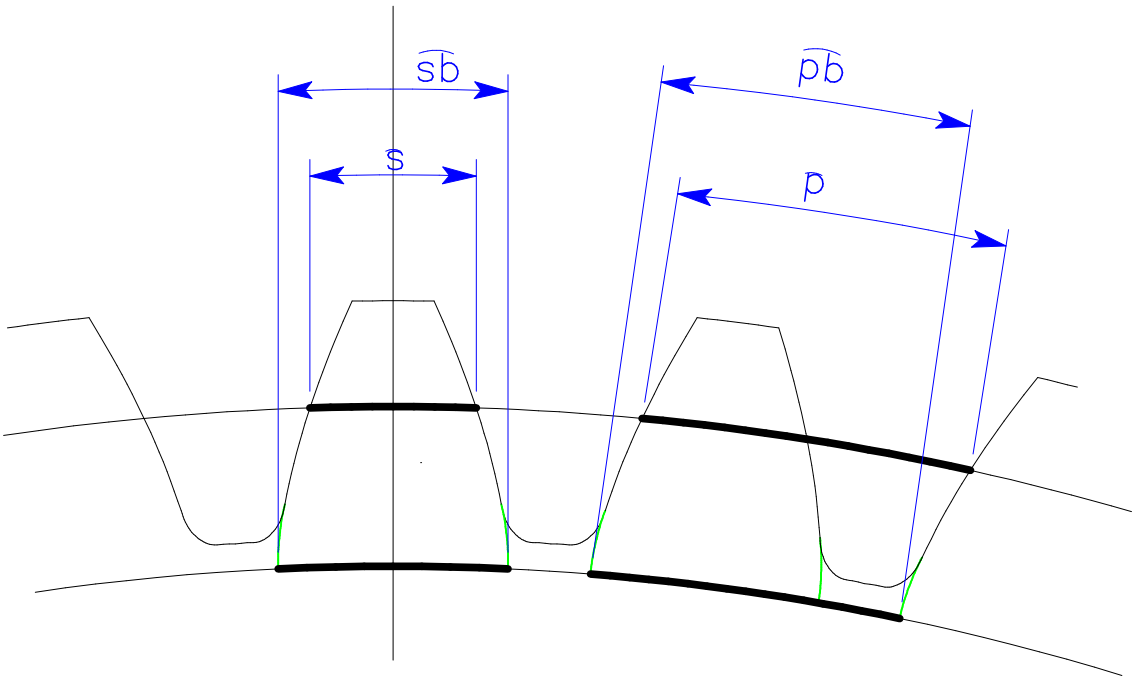
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

				Pertinenza del Valore
a	Interasse			circonf.e norm.
ao	Interasse effettivo, di montaggio			circonf.e norm.
i	Rapporto di trasmissione			circonf.e norm.
Z	Numero dei denti			circonf.e norm.
Zi	Numero dei denti immaginari			circonf.e norm.
Znx	Numero dei denti imm. calcolo dello spostamento dei profili			circonf.e norm.
ZnW	Numero dei denti imm. calcolo quota Wilahaber su più denti			normale
ZnM	Numero dei denti imm. calcolo misurazione con rulli			normale
mn	Modulo normale			normale
mb	Modulo di base		normale	
mt	Modulo frontale			circonferenziale
mx	Modulo assiale			assiale
mw	Modulo di funzionamento			circonferenziale
h	Altezza del dente			circonf.e norm.
ha	Addendum			circonf.e norm.
hf	Dedendum			circonf.e norm.
r	Raggio di raccordo del piede			normale
dp	Diametro primitivo	Rp	Raggio primitivo	circonferenziale
dw	Diametro di funzionamento	Rw	Raggio di funzionamento	circonferenziale
db	Diametro di base	Rb	Raggio di base	circonferenziale
de	Diametro esterno	Re	Raggio esterno	circonferenziale
di	Diametro interno	Ri	Raggio interno	circonferenziale
x	Coefficiente di spostamento della dentatura (correzione)			circonf.e norm
Xm	Correzione sul raggio in mm = x*mn			circonf.e norm
pn	Passo normale			normale
pt	Passo frontale			circonferenziale
px	Passo assiale			assiale
pb	Passo base (sul cilindro di base)			circonferenziale
p_b	Passo assiale dell'elica			assiale
$_b$	Angolo dell'elica sul diametro primitivo			assiale
$_b$b	Angolo dell'elica sul diametro di base			assiale
$_a$	Angolo pressione normale			normale
$_a$t	Angolo pressione frontale			circonferenziale
$_a$W	Angolo pressione di funzionamento			circonferenziale

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

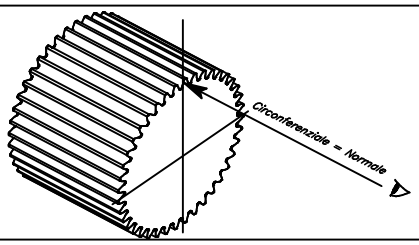
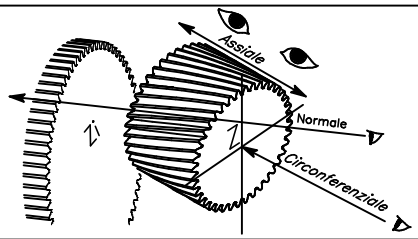
		Pertinenza del Valore
sn	Spessore normale dente	normale
en	Spessore normale vano	normale
St	Spessore trasversale frontale dente (denti elicoidali)	circonferenziale
Sv	Spessore frontale vano	circonferenziale
Sb	Spessore base frontale	circonferenziale
Sbt	Spessore base frontale sul diametro di base	circonferenziale
K	N° denti in misurazione	circonf. e normale
W	Misura Wildhaber	normale
DM	Diametro del rullo o sfera	circonf. e normale
dk	Diam. del cerchio passante per il centro della sfera	circonferenziale
Mdk	Quota rulli	circonferenziale

NB.
Per spessori o passi si intende sempre la lunghezza dell'arco, non lo spessore inteso come corda (lineare)

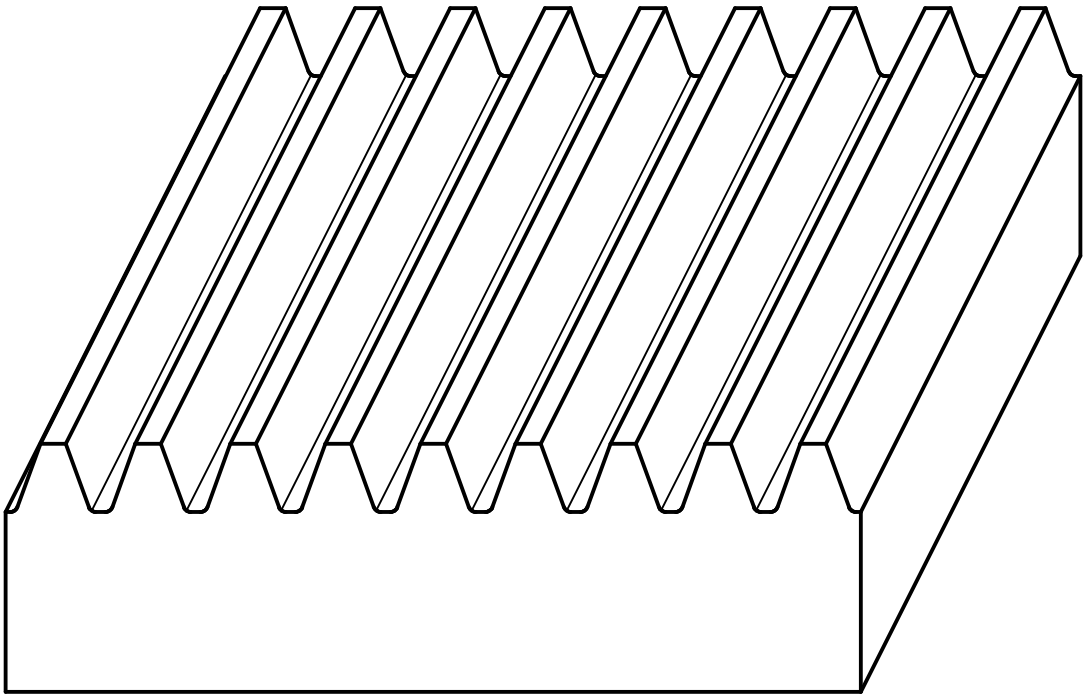


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

SIMBOLOGIA NOMENCLATURA

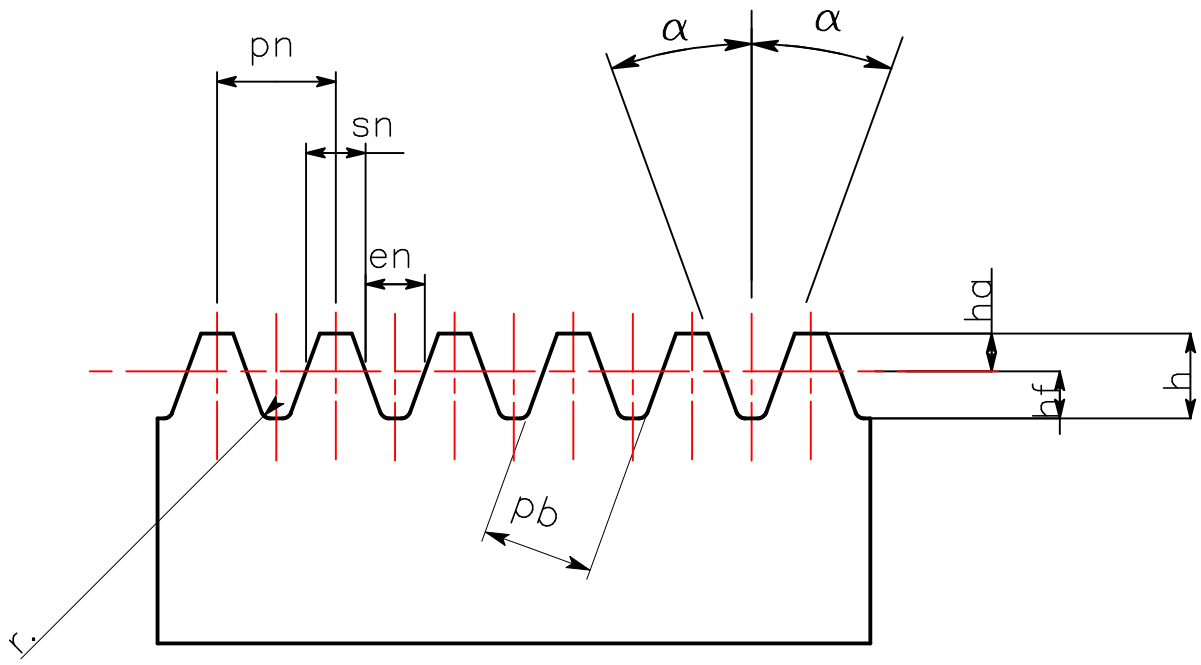
	Denti diritti	Denti elicoidali
		
	Piano frontale (circonferenziale)	Piano frontale (circonferenziale)
Angolo β sul dp	$\beta=0$	$\beta>0$ Modulo
mn	$mt= mn/\cos\beta$	
Correzione(spost. profilo)	Xm	Xm
Coefficiente correzione	$X=Xm/mn$	$X=Xm/mn$
Numero denti	Z	Z
Numero denti immaginari		$Zi=Z/\cos\uparrow 3\ \beta$
Angolo pressione utensile	α	
Angolo pressione su dp	αn	$\alpha t =\text{Arctg}(\text{Tg}\ \alpha/\cos\beta)$
Diam primitivo	$dp= mn*Z$	$dp=mt*Z$
Diam. esterno	$de= mn*z+2*mn$	$de= mt*z+2*mn$
Diam base	$db = mn*Z*\cos\alpha$	$db = mt*Z*\cos\alpha t$
Diam. interno	$di= mn*z-2.5*mn$	$di= mt*z-2.5*mn$
Interasse normale	$a= (dp1+dp2)/2$	
Con correzioni in cui la somma Xm(1)+(Xm2) =0		
Diam. esterno	$de= mn*z+2*mn+2*xm$	$de= mt*z+2*m+2*xm$
Diam. interno	$di= mn*z-2.5*mn+2*xm$	$di= mt*z-2.5*mn+2*xm$
Per a gli altri casi vedere capitolo 06 Dentature corrette		
Addendum	$ha=1*Mn$	$ha=1*Mn$
Dedendum	$hf =1.25*mn$	$hf =1.25*mn$
Altezza del dente	$h = 2.25*mn$	$h = 2.25*mn$
Angolo elica sul diam di base		$\text{Tg}\ \beta b = \text{Tg}\ \beta*\cos\alpha t$ $\text{Sin}\ \beta b = \sin\beta*\cos\alpha n$ $\text{Cos}\ \beta b=(\text{Cos}\ \alpha/\cos\alpha t)*\cos\beta$ $\text{Cos}\ \beta b = \sin\alpha n/\sin\alpha t$
Passo normale	$pn=mn*\pi$	$pn=mn*\pi$
Passo trasversale	$pt=mt*\pi$	
Passo base	$pb=mn*\pi*\cos\alpha n$	$pet=mt*\pi*\cos\alpha t$
Passo assiale		$px= pn/\sin\beta$
Passo elica		$Pz= Z*mt*\pi/\text{Tg}\ \beta$
Spess.circ. dente	$S=(mn*\pi/2)+2Xm*\text{Tg}\ \alpha n$	$St= (mt*\pi/2)+2Xm*\text{Tg}\ \alpha t$
Spessore sul diam.base	$Sb=Rb*((S/Rp)+2\ \text{inv}\ \alpha n)$	$Sbt=Rb*((St/Rp)+2\ \text{inv}\ \alpha t)$
	$Sb=Db*((S/Dp)+\text{inv}\ \alpha n)$	$Sbt=Db*((St/Dp)+\text{inv}\ \alpha t)$
	$Sb=\text{Cos}\ \alpha*(S+m*Z*\text{inv}\ \alpha n)$	$Sbt=\text{Cos}\ \alpha t*(St+mt*Z*\text{inv}\ \alpha t)$
Diam di misura	dy	$dy = Db/\cos\alpha yt$
Angolo β su dy	$\beta=0$	$\text{tg}\ \beta =(dy/dp)*\text{tg}\ b$
Angolo incidenza su dy	$\cos\alpha y = dp/dy*\cos\alpha n$	$\cos\alpha yt = dp/dy*\cos\alpha t$
Passo py		
Spessore su dy	$Syn=dy*(Sn/dp+\text{inv}\ \alpha n-\text{inv}\ \alpha y)$	$Syt=dy*(St/dp+\text{inv}\ \alpha t-\text{inv}\ \alpha y)$
Spessore sul diam.base	$Sb=db*(Sy/dy)+\text{inv}\ \alpha y)$	$Sbt=db*(Sy/Dy)+\text{inv}\ \alpha ty)$

CAPITOLO 01
CREMAGLIERE



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Cremagliera standard (DIN 3960) Dentatura a denti diritti.

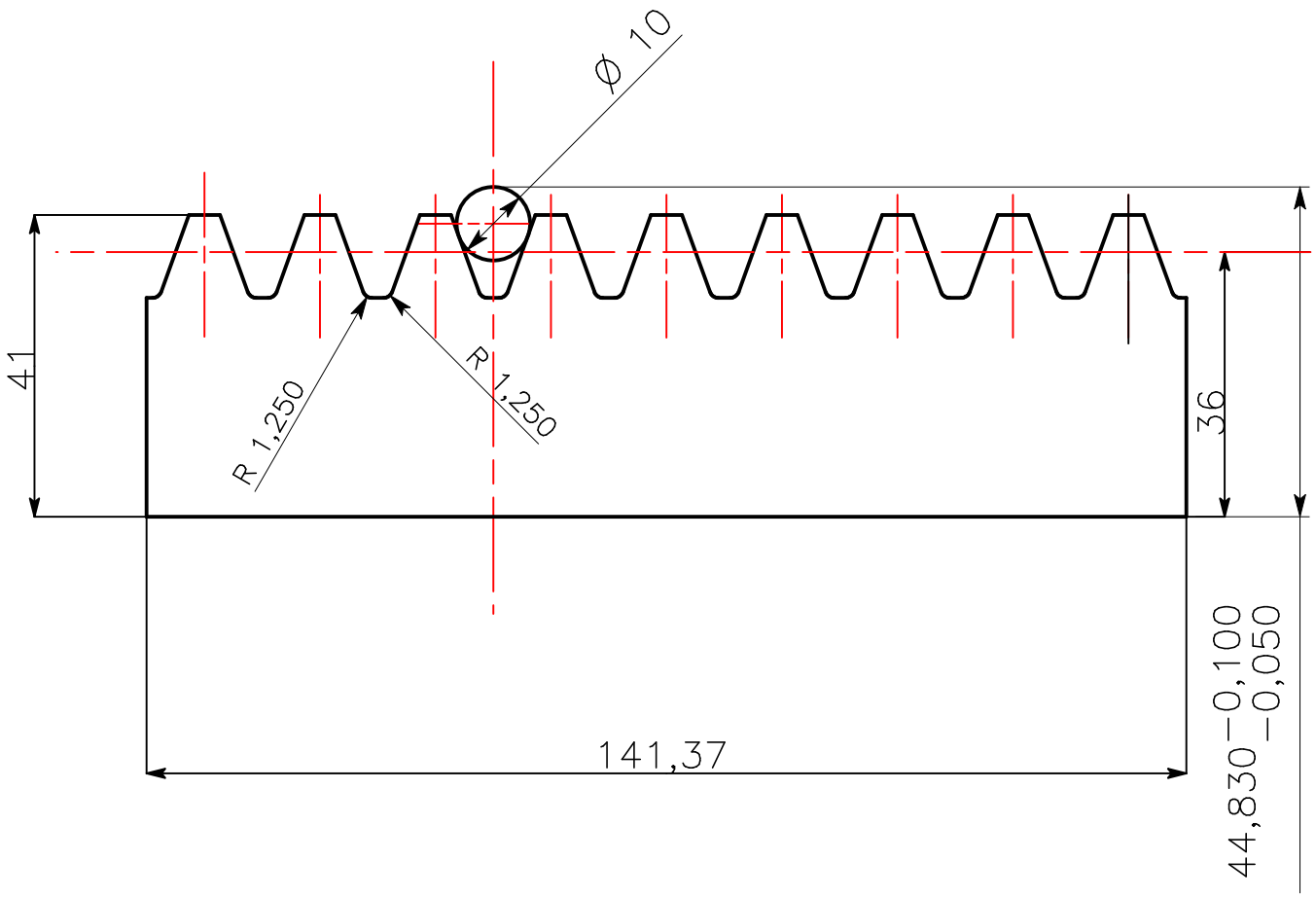


h	Altezza del dente	= 2.25 * mn
ha	Addendum	= 1 * mn
hf	Dedendum	= 1.25 * mn
pn	Passo normale	= mn * π
pb	Passo base	= pn*cos α
mb	Modulo base	= mn *cos α
sn	Spessore dente	= pn/2
en	Spessore vano	= pn−sn
r	Raggio di piede	= 0.25 * mn

α Angolo di pressione. Angoli unificati:14.5−15−20−22.5

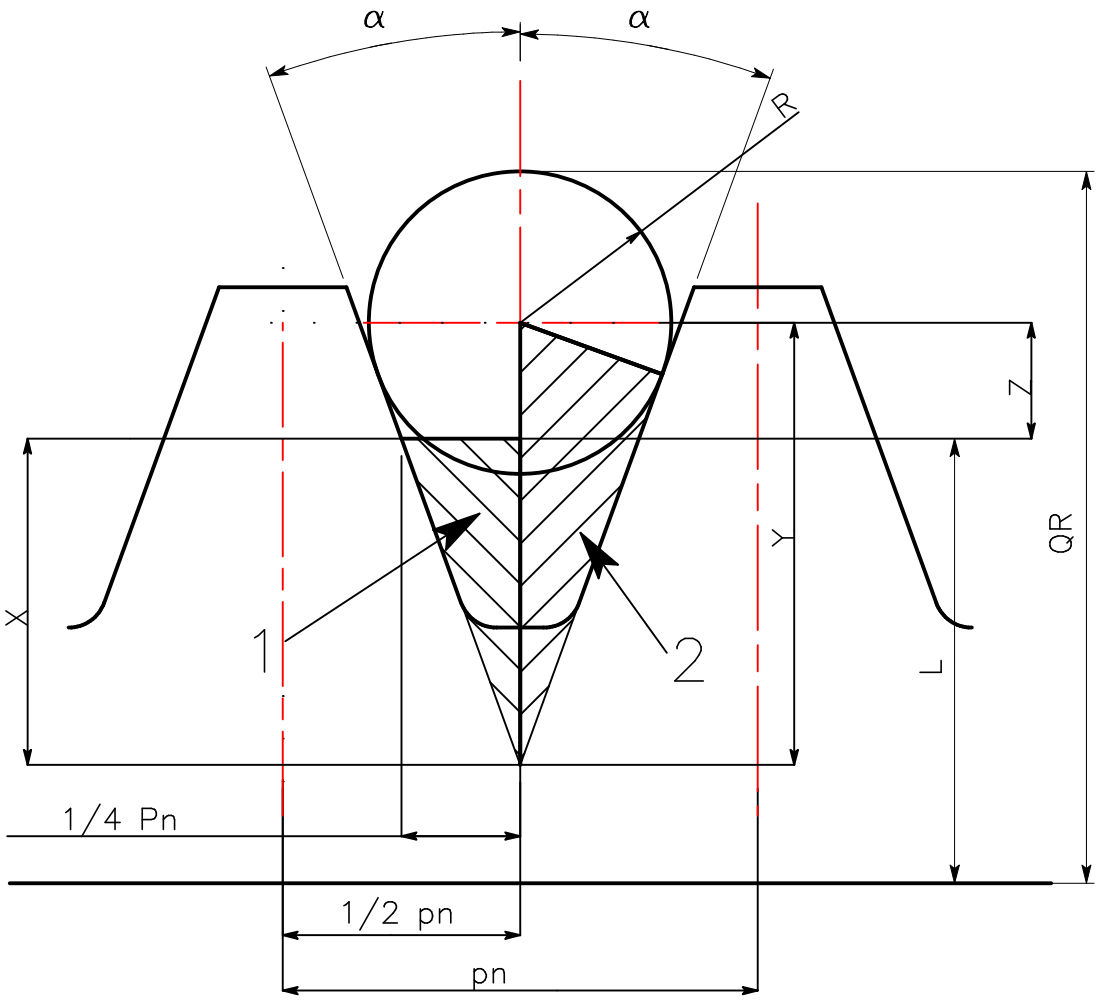
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esempio di quotatura della cremagliera sul disegno.



Modulo normale	5
Angolo pressione	20°
Passo normale	15.708
Addendum	5
Dedendum	6.25
Altezza totale dente	11.25
Finitura denti	1,6

Calcolo della quota rulli di controllo su una cremagliera.



I due triangoli hanno il vertice in comune due triangoli

Triangolo1: $X = \dfrac{mn * \pi}{4 * Tg\ \alpha}$

Triangolo2: $Y = R / Sin\ \alpha$

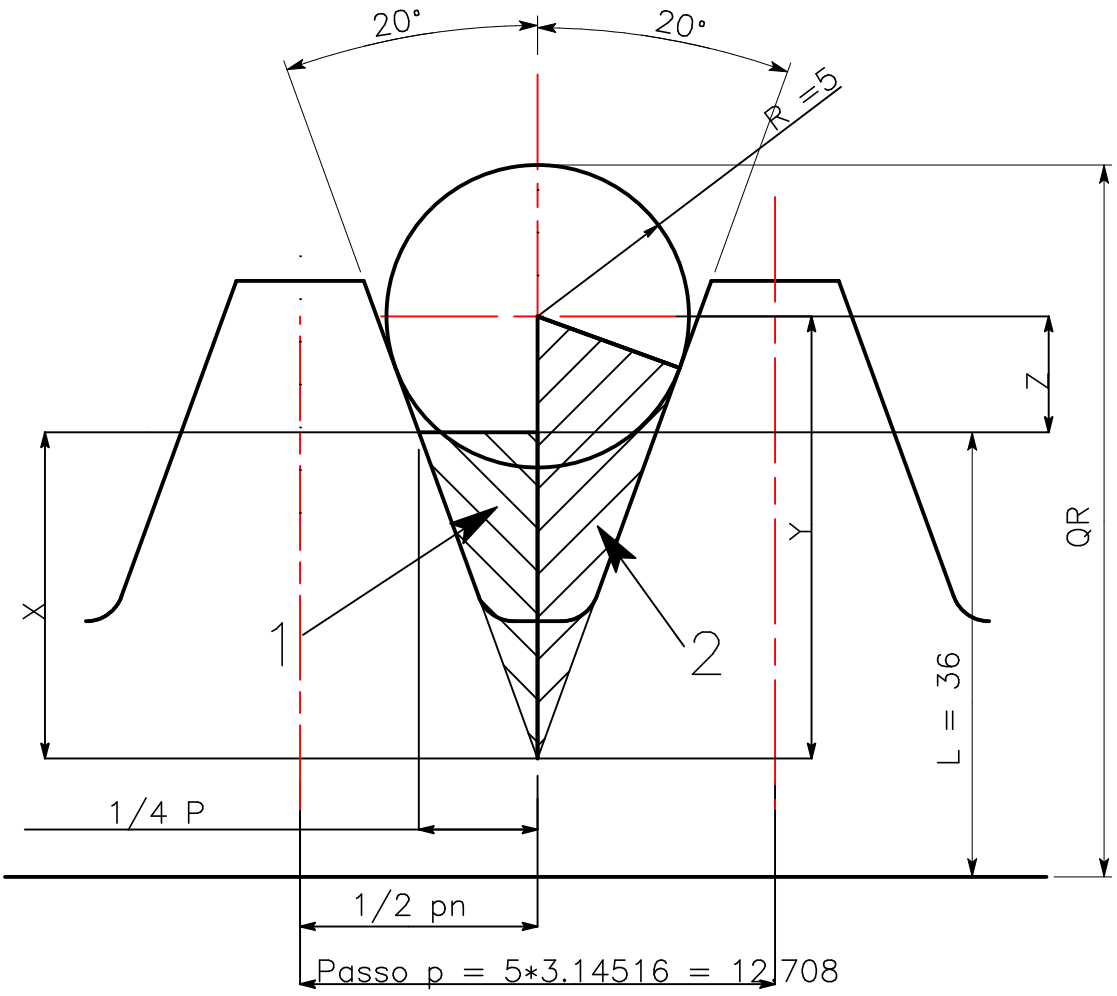
$Z = Y - X$

$QR = L + Z + R$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esempio:
Con gli angoli di pressione 15 e 20, moltiplicare i coefficienti sotto * mn

α = 15°: Ø rullo min 1 – teorico 1.6 – max 2.2
α = 20°: Ø rullo min 0.7 – teorico 1.6 – max 2.44
Controllare in ogni caso che il rullo non tocchi al fondo e che la tangenza superiore sia sporgente alla cresta dei denti.



Dall'esempio precedente: (Rullo Ø 10)

Triangolo1 : X = 5 *3.14516/4/Tg 20° = 10.7893

Triangolo2 : Y= 5 /sin 20° = 14.6190

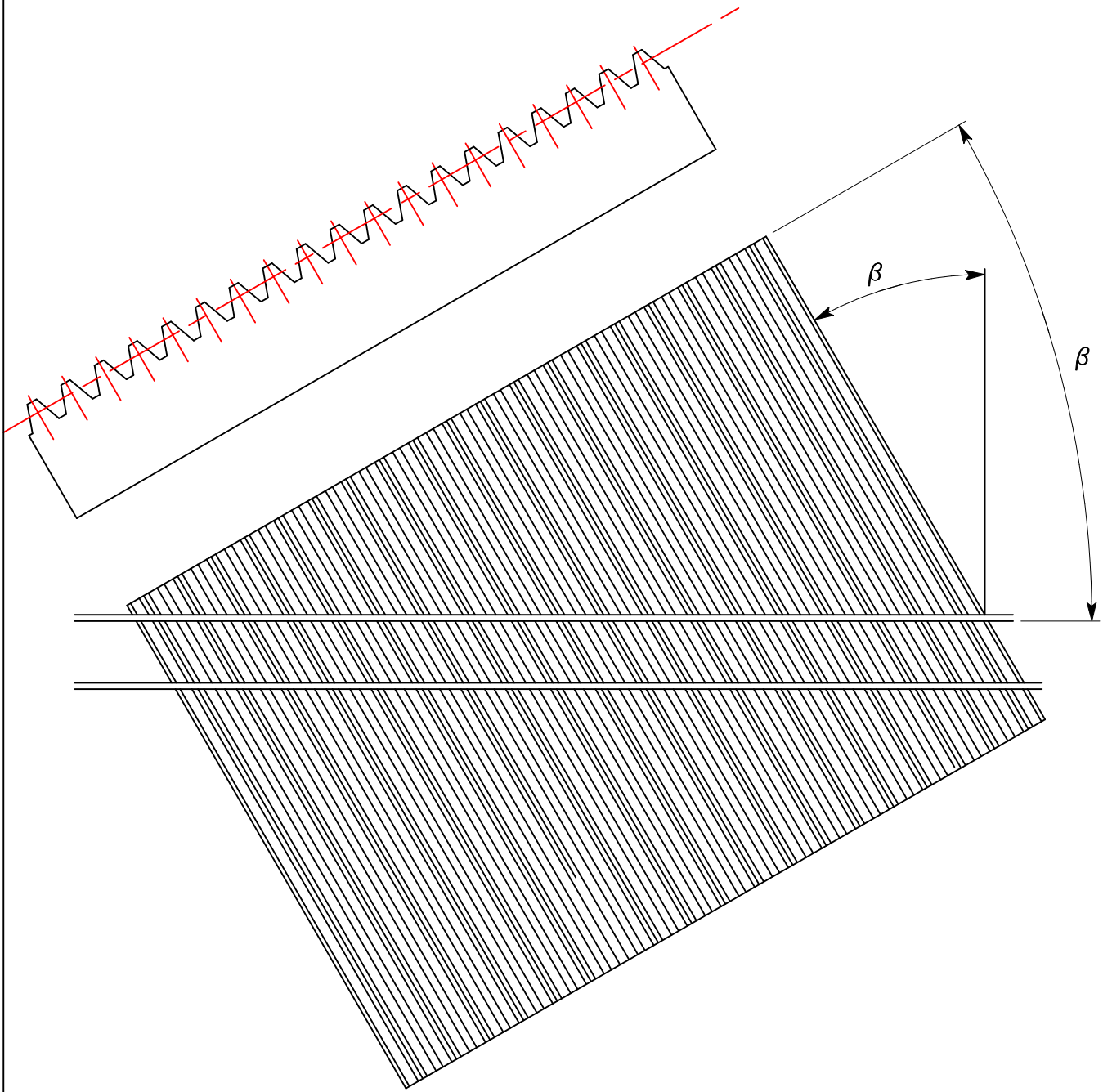
Z = 14.6190–10.7893 = 3.8297

Quota rulli = 36 + 3.8297+5 = 44.8297

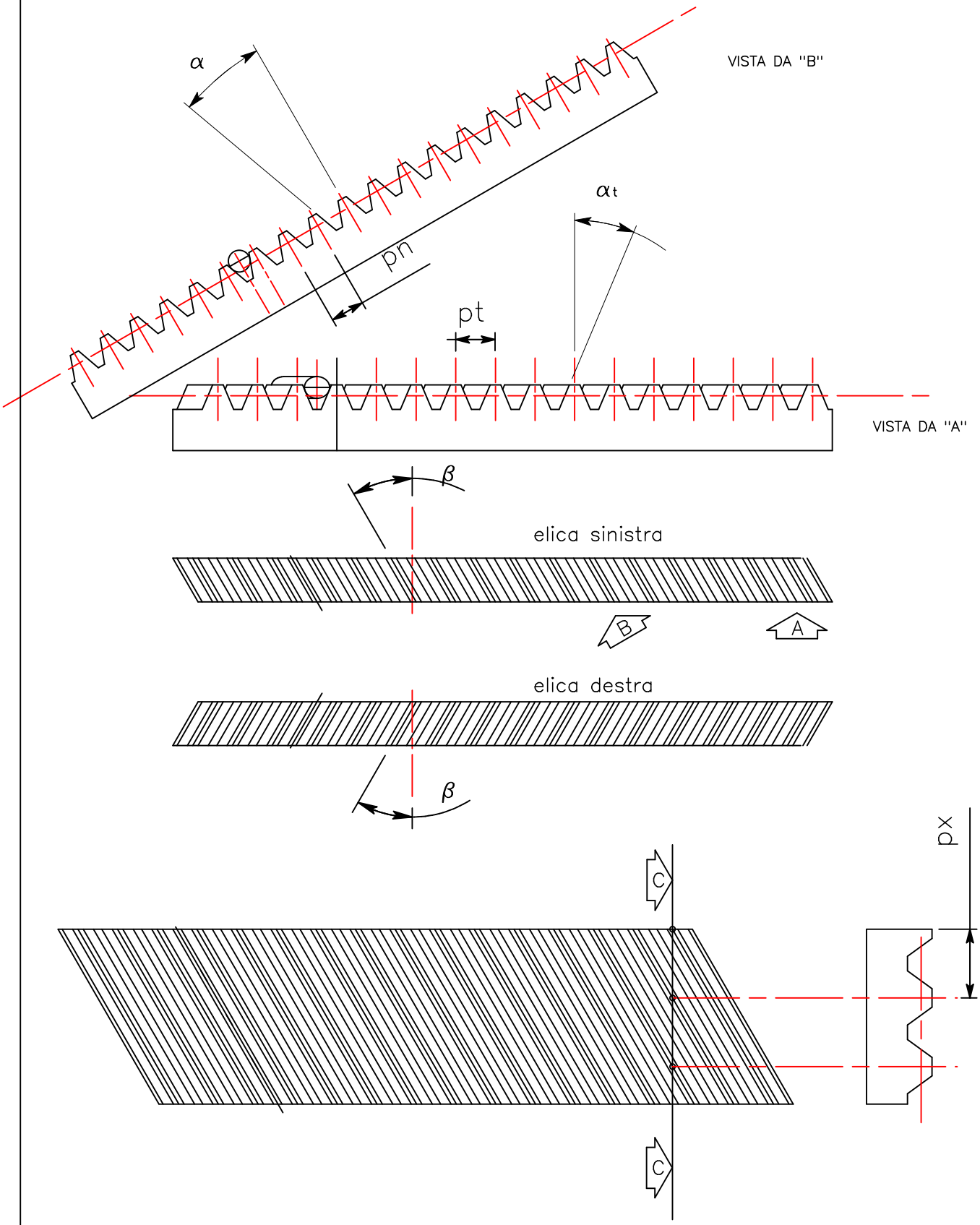
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CREMAGLIERA ELICOIDALE
LA DENTATURA DI RIFERIMENTO E' SEMPRE RIFERITA ALLA SEZIONE NORMALE COME PER I DENTI DIRITTI

Sarebbe come tagliare una cremagliera a denti diritti con un taglio inclinato e utilizzarne un pezzo.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

h	Altezza del dente	$= 2.25 * mn$
ha	Addendum	$= 1 * mn$
hf	Dedendum	$= 1.25 * mn$
pn	Passo normale	$= mn * \pi$
sn	Spessore dente	$= pn/2$
en	Spessore vano	$= pn - sn$
mt	Modulo frontale	$= mn / \cos \beta$
mx	Modulo assiale	$= mn / \sin \beta$
pt	Passo frontale	$= mt * \pi$
px	Passo assiale	$= mx * \pi$
st	Spessore fr. dente	$= pt/2$
et	Spessore fr. vano	$= pt - st$

$$\alpha t = \text{arctang} \left(\frac{\text{Tg } \alpha}{\text{Cos } \beta} \right)$$

r	Raggio di piede	$= 0.25 * mn$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Cremagliere a passo intero

$$mt = \text{modulo circonferenziale} = \frac{mn}{\cos \beta}$$

$$\beta = \arccos \frac{pn}{pt}$$

Ad esempio se vogliamo una cremagliera a passo circonferenziale pt intero per il comando di un asse (tipo portale) pt=10 mm
Potremmo utilizzare una dentatura con
mn =3
pn = 9.4248

$$\beta = \arccos \frac{9.4248}{10} = 19.5281 = 19°31'41''$$

Trasformazione da gradi decimali a gradi sessagesimali:
Esempio: 19,5281°
primi (') = 0.5281 x 60 = 31',6847
secondi ('') = 0.6847 x 60 = 41'',0799
quindi il risultato è 19°31'41''

$$\alpha t = \text{arctang} \left(\frac{Tg\ \alpha}{Cos\ \beta} \right)$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Perchè i costrutori di cremagliere standard per portali eseguono una dentatura inclinata di un angolo strano, (non intero)?

Il motivo è quello di ottenere un moto lineare intero per ogni giro del motore, in modo tale che l'encoder del motore sia in grado di conteggiare più facilmente le frazioni di giro.

Situazioni che si presentano:
Pignone – cremagliera a denti diritti
Scegliendo tra i moduli unificati standard

1–1.25–1.5–1.75–2–2.25–2.5–2.75–3–3.5–4–4.5–5–5.5–6–7–8–9–10 etc.

avremo un passo circonferenziale della cremagliera non intero

m 1 = 3.14
m 1.25 =3.92
m 1.5 = 4.71
m 2 = 6.28

se ad esempio abbiamo un pignone di Z 20 denti (ma con altri Z non cambia la situazione) avremo che per un giro del pignone si ha una traslazione lineare di :

20* 3.14 =62.83
20*3.92 = 78.4
20* 4.71 = 94.20
20*6.281 = 25.6

L'encoder del motore conta i giri e le frazioni intere di giro
Ne consegue che nella realtà su lunghezze di 4000 mm potrebbe accumulare un errore dovuto all'arrotondamento del passo cremagliera; inoltre il part program diventa difficoltoso.

Ad esempio, se l'arrotondamento del passo é di 0.05 mm , essendo che su una lunghezza di 4000 mm e un modulo 2 ci sono circa 4000/ 25.6 = 156 passi circa, l'errore totale sarebbe di 0.05*156 =3.12 mm !!!

La stessa cosa succede se la cremagliera è elicoidale con una inclinazione di 10°–15°–20°–30° etc

Ci sarebbe comunque un passo assiale della cremagliera non intero ma arrotondato.

Per ottenere un passo intero si deve'' giocare'' con l'angolo dell'elica.
Ad esempio per mn=2 abbiamo un passo di 6.28 mm
Se si volesse ottenere un passo di 7.000 mm si potrebbe fare un elica con:

$$\beta = \text{Arcos}\ \frac{6.28}{7} = 26°.1559$$

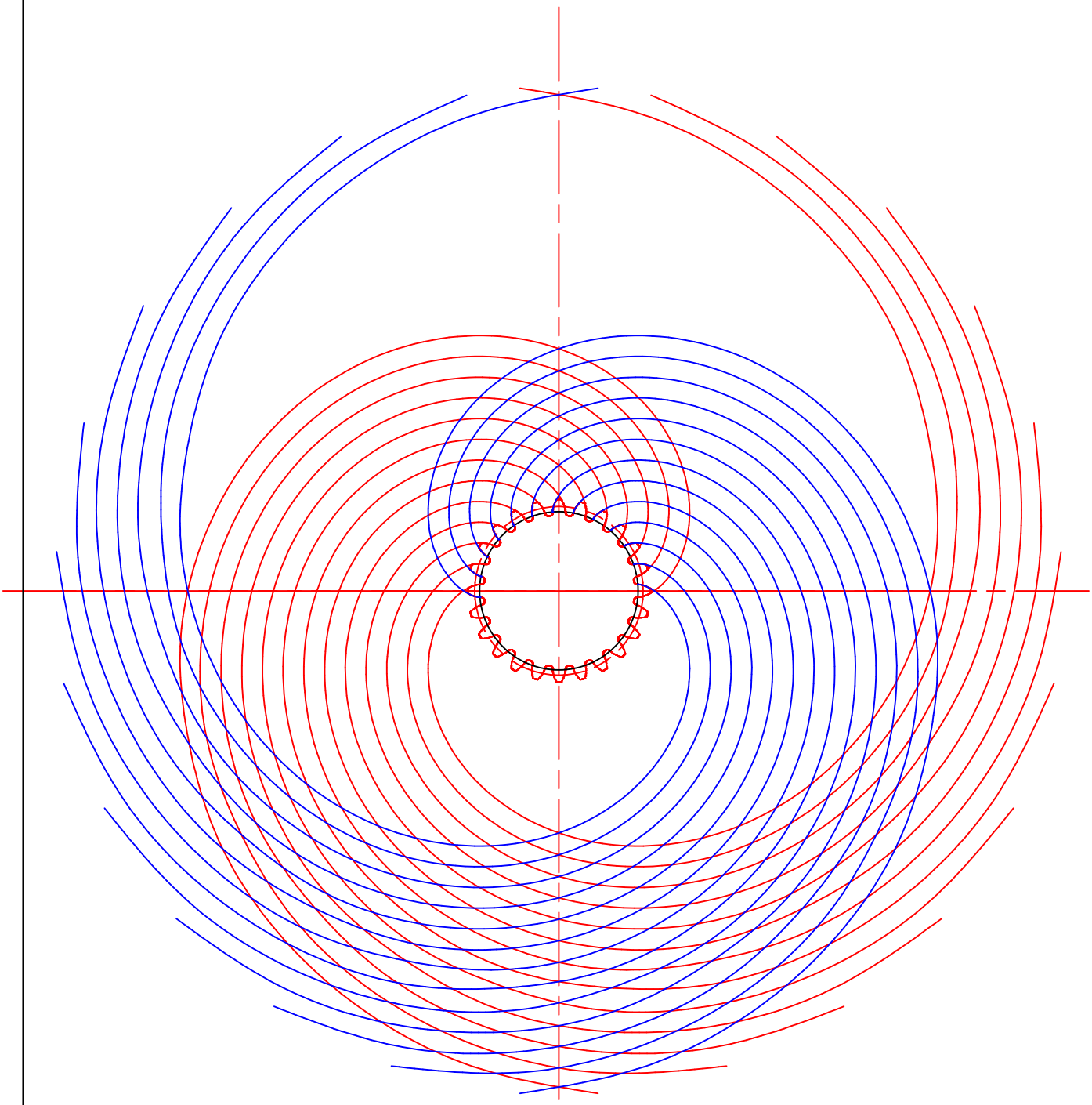
Oppure un pt di 8.000 mm

$$\beta = \text{Arcos}\ \frac{6.28}{8} = 38°.2425$$

Le cremagliere in commercio sono tutte elica destra, e l'angolo β è uguale a: 19°31'42''

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

EVOLVENTE DI CERCHIO E RUOTE DENTATE



Nei calcoli che seguono, a titolo di esempio ci riferiamo a volte ad una ruta dentata con le seguenti caratteristiche:

INPUT		
Modulo normale	mn	5
N° denti	Z	20
Algolo di pressione	α	20°
OUTPUT		
Modulo normale base	mb	4.6988
Diametro primitivo	dp	100
Diametro di base	db	93.9692
Diametro esterno	de	110
Diametro interno	di	87.5
Diam. est.con dente a punta	D	115.3834
Diam. inizio evolvente utile	Du	94.0016
Raggio raccordo	r	1.25
Addendum	ha	5
Dedendum	hf	6.25
Spessore circ. sul diam. di base	Scb	8.7808
Spessore circ. sul diam. prim.	Sc	7.854
Spessore cordale sul diam. prim	S	7.5458
Altezza di misura sulla corda	a1	5.154
Spessore circ. sul diam. est	Sce	3.4744
N° denti in misurazione	K	3
Misura Wildhaber	W	38.3022
Diametrro rullo	DM	8
Quot a rulli	Md	109.7077

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La base per calcolare gli ingranaggi e l'evolvente di cerchio è il radiante.

Il radiante è l'angolo formato da un arco che sia = raggio
a–b =arco = r
Quindi su una circonferenza ci sono: $2*\pi = 6.2832$ rad

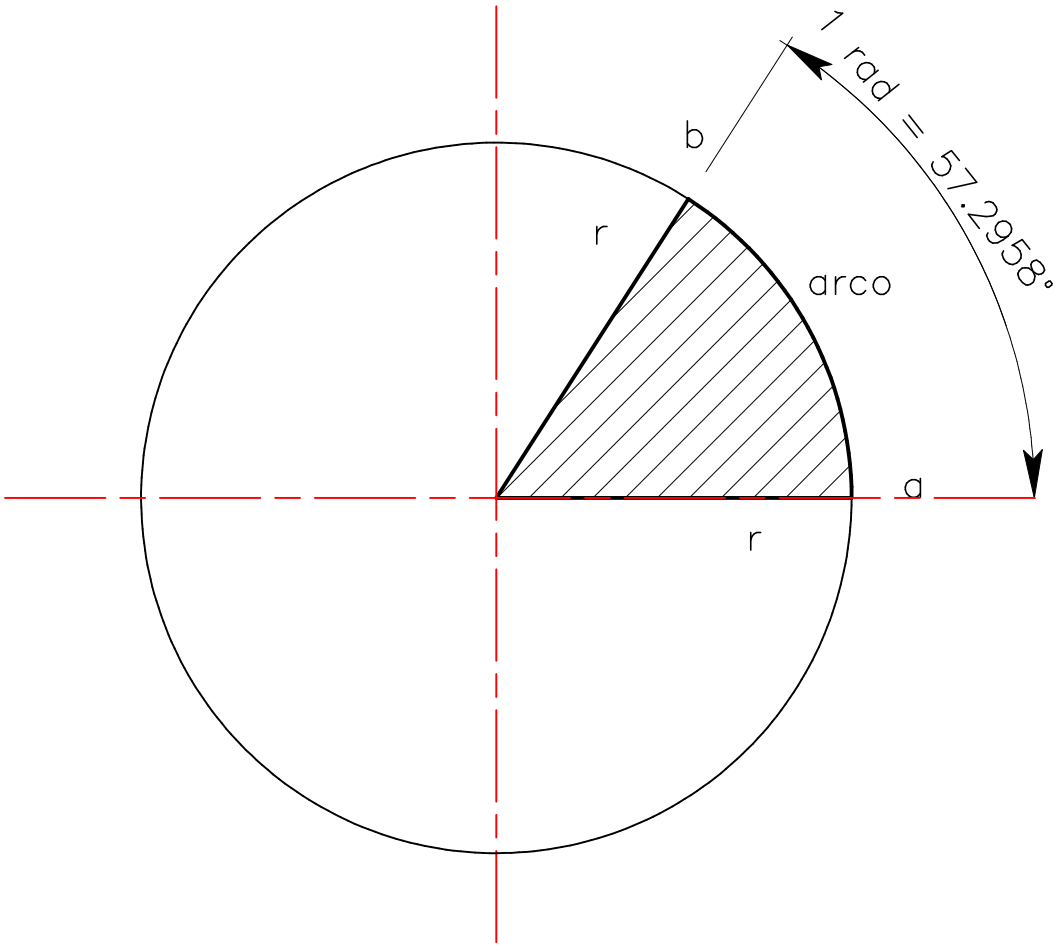
Ponendo r =1 arco sarà = 1

$$\text{L'angolo in gradi è} = \frac{\text{arco} * 360°}{1*2*\pi}$$

$$= \frac{180°}{\pi} = 57.2958°$$

Rad = Deg *180/π

Deg = rad*π /180



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Usare i radianti è molto conveniente nei calcoli, perchè se conosco l'arco e il raggio posso calcolare facilmente l'angolo

β (rad) = arco/r

Se conosco r e l'angolo in rad. posso calcolare l'arco

Arco= β(rad) * r

Se conosco l'arco e l'angolo posso calcolare il raggio

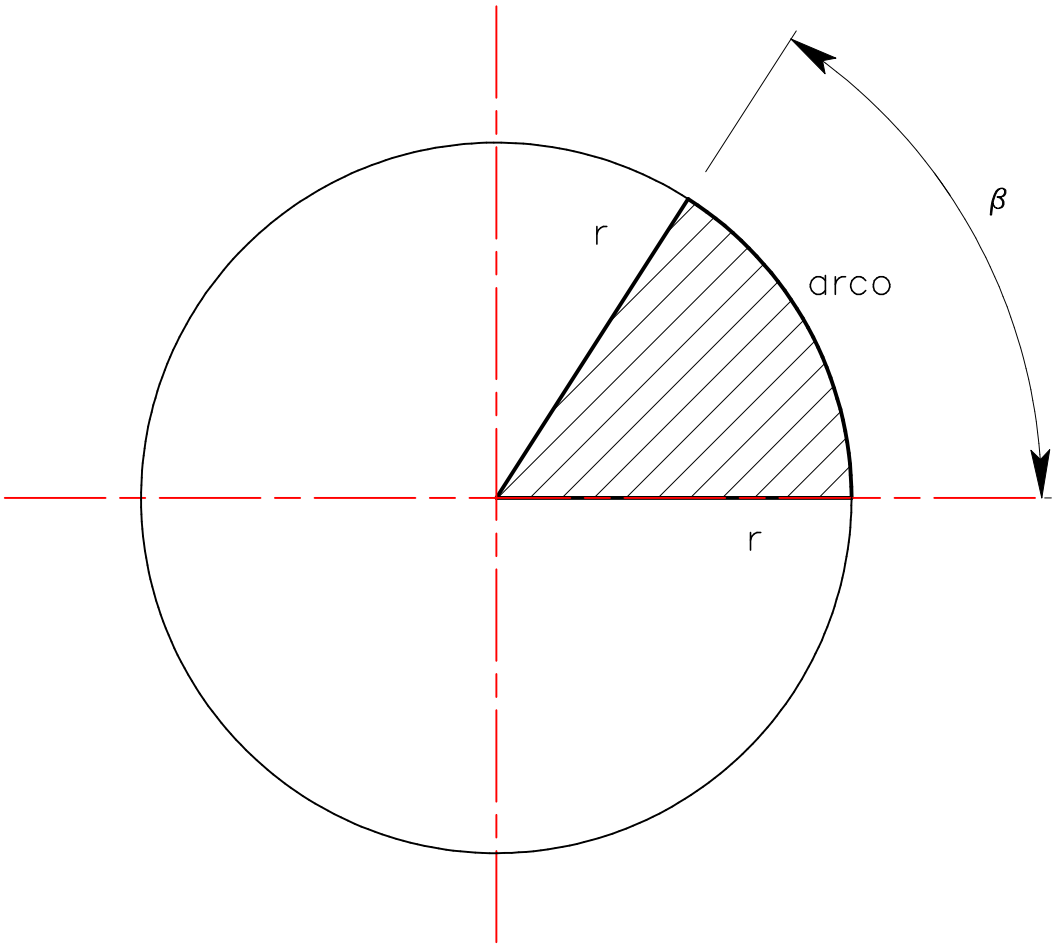
r= arco/β(rad)

Es r= 46.985 arco = 30

β (rad)= 30/46.985 = 0.6385 rad = 36.5834°

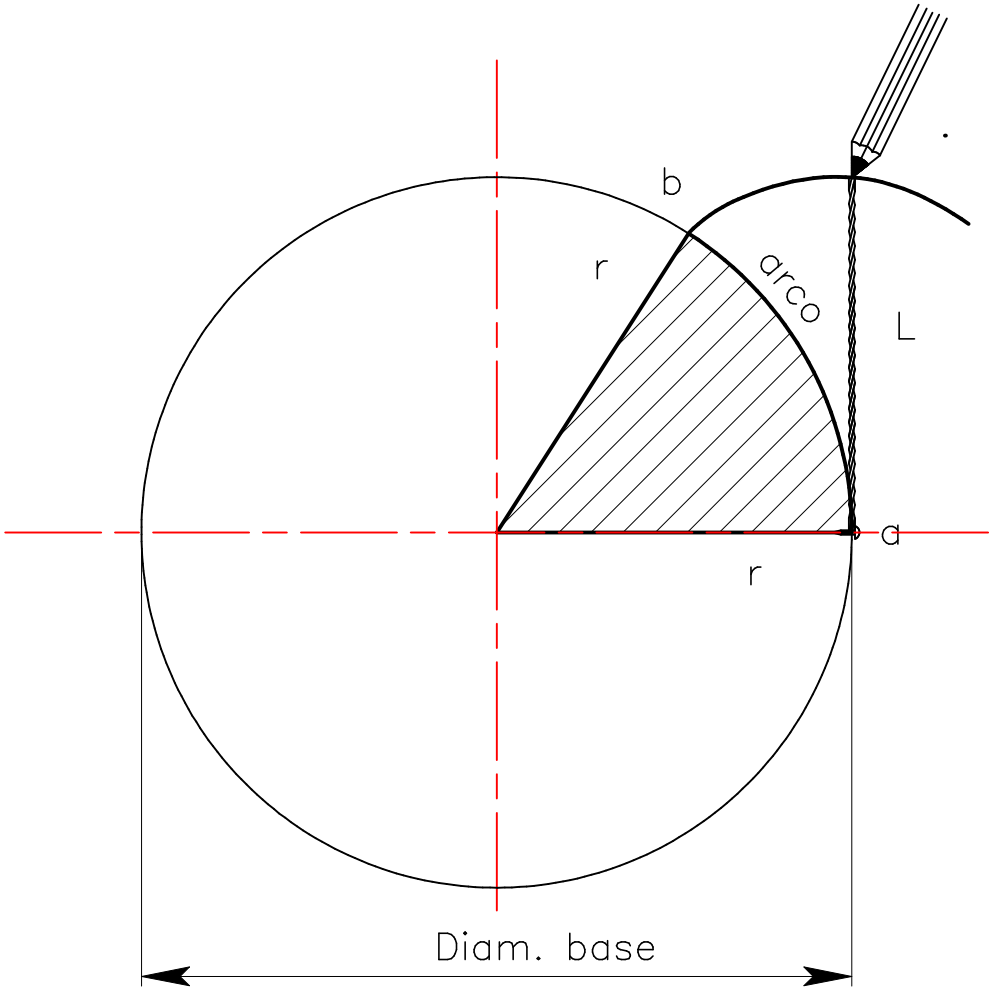
Arco= 0.6385 rad*46.985 =30

r= 30/0.6385 rad= 46.985



Una cordicella fissata sul punto a che si svolge o avvolge sul cerchio, genera una curva chiamata "evolvente di cerchio"
La lunghezza L della cordicella è = alla lunghezza dell'arco

ab=L



Su una ruota dentata c'è una grandezza che non CAMBIA MAI
Si chiama diametro di base o cerchio di base o cerchio di costruzione, che corrisponde al cerchio su cui è fissata la cordicella ipotetica.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

L'equazione unitaria é:

$$X = \cos T° + T\,(rad) * \sin T°$$
$$Y = \sin T° - T\,(rad) * \cos T°$$

Poniamo ψ al posto di T

$$X = rb * (\cos \psi + \psi(rad) * \sin \psi)$$
$$Y = rb * (\sin \psi - \psi(rad) * \cos \psi)$$
$$X = 46.985 * (\cos 80 + (80 * \pi/180 * \sin 80)$$
$$X = 46.985 * (0.1736 + 1.3963 * 0.9848) = 72.7634$$
$$Y = 46.985 * (0.9848 - 1.3963 * 0.1736) = -34.88$$

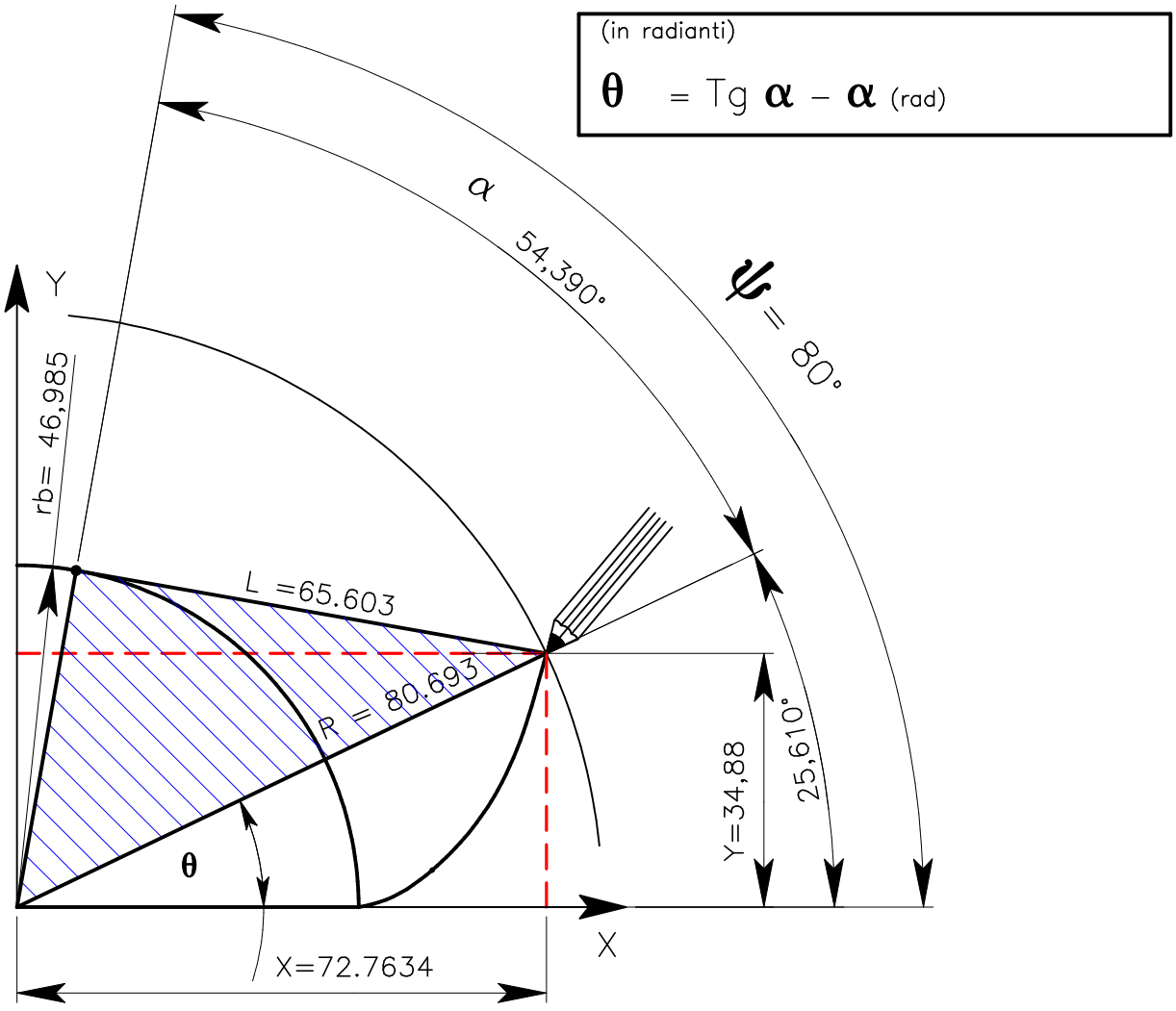
Per conseguenza abbiamo:

L= all'arco sotto contenuto L= 46.985 * 80*3.1415/180 = 65.603
R= SQR (46.985↑2+65.603↑2) = 80.693
α= arcos(r/rb)= arcos (46.985/80.693) = 54.39°

$$\theta = \psi - \alpha = 80 - 54.39 = 25.610$$

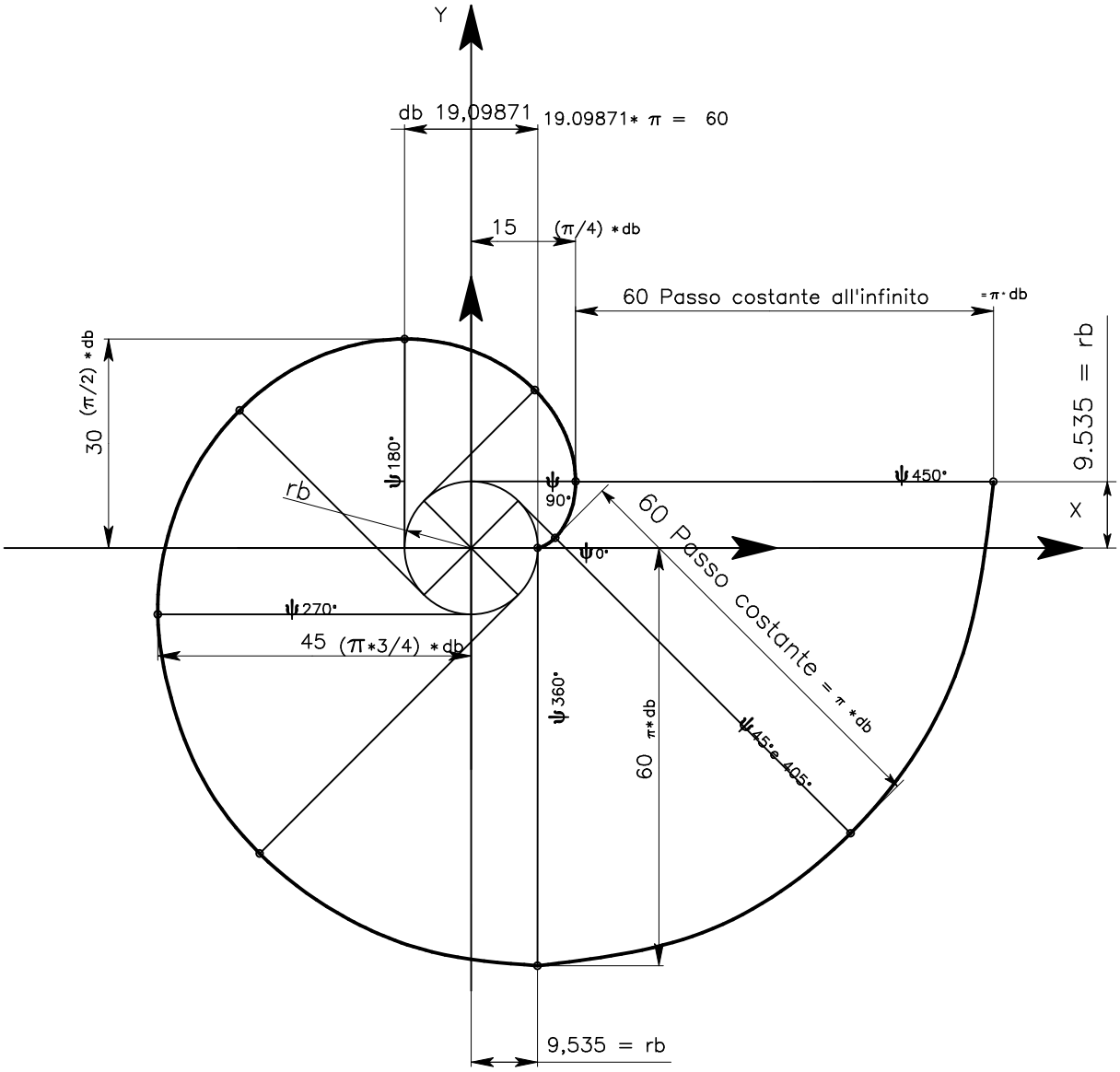
Equivalenza:

Essendo la lunghezza L = all'arco ψ ; ed essendo L = alla tangente del triangolo tratteggiato: $\theta = \psi - \alpha$



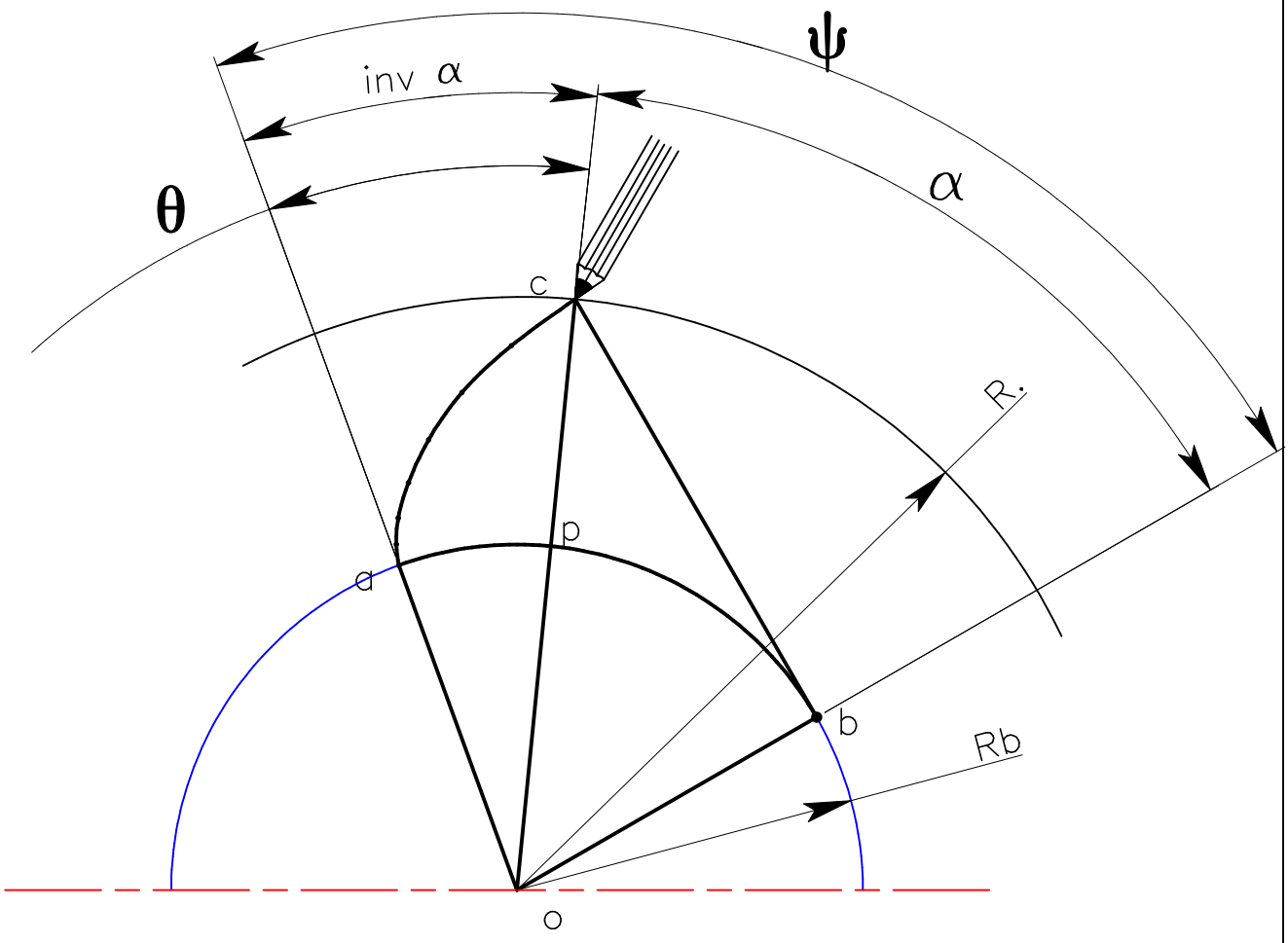
Andamento dell'evolvente sul piano Cartesiano.

$$X = rb * (\cos \psi + \psi(rad) * \sin \psi)$$
$$Y = rb * (\sin \psi - \psi(rad) * \cos \psi)$$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

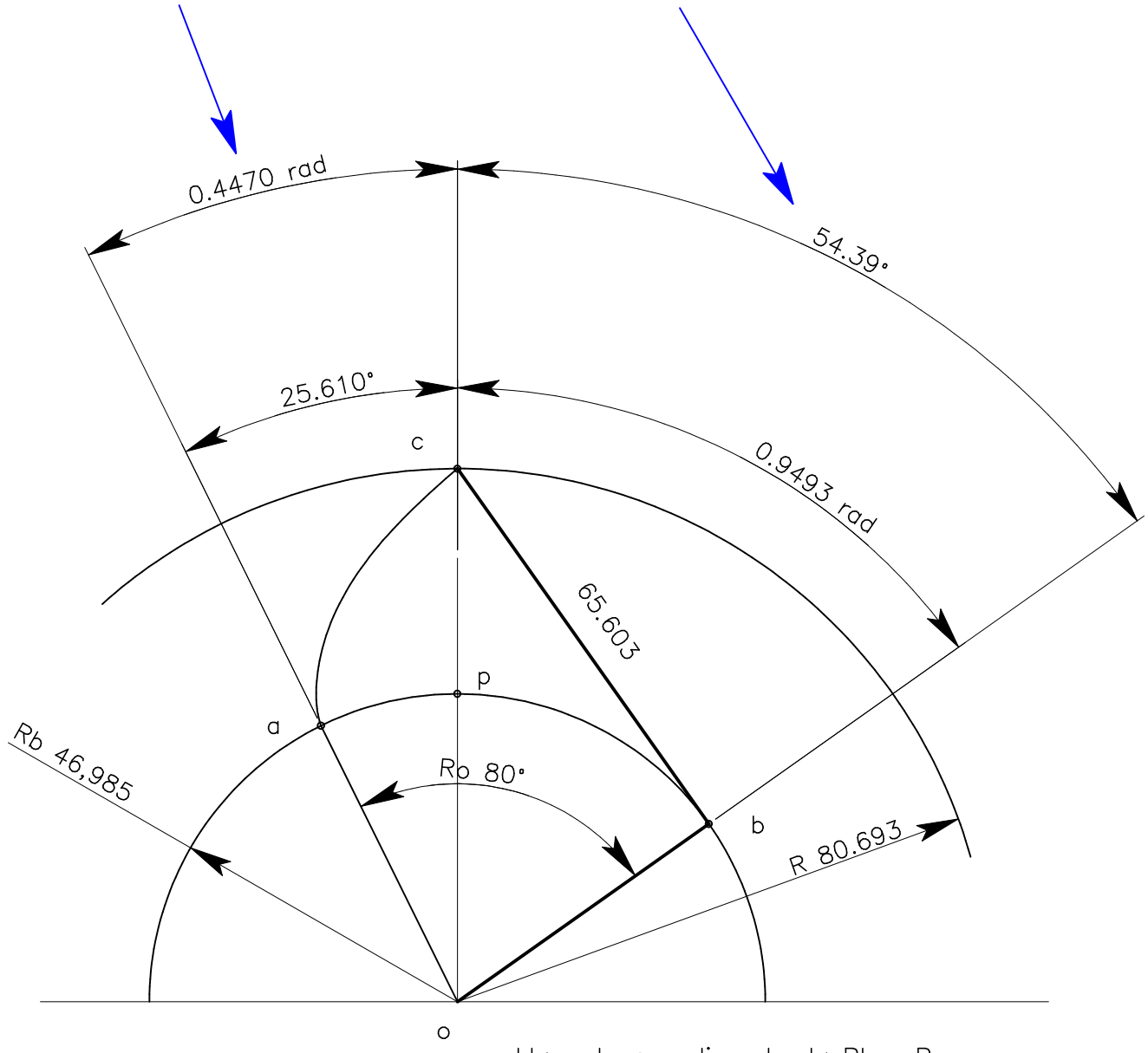
Abbiamo visto nella pagina precendente che è possibile maneggiare le coordinate cartesiane dell'evolvente.
Ma noi, negli ingranaggi (che sono dei cerchi), abbiamo a che fare con angoli.
Pertanto ci conviene usare le coordinate polari, usando una scorciatoia che non ci obbliga a passare dalle coordinate cartesiane.



α = gradi °
o–b = raggio base Rb
o–c = Rb/cos α
b–c = Rb*Tg. α
b–a = b–c =tang α (= rad.)
a–c = Rb/2 *Tg↑2 α
ψ = Rb*Tg.α/Rb = tang α (rad)
Inv α(θ) = Tang α°–α rad (rad)

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

θfunz α= angolo θ in rad. dovuto all'angolo α in gradi



L'angolo α dipende da Rb e R

Nell'esempio illustrato

Rb=46.985
R=80

α= arcos 46.985/80= 54.39°=0.9493 rad

θ =Tg.54.723°−(0.9551) =1.4136−0.9551=0.4585 rad =26.2701°
cb = 46.985*1.4136= 66.4158

1) ψ = 0.9493+0.44470 = 1.3963 rad = 80°

2) ψ = Tg 54.39° = 1.3963 rad = 80°

3) ψ = 65.603/46.985 = 1.3963 rad = 80°

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

inv α = tg $\alpha°$ − α rad (= rad.)

Essendo una equazione con un termine TRASCENDENTE non si può calcolare l'inverso.

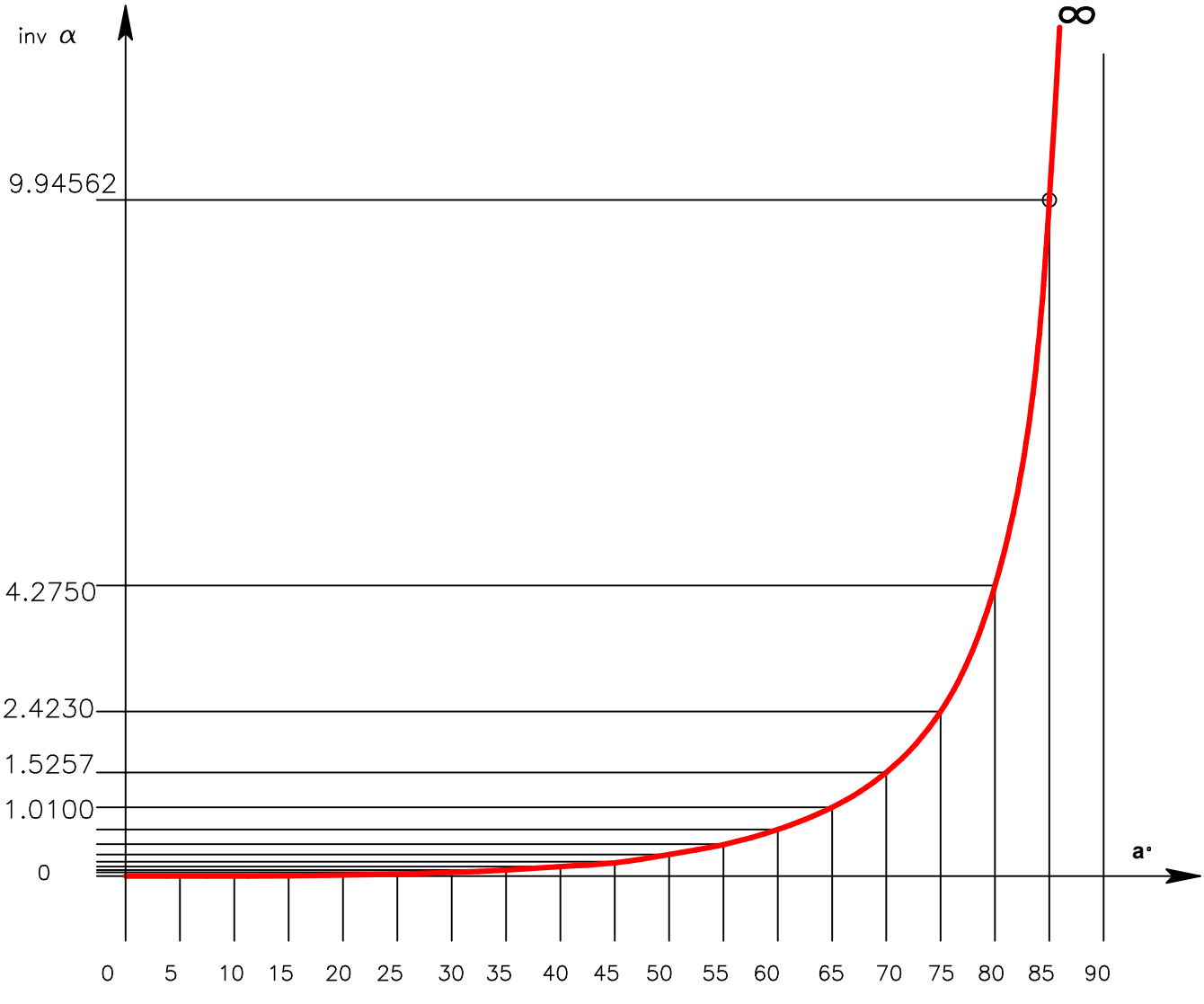
Posso calcolare inv α
Es α = 45° inv α = 0.2146.1837

ma non si può fare l'inverso perchè inv α è funzione di α.

Possiamo però predisporre una tabella pre−calcolata molto dettagliata di quella rapresentata a destra e risalire al contrario.

Es.
Inv α = 0.319088967 : α = 50°

α	inv α
0	0
5	0,000222201
10	0,001794056
15	0,006149805
20	0,014904384
25	0,029975345
30	0,053751494
35	0,0893423
40	0,14096793
45	0,214601837
50	0,319088967
55	0,468216918
60	0,684853256
65	1,010042907
70	1,525746943
75	2,423053869
80	4,275018418
85	9,946522439
90	1,63246E+16

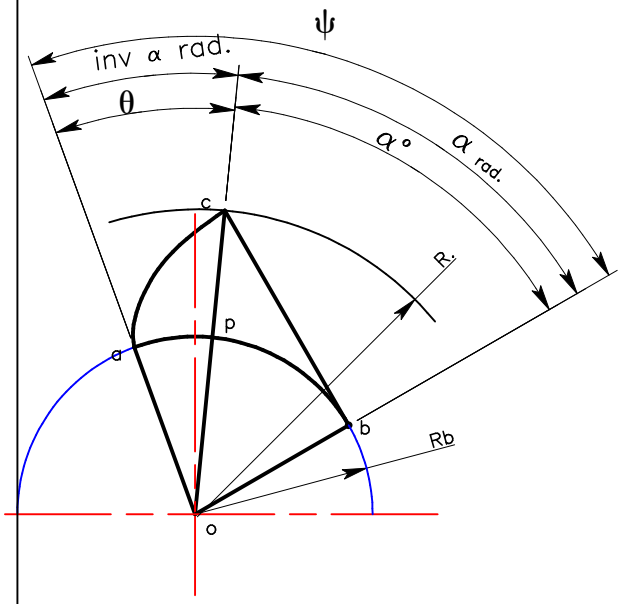


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Nei calcoli ci saranno sempre due casi da risolvere:

1) Conosco un angolo e cerco un arco
2) Conosco un arco e cerco un angolo

Non ho bisogno delle tabelle pre–calcolate



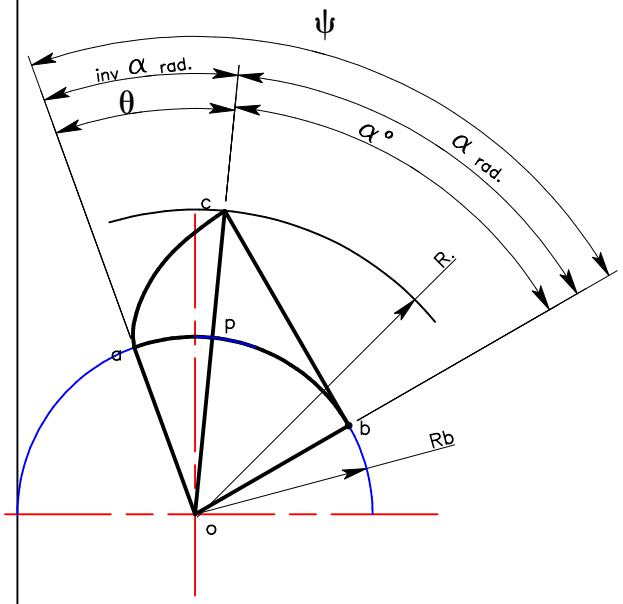
Es.
Rb = 46.9846
α = 54.723°=0.9551 rad

Voglio calcolare l'arco a p

inv α =Tg.54.723°–(0.9551)
=1.4136–0.9551=0.4585 rad =θ° di 26.2701°

α p= angolo rad * Rb
α p = 0.4585*46.9846 =21.542

Ho bisogno delle tabelle pre–calcolate



Es.
Rb = 46.9846
R = 50
NON conosco α
NON Conosco R0 = 80.9931°
Conosco l'arco α p =21.542

Voglio calcolare α

θ rad = arco ap/Rb =21.542/ 46.9846 =0.4585 rad
θ deg= 0.4585*180/3.1415 = 26.2701°
inv α = θ rad.
Dalle tabelle pre calcolate in corrispondenza
di inv= 0.4585 α = 54.723°
ψ = θ + α
ψ = 54.723–26.2701 = 80.9931°

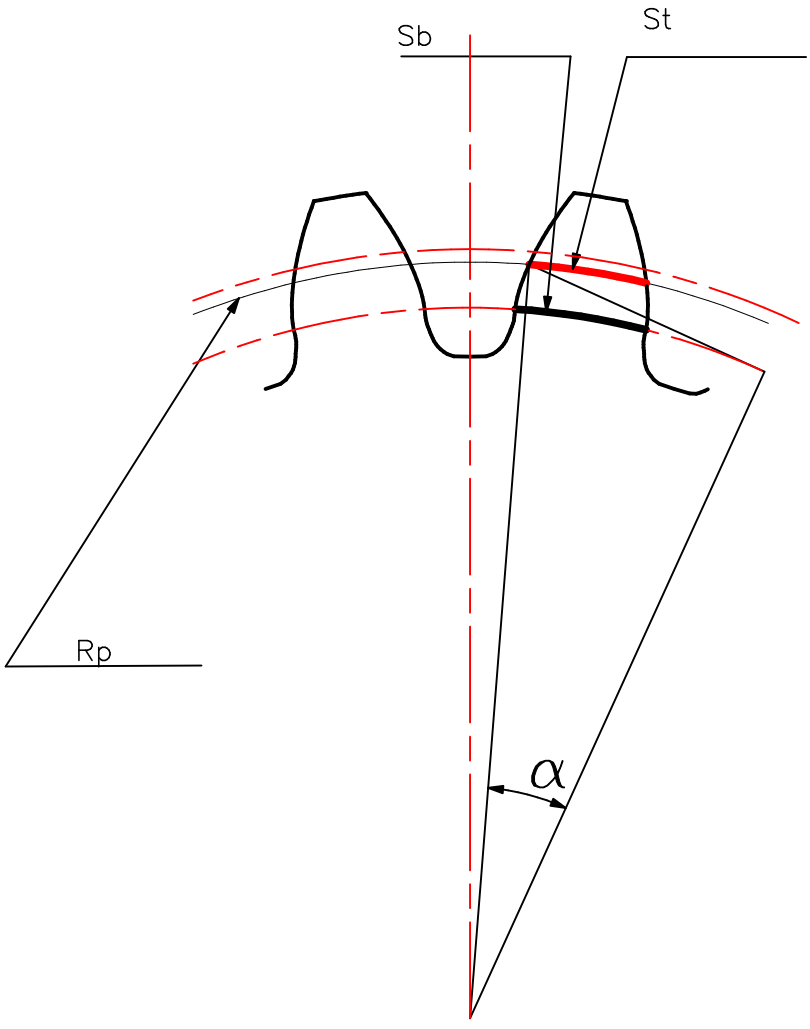
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Facciamo un esempio completo: caso 1

Ho degli angolo e voglio calcolare un archo (Sb)

Conosco l'arco St = 7.854
Conosco Rp =50
Conosco α = 20°

Non ho bisogno delle tabelle pre-calcolate



Sb = Rb * ((St/Rp)+2 inv α)

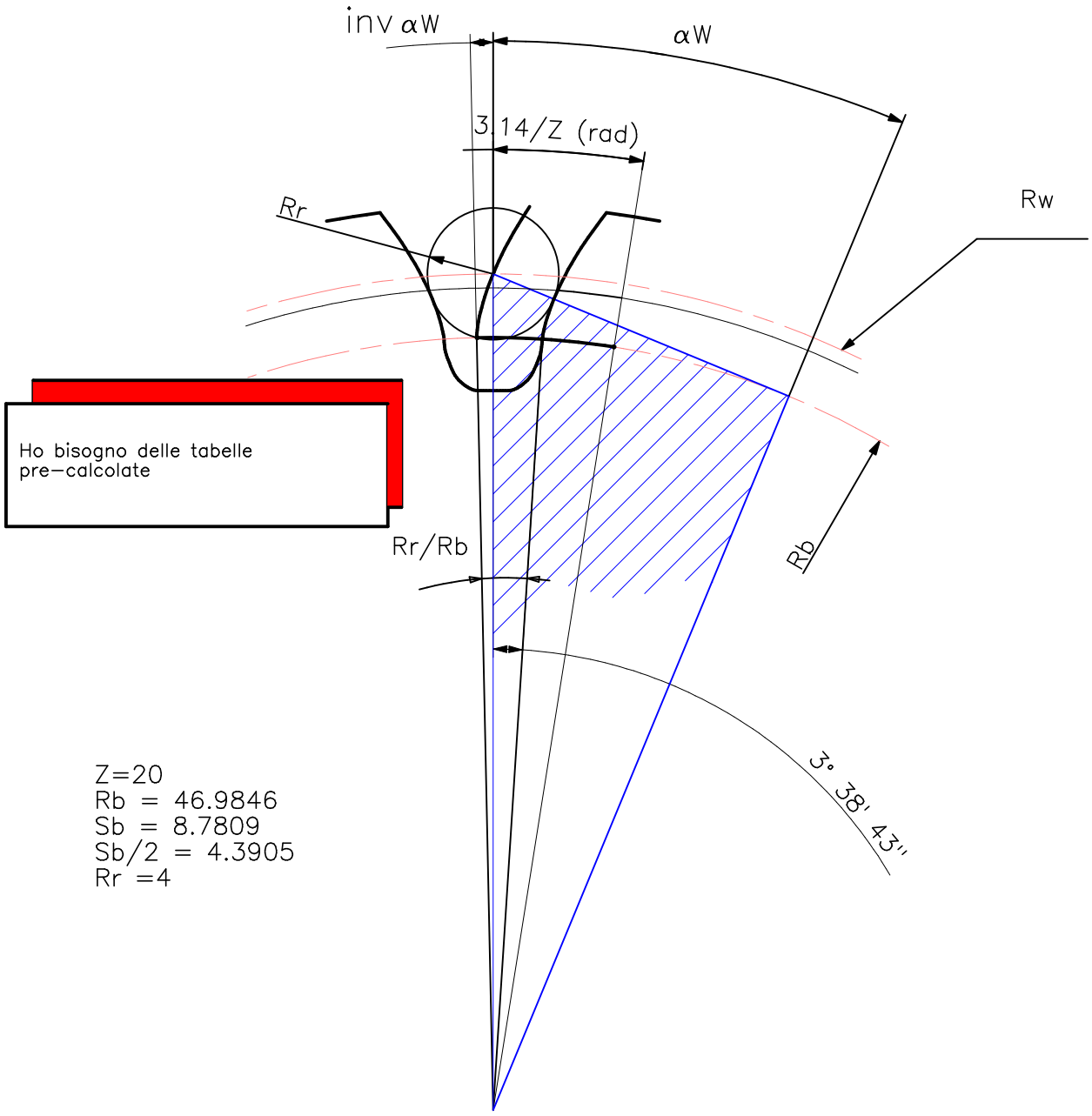
Calcolo inv α :
inv α = Tang α − α rad. = (Tang 20°) − (20*3.14/180)
inv α = 0.3640− 0.3491 =0.014904

Sb= 46.9846*((7.854/50)+2*0.014904) = 8.78

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Facciamo un eempio completo: caso 2

Ho degli archi e voglio conoscere l'angolo per risolvere il triangolo in tratteggio



Ho bisogno delle tabelle pre-calcolate

Z=20
Rb = 46.9846
Sb = 8.7809
Sb/2 = 4.3905
Rr =4

inv αW= ((4.3905/46.9846+(4/46.9846)))−3.14/Z

= 0.0934+0.0851−0.1571 = 0.0214 (= angolo in radianti)

dalle tabelle: αW = 22°29'41''

Rw = Rb/cos αW = 46.9846/cos 22°29'41'' =50.8539

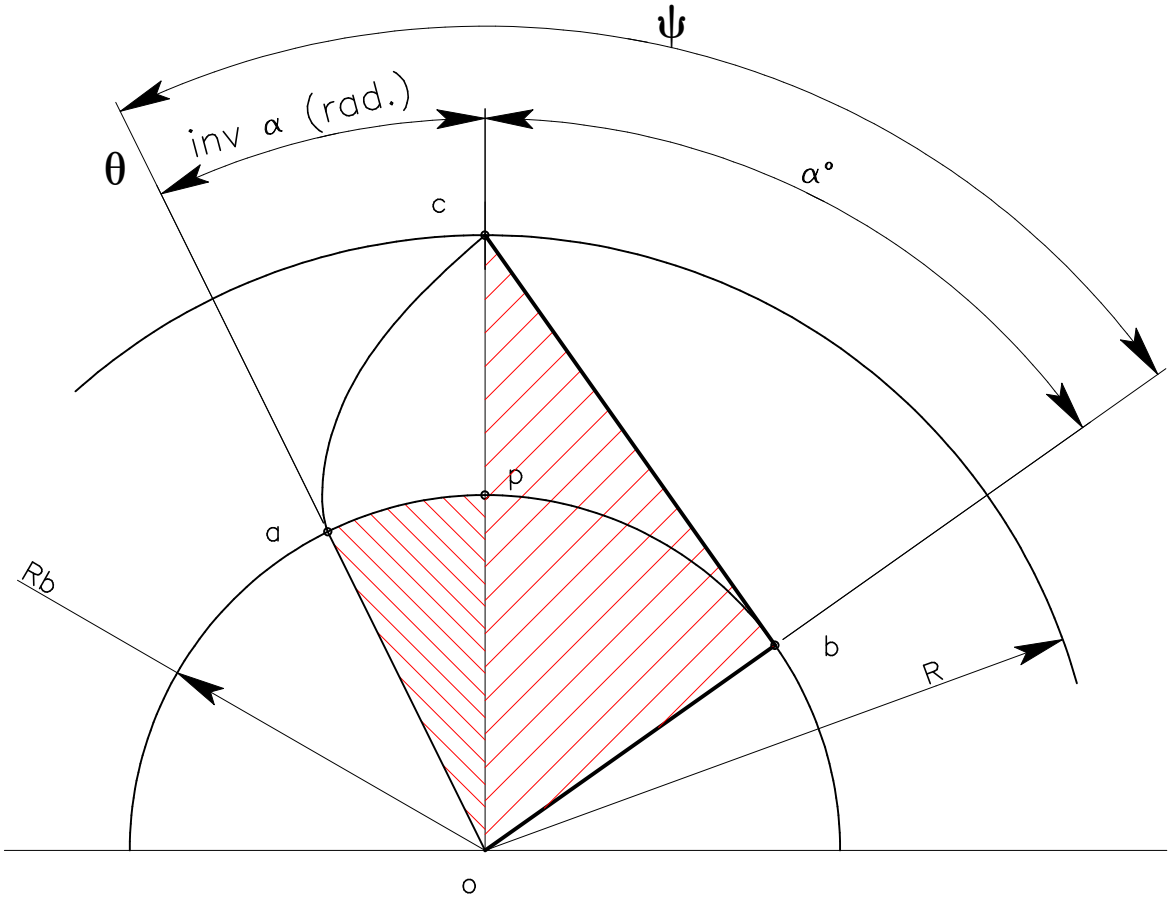
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

In pratica, se avete un valore di inv α in radianti:

Inv α vi spiega come è fatto il triangolo alla sua destra che la ha generata.

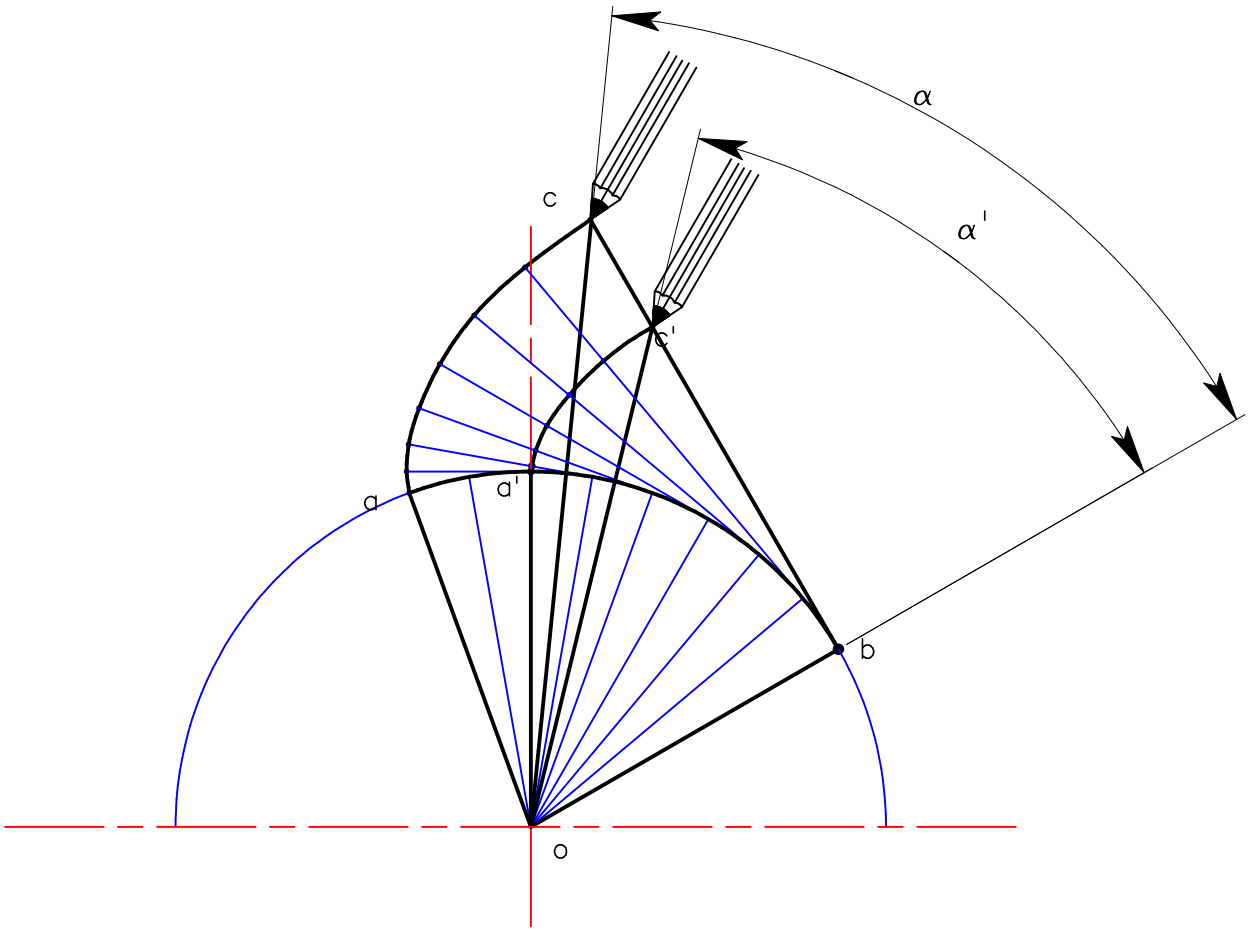
inv α è un valore in radianti ma vi restituisce α in gradi. (anomalia della funzione)

Conosceldo α e avendo già il dato Rb, è facile risolvere il triangolo e trovare R



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Altre propietà : evolventi parallele



a−a' = c− c'

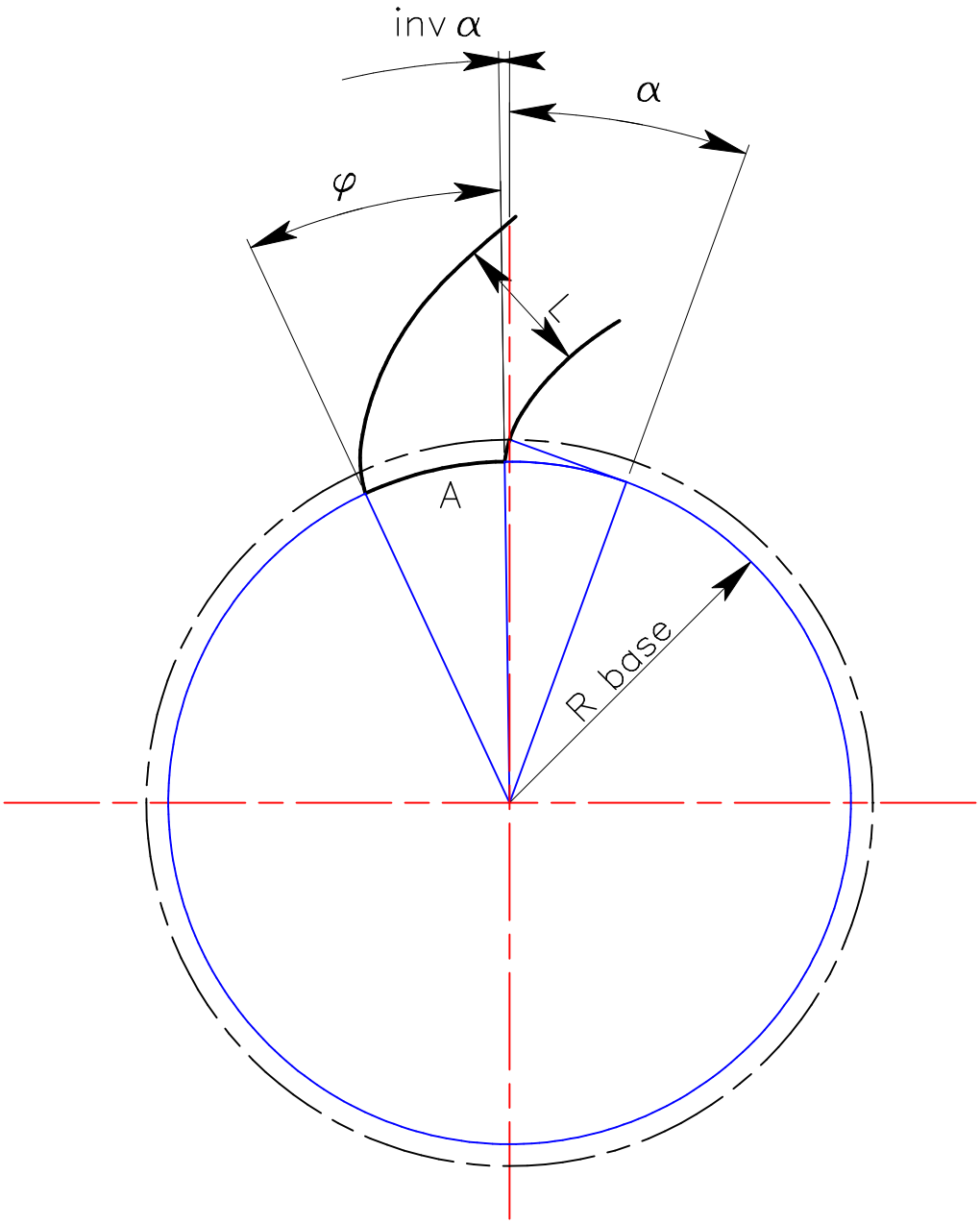
o−b = raggio base Rb

o−c = Rb / cos α
b−c = Rb * Tg. α
b−a = b−c
a−c = Rb / 2 * Tg↑2 α

o−c' = Rb / cos α'
b−c' = Rb * Tg. α'
b−a' = b−c'
a'−c' = Rb / 2 *T g↑2 α'

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Evolventi parallele



L'arco A compreso dall'angolo φ = Rb * π/180 * φ
L = A

Se φ è 24°.16
Rb = 46.9846
A= 46.9846 *π/180*24.16= 18.8101
L'offset L = 18.8101

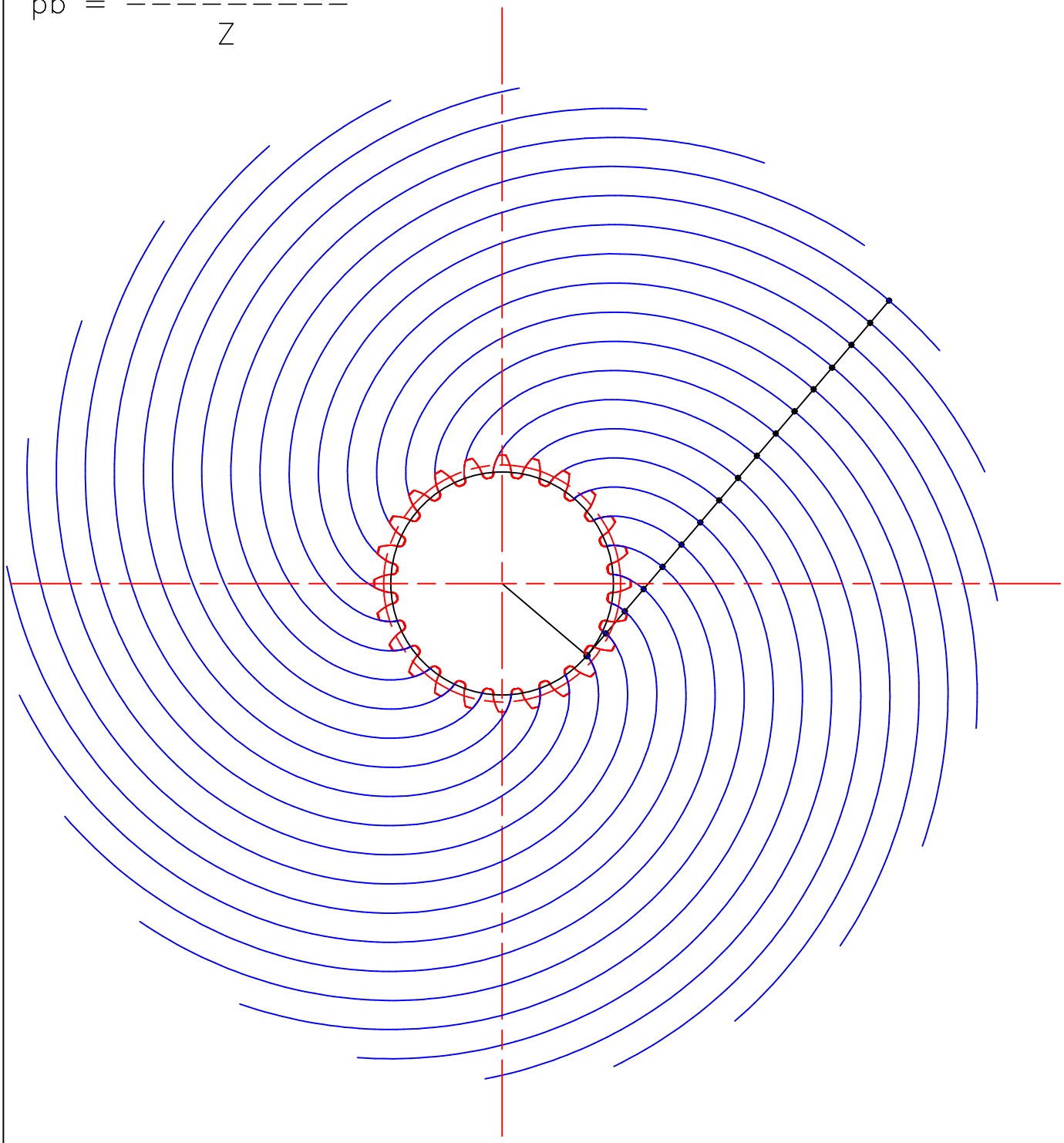
(Sarebbe a dire che L = angolo φ in rad *Rb)

Nelle ruote dentate A = 2*Rb*π/Z =Passo base

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Le evolventi rimangono parallele all'infinito.
I segmenti che giaciono sula linea tamgente, al diametro di base, sono costanti, e sono = al passo base pb

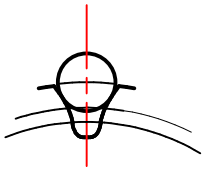
$$pb = \frac{db * \pi}{Z}$$



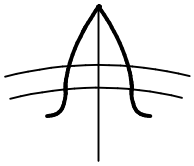
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Abbiamo visto la curva dell'evolvente, ma l'abbiamo vista su un piano geomtrico privo di vincoli e senza ottenere le coordinate dei punti che ci servirebbero.
Per ottenere i punti e le coordinate dobbiamo ruotare le evolventi secondo necessità.
Alcuni esempi:

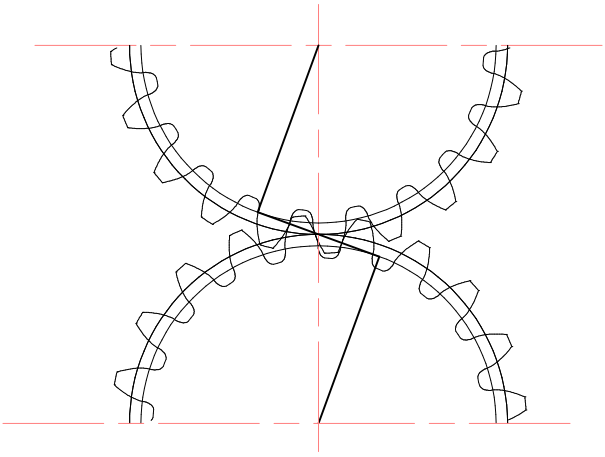
Per calcolare la quota rulli



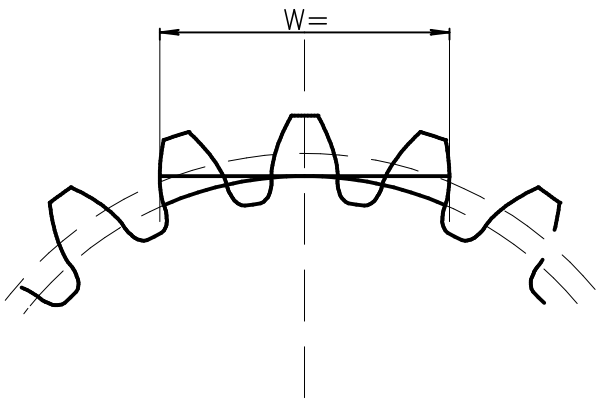
Per calcolare il diametro a punta del dente, le coordinate cartesiane del dente, le coordinate del vano, etc.



Per calcolare le condizioni di ingranamento, rapporto di condotta, strisciamento specifico, denti in presa, interferenze, forze in gioco, etc

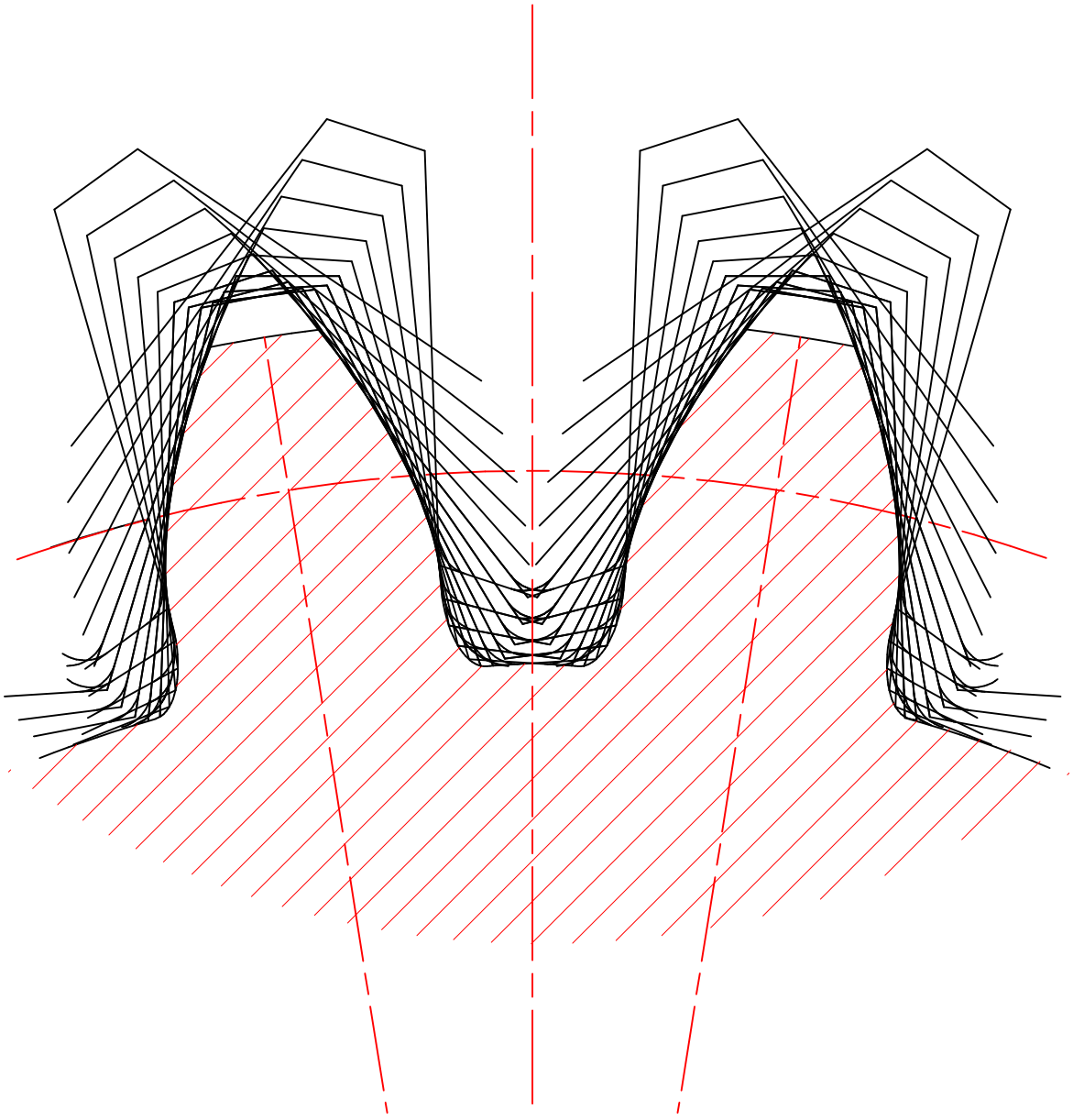


Per clcolare la quota cordale Wildhaber



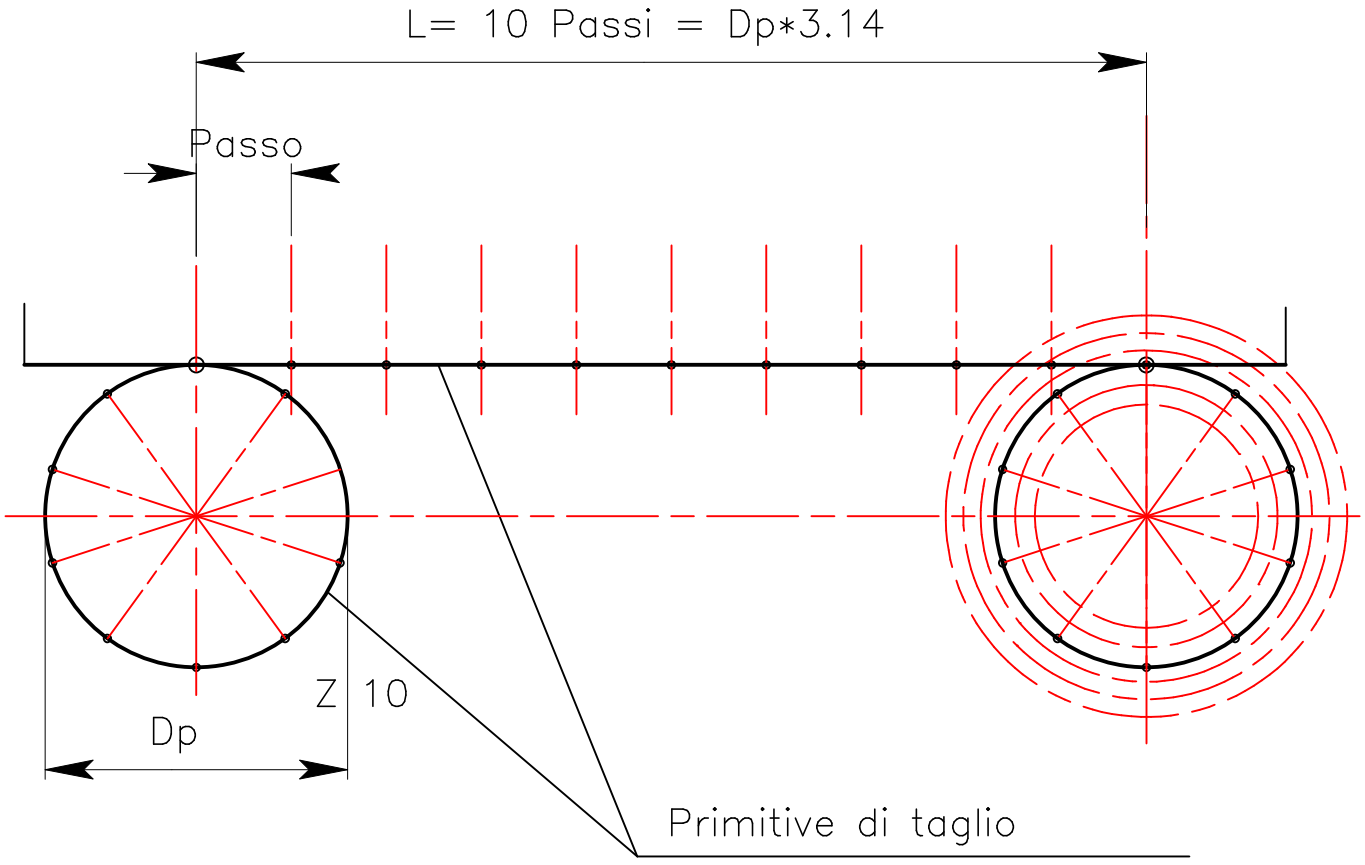
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

GENERAZIONE DEL PROFILO DEI DENTI



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esiste UNA SOLA circonferenza che rotolando senza strisciare su un piano e compie uno spostamento lineare= L
Detta circonferenza deve avere un diametro = L/π
Tutte le altre circonferenze solidali all'asse della prima, hanno una velocità periferica diversa più grande o più piccola.



Dp= Z*Passo/π

Passo/π = modulo

Dp= Z*Modulo

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

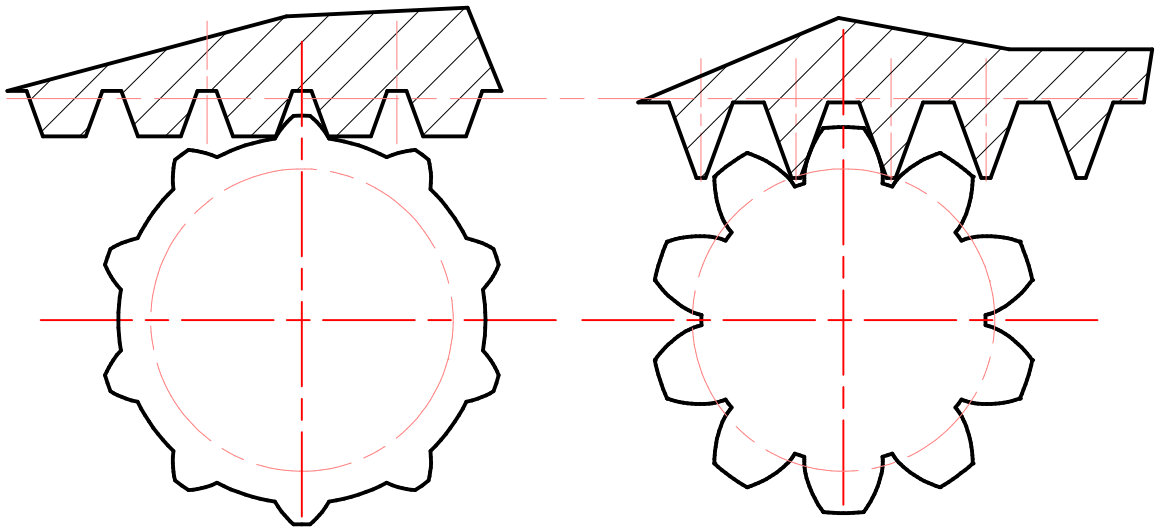
Prima di procedere con i calcoli , bisogna individuare lo spessore circolare del dente Sc che si vuole ottenere nell'ingranaggio.

Senza questo dato non si può calcolare niente e

NON SI DEVE impostre il calcolo dando per scontato che Sc sia = $M*\pi/2$

Sc può essere diverso da $M*\pi/2$ nei casi sottostanti:

1) se la dentatura è corretta +/− Xm
2) se la dentatura ha del sovrametallo per la rettifica finale
3) se la dentatura è per una cinghia di trasmissione dentata
4) per altri motivi



Non utilizzare mai formule che danno per scontato che Sc sia = $M*\pi/2$ ed

Sv = $M*\pi/2$

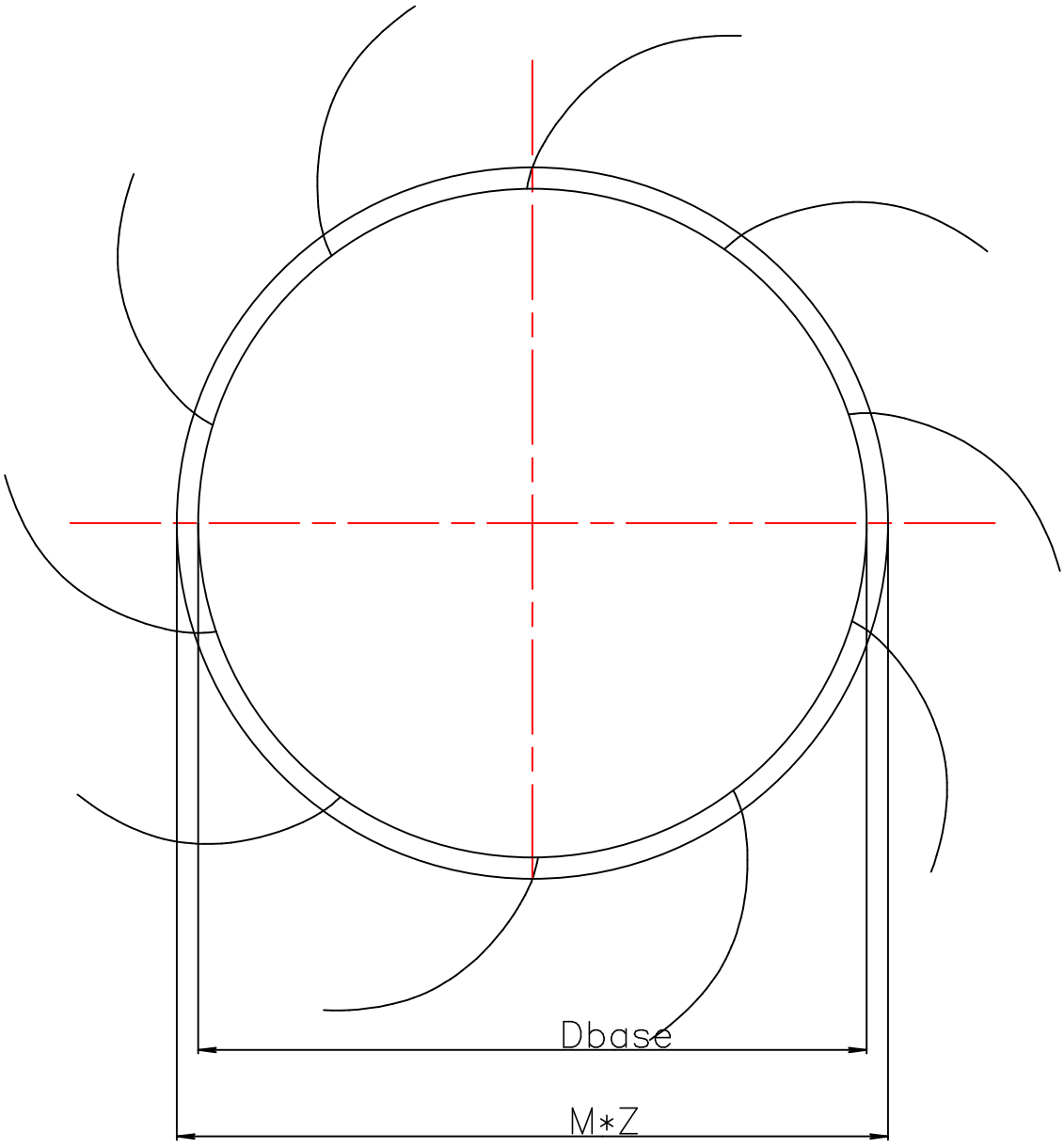
Una ruota con spostamento Xm avrà un Sc diverso e di conseguenza tutte le formule che ne derivano ne devono tenere conto.

L'ingranaggio va calcolato con tutte le variabili di progetto:

Modulo normale	Mn
N° denti	Z
Angolo pressione normale	α
Correzione Xm (+Xm o −Xm)	
Angolo elica	β

Le variabili Xm e beta se sono =zero si annullano automaticamente nel calcolo e non hanno più influenza

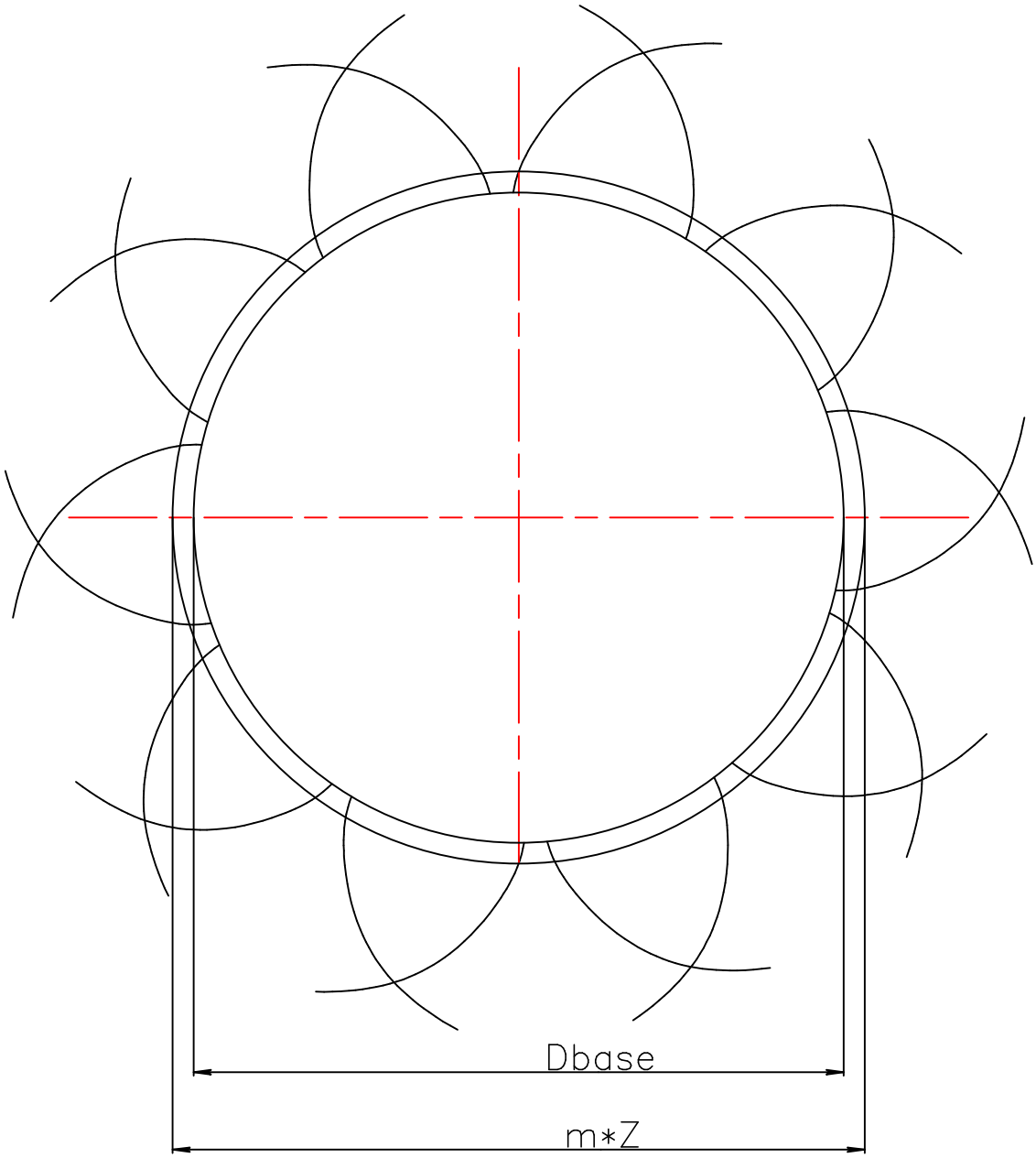
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Su un cerchio base ci sono Z (n° denti) evolventi

che hanno un passo base Pb = Db*π/Z

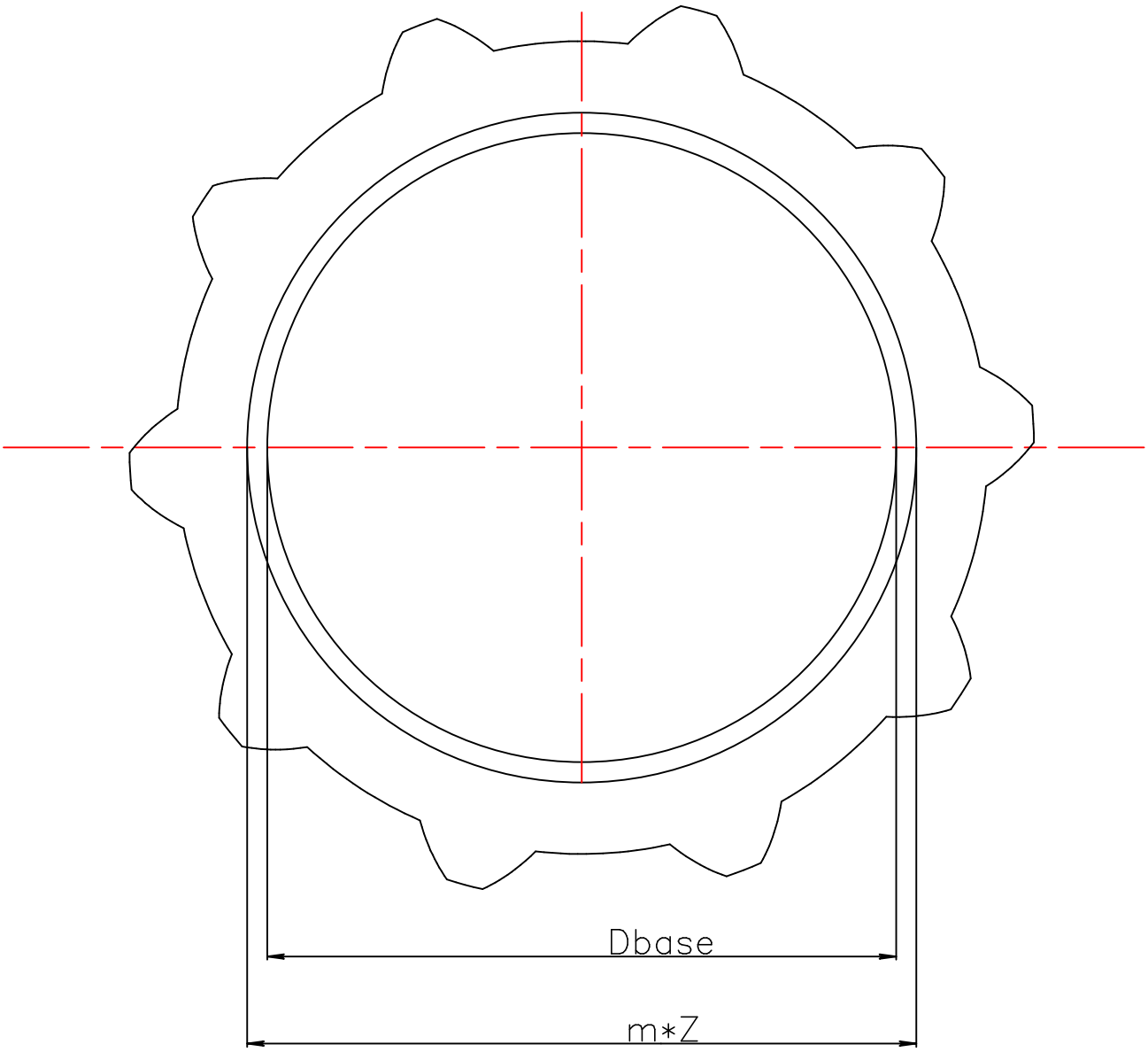
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



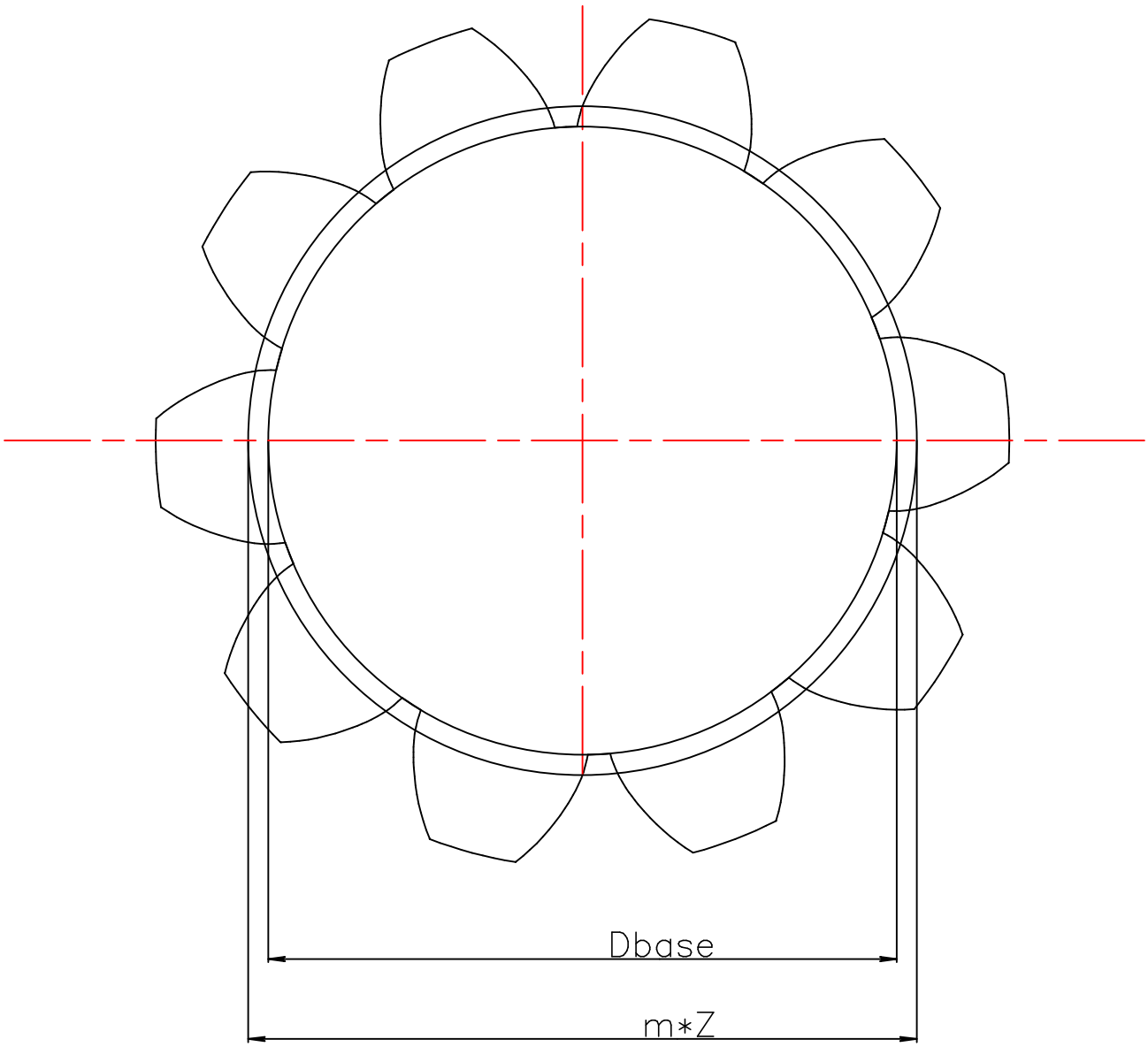
Per ottenere una ruota dentata si devono avere altrettante evolventi a specchio.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Una ruota dentata può essere costruita con un diametro esterno e interno arbitrario.
Il diametro esterno max possibile è con dente a punta

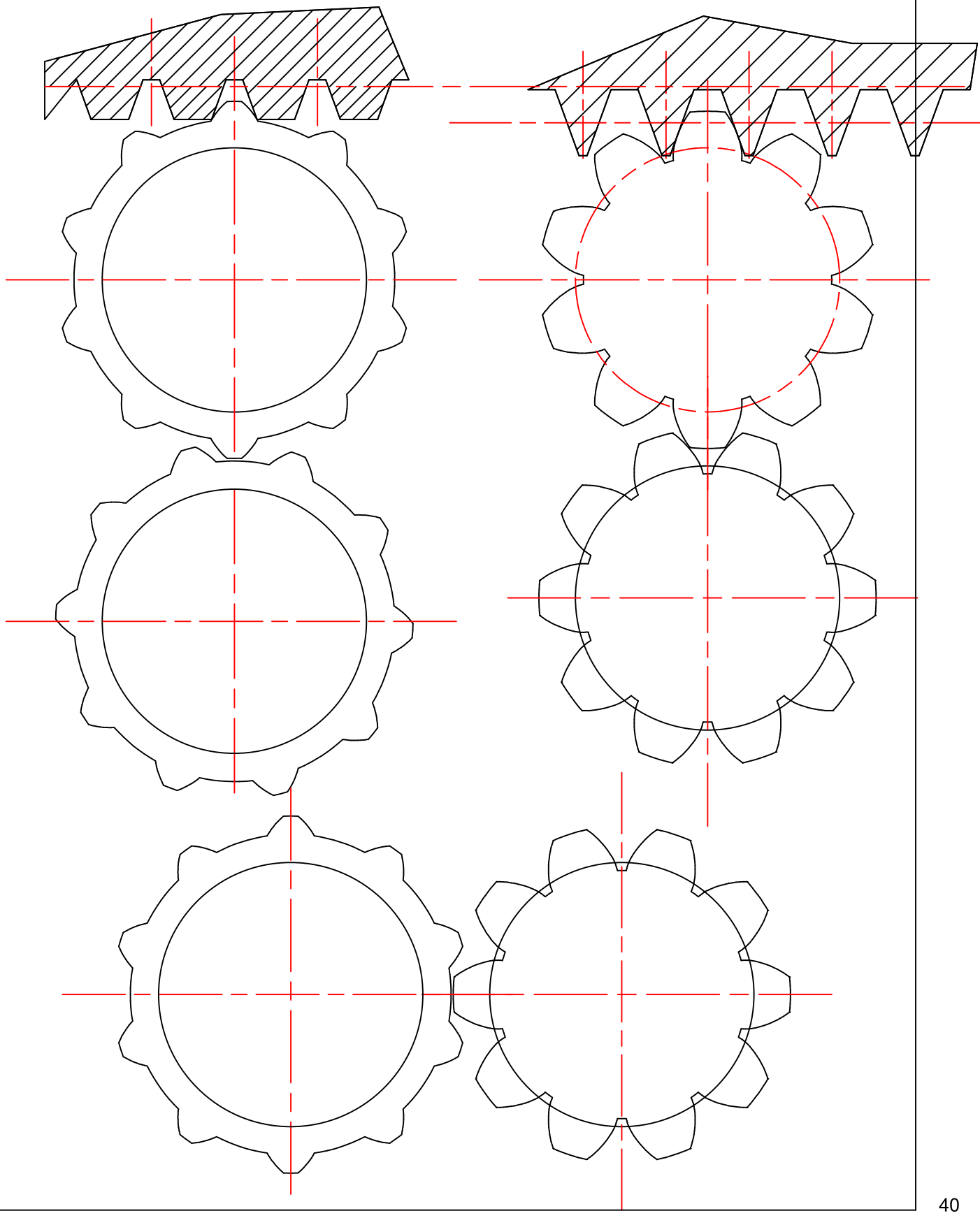


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



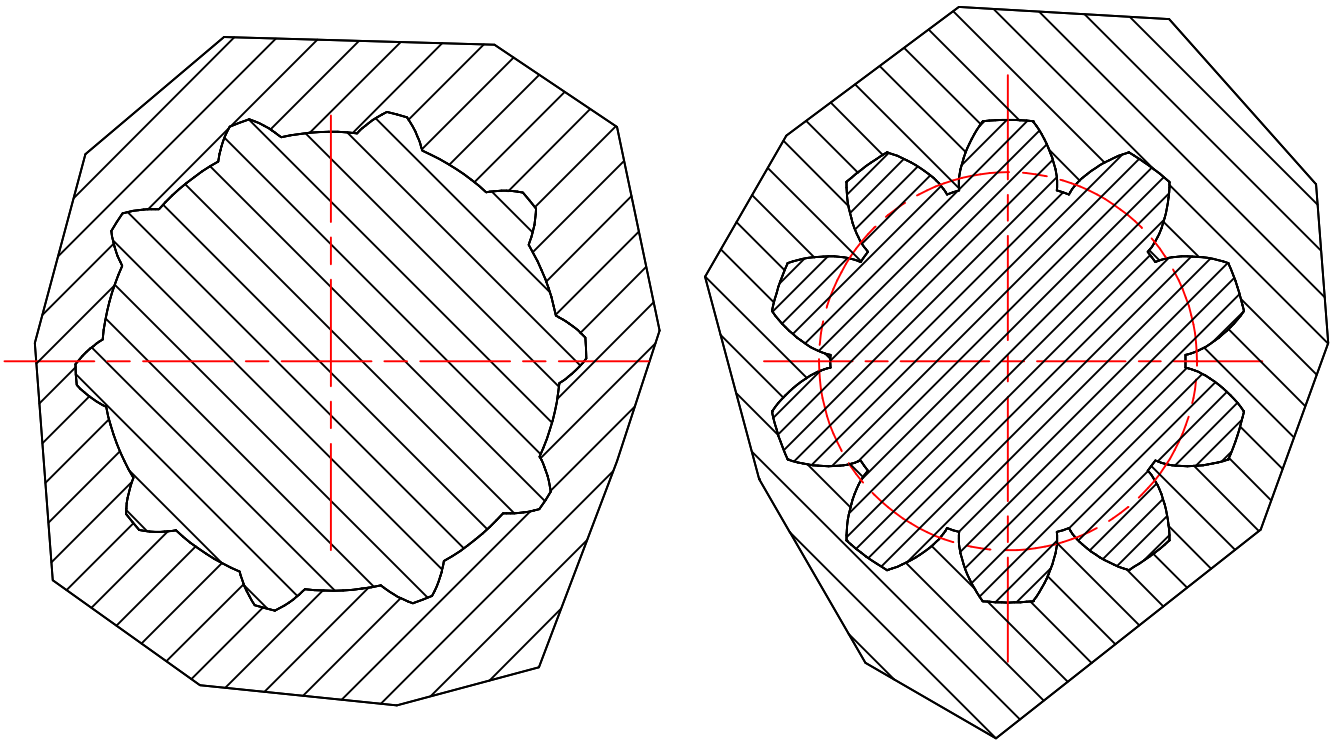
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Un profilo arbitrario come da disegni precendenti non permette l'ingranamento con nessun ingranaggio, e richiederebbe un utensile generatore diverso per ogni ingranaggio
I profili non sono CONIUGATI



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

i profili precendenti potrebbero andare bene solo come ACCOPPIAMENTI FISSI (scanalati) di trascinamento alla stregua di linguette ma più adatti per coppie elevate.
In ogni caso non sono accettabili in quanto speciali e non costruibili con un utensile standard.

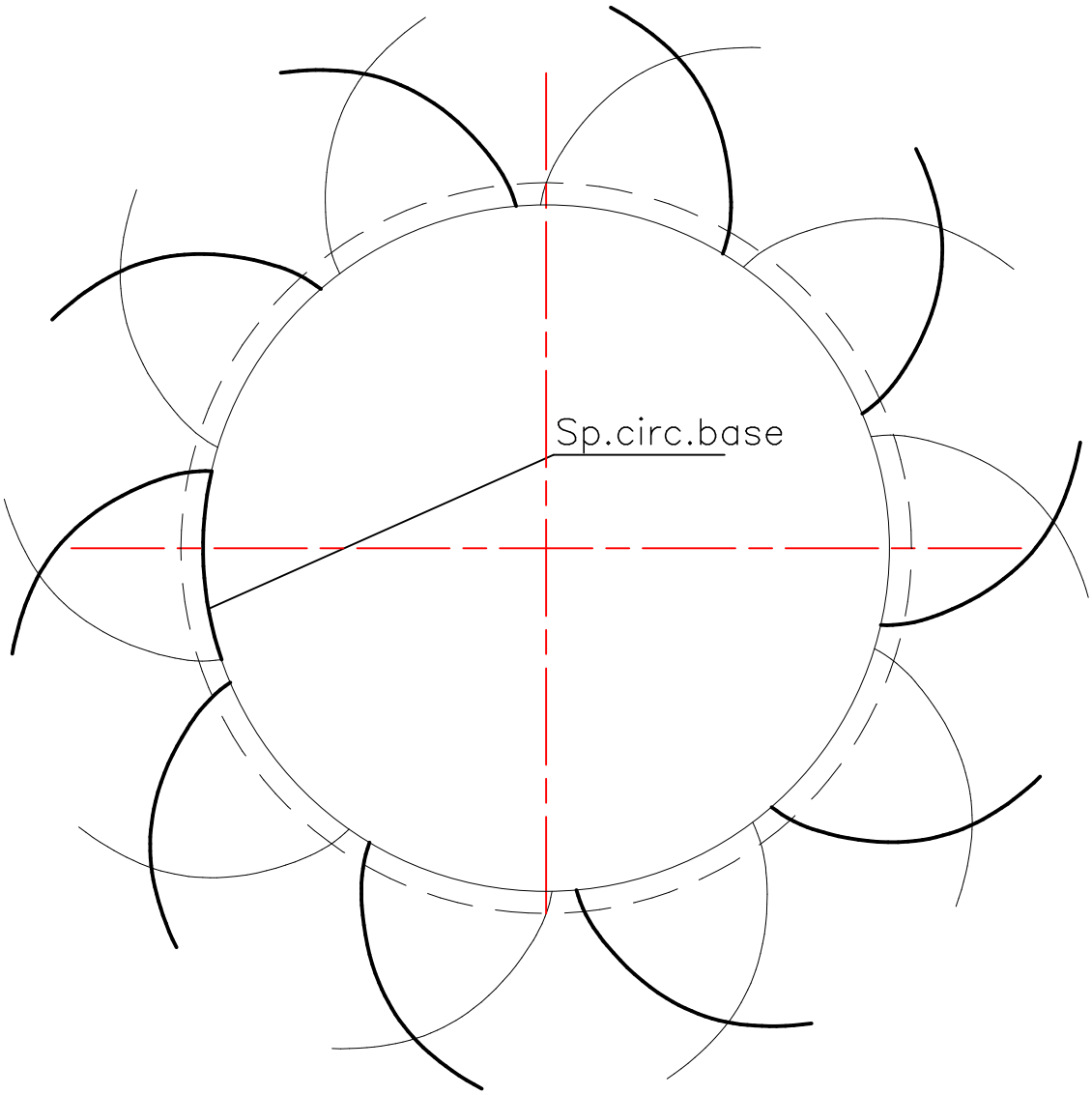


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

A questo punto si può definire lo spessore dente base che dall'inizio era un incognita

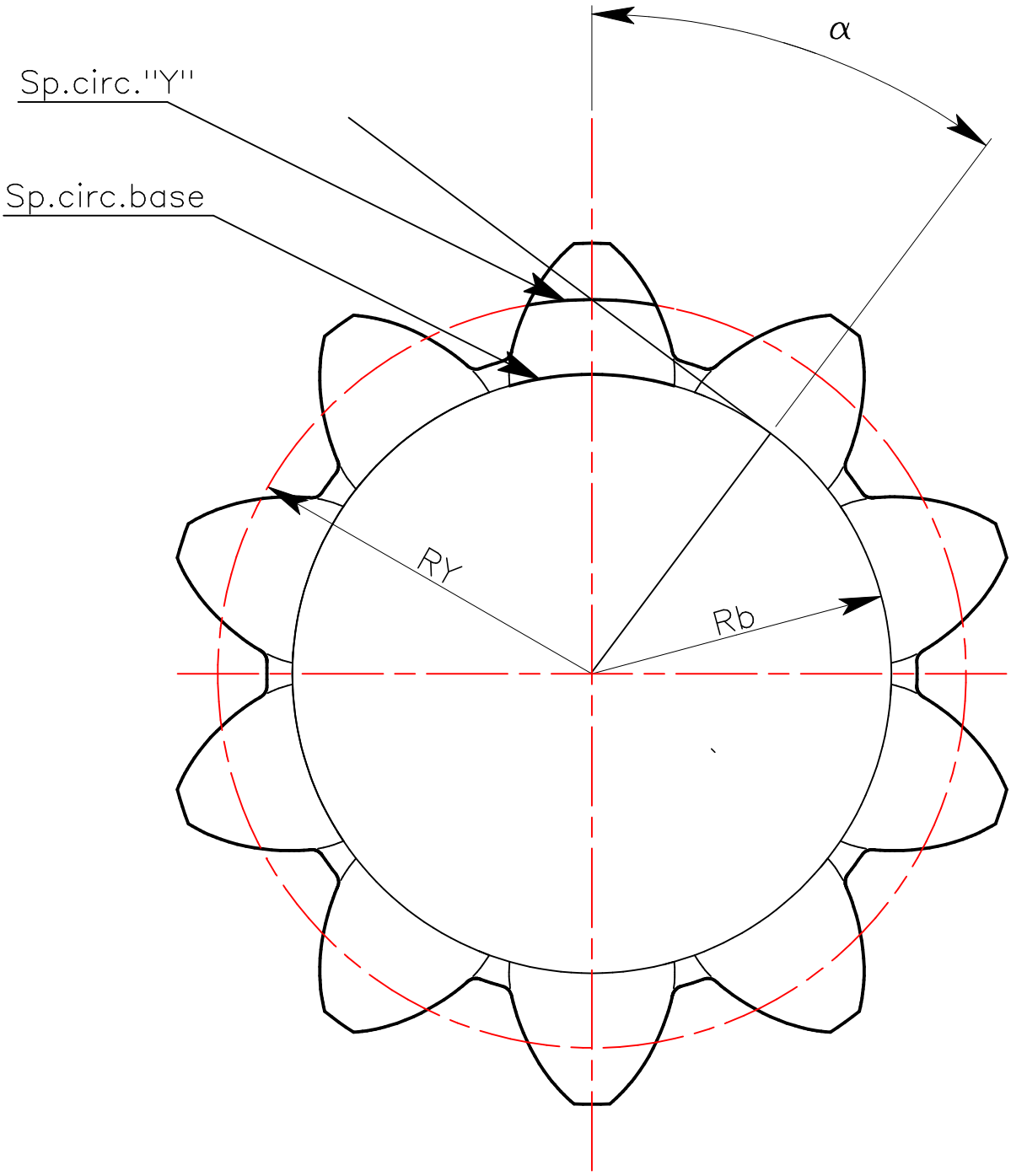
$$Sb = \cos\alpha * (St + m * Z * inv\alpha)$$

una volta conosciuto lo spessore base il profilo della ruota è FISSATO e niente nessuno può cambiarlo.
esso ci permetterà di calcolare qualsiasi coordinata del dente ed entrerà sempre in causa su qualsiasi caso.
(vedi ad esempio,misura Wildhaber, misura con i rulli etc.)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dalla figura recedente si può dervare una ruota dentata arbitraria come sotto.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Utilizzando un utensile cremagliera unificato, dove lo spessore del dente é= allo spessore del vano, e volendo dentare sia il pignone che la corona con lo stesso utensile:

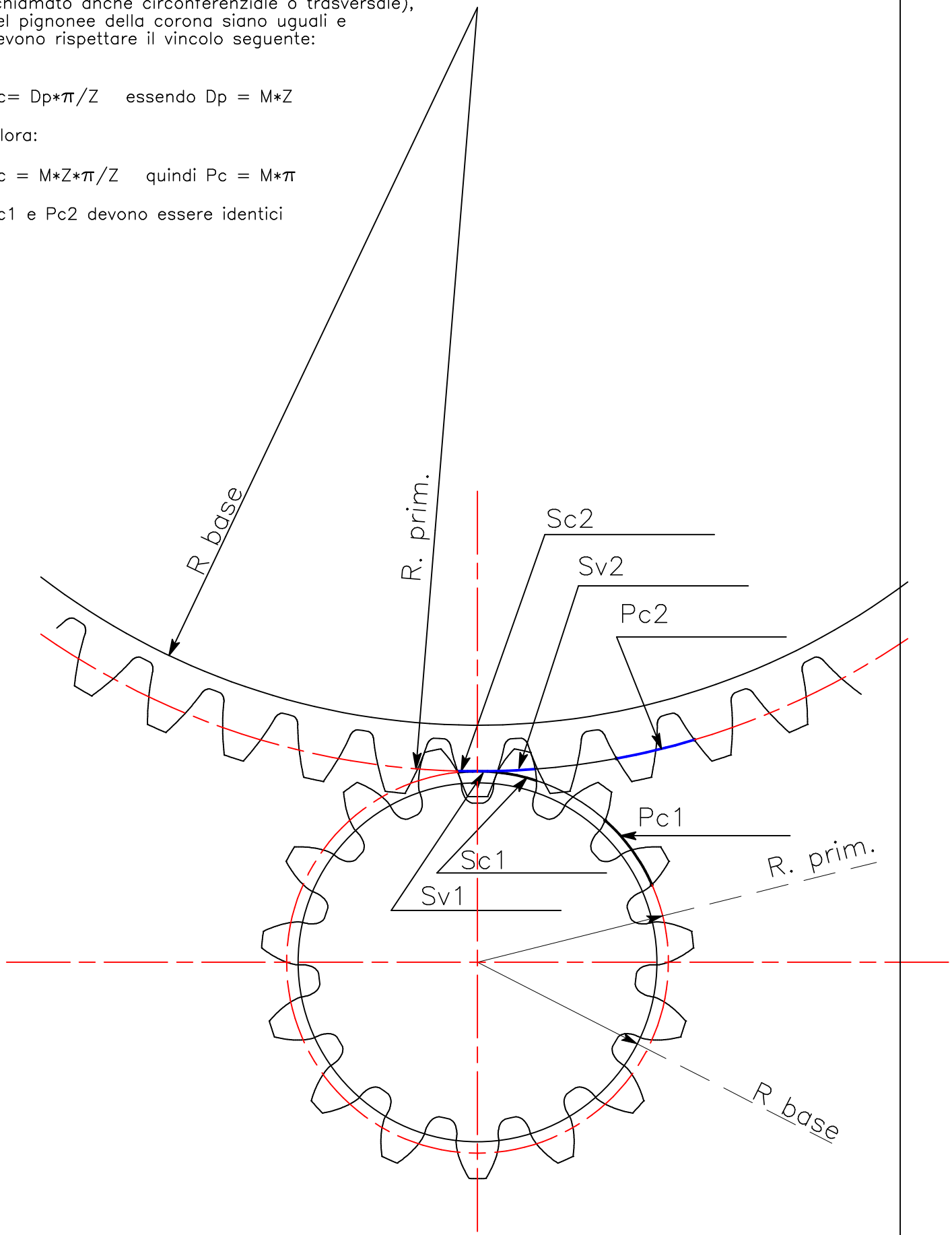
Per avere un ingranamento bisogna ASSOLUTAMENTE che l'arco che definisce il passo circolare, (chiamato anche circonferenziale o trasversale), del pignonee della corona siano uguali e devono rispettare il vincolo seguente:

$Pc = Dp*\pi/Z$ essendo $Dp = M*Z$

allora:

$Pc = M*Z*\pi/Z$ quindi $Pc = M*\pi$

Pc1 e Pc2 devono essere identici



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CASO PARTICOLARE (volutamente esasperato dove il pignone e la corona sono dentati da due utensili generatori diversi, aventi lo stesso passo circolare ma spessori del dente diverso.

Sc1 +Sv2 deve essere = Pc

Sc2 +Sv1deve essere = Pc

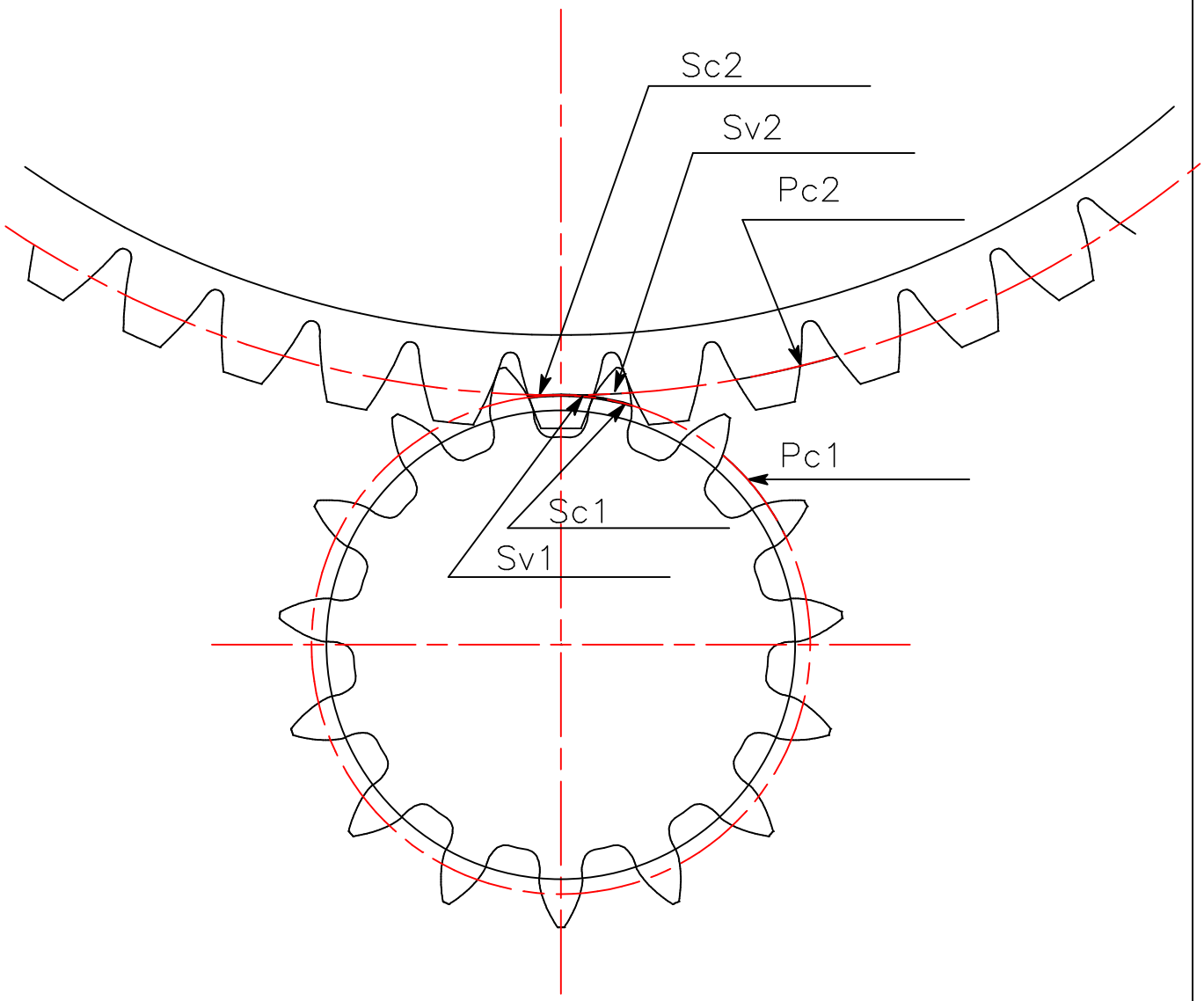
Nell'esempio sotto lo spessore del dente pignone non è uguale allo spessore dente corona.

Anche il profilo sotto soddisfa questa equazione, il profilo è coniugato e il ruotismo funzione.

Ma ha senso un ingranamento del genere?
No:

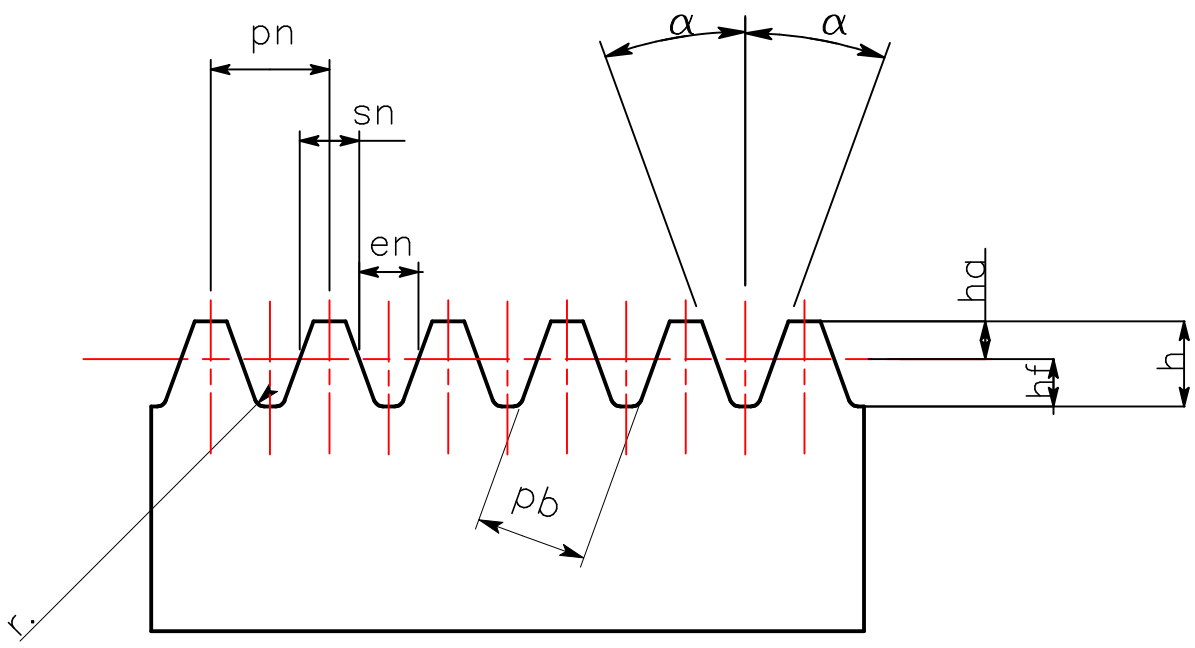
1) servono due utensili per dentare differenti

2) il pignone è più debole della corona pur avendo in comune la stessa forza tangenziale da trasmettere



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

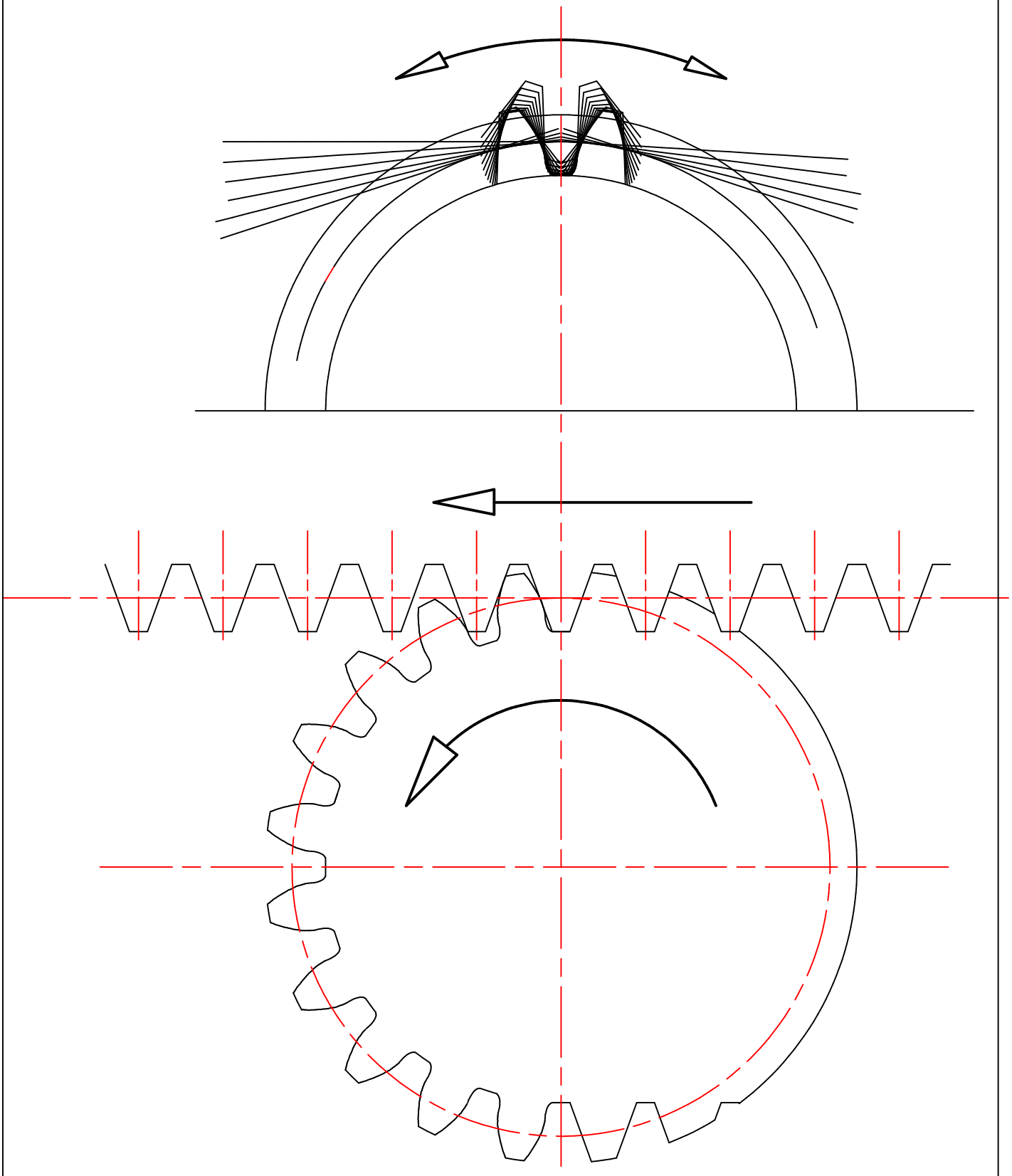
La norma DIN 3960 ha stabilito che la dentatura di riferimento deve avere lo spessore del dente uguale allo spessore del vano.
La cremagliera rappresentata sotto è come fosse un ingranaggio con numero di denti infinito, ed é chiamata anche '' Profilo di riferimento''



h	Altezza del dente	= 2.25 * mn
ha	Addendum	= 1 * mn
hf	Dedendum	= 1.25 * mn
α	Angolo di pressione	Angoli unificati:14.5–15–20–22.5
pn	Passo normale	= Mn * π
pb	Passo base	= pn*cos α
mb	Modulo base	= mn *cos α
sn	Spessore dente	= pn/2
en	Spessore vano	= pn–sn
r	Raggio di piede	= 0.25 * mn

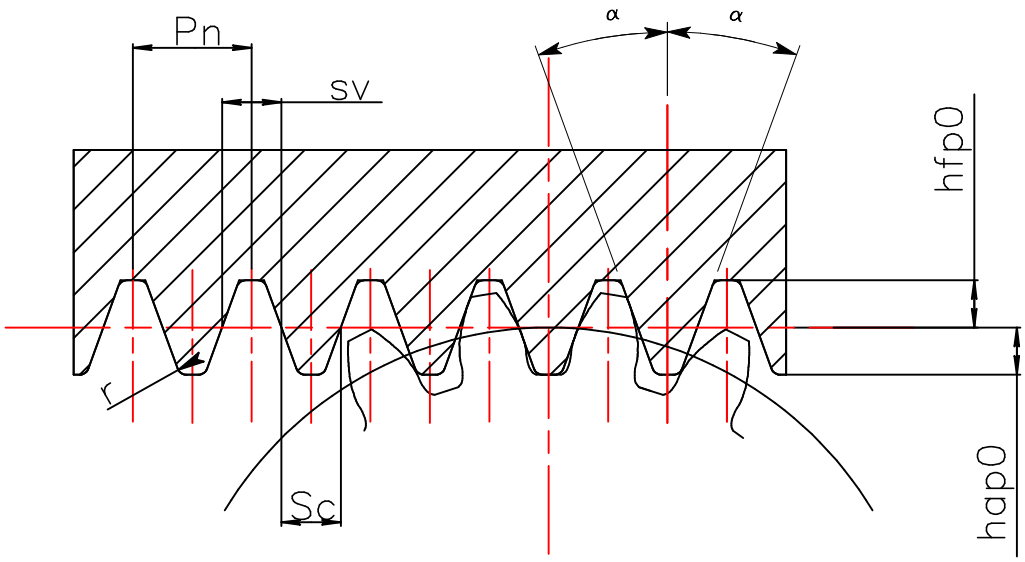
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Un utensile cremagliera che abbia un moto di taglio genera qualsiasi ruota dentata PER INVILUPPO.
L'utensile cremagliera trasla e la ruota gira sincronizzati in modo che il primitivo della cremagliera e il primitivo della ruota da dentare rotolano ma non strisciano
(hanno la stessa velocità tangenziale)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La norma DIN 3960 ha stabilito che l'utensile cremagliera di riferimento deve avere lo spessore del dente uguale allo spessore del vano.
Di conseguenza anche l'ingranaggio generato avrà lo spessore dente uguale allo spessore vano sia per il pignone che per la corona.
Una cremagliera del genere è in grado di generare un ingranaggio, con quel modulo e angolo di pressione, che può avere un numero di denti illimitato (da 2 a infinito)



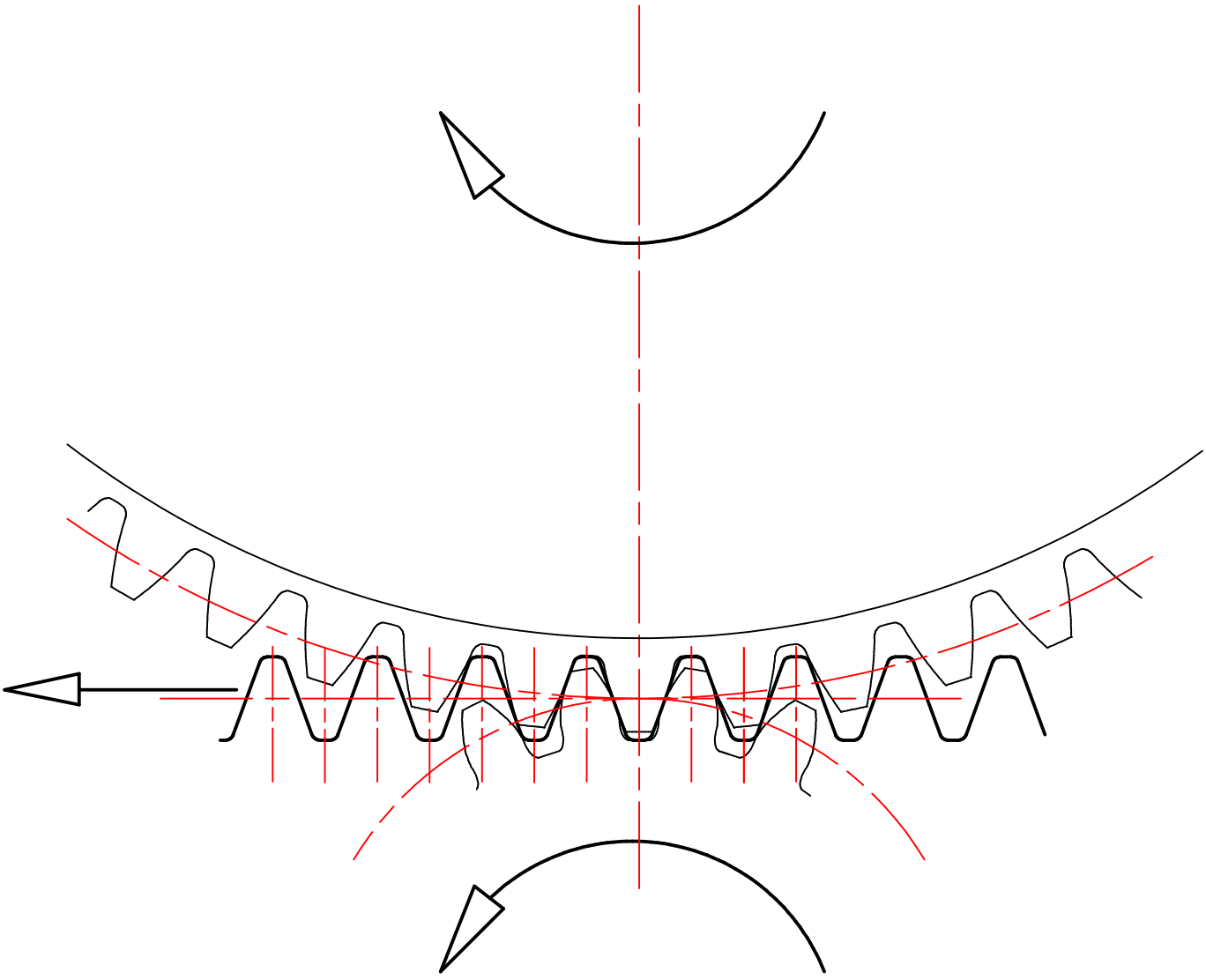
Pn = mn * π Sd= P/2
Sv=P/2 hap0 addendum = 1.25* M
(l'addendum utensile = dedendum ruota da tagliare) hfp0 dedendum = 1.25 *M (il dedendum utensile = addendum ruota da tagliare+0.25*mn in modo da creare una luce tra l'utensile e la ruota.

h = 2.5*M r = 0.25*M α = 20°

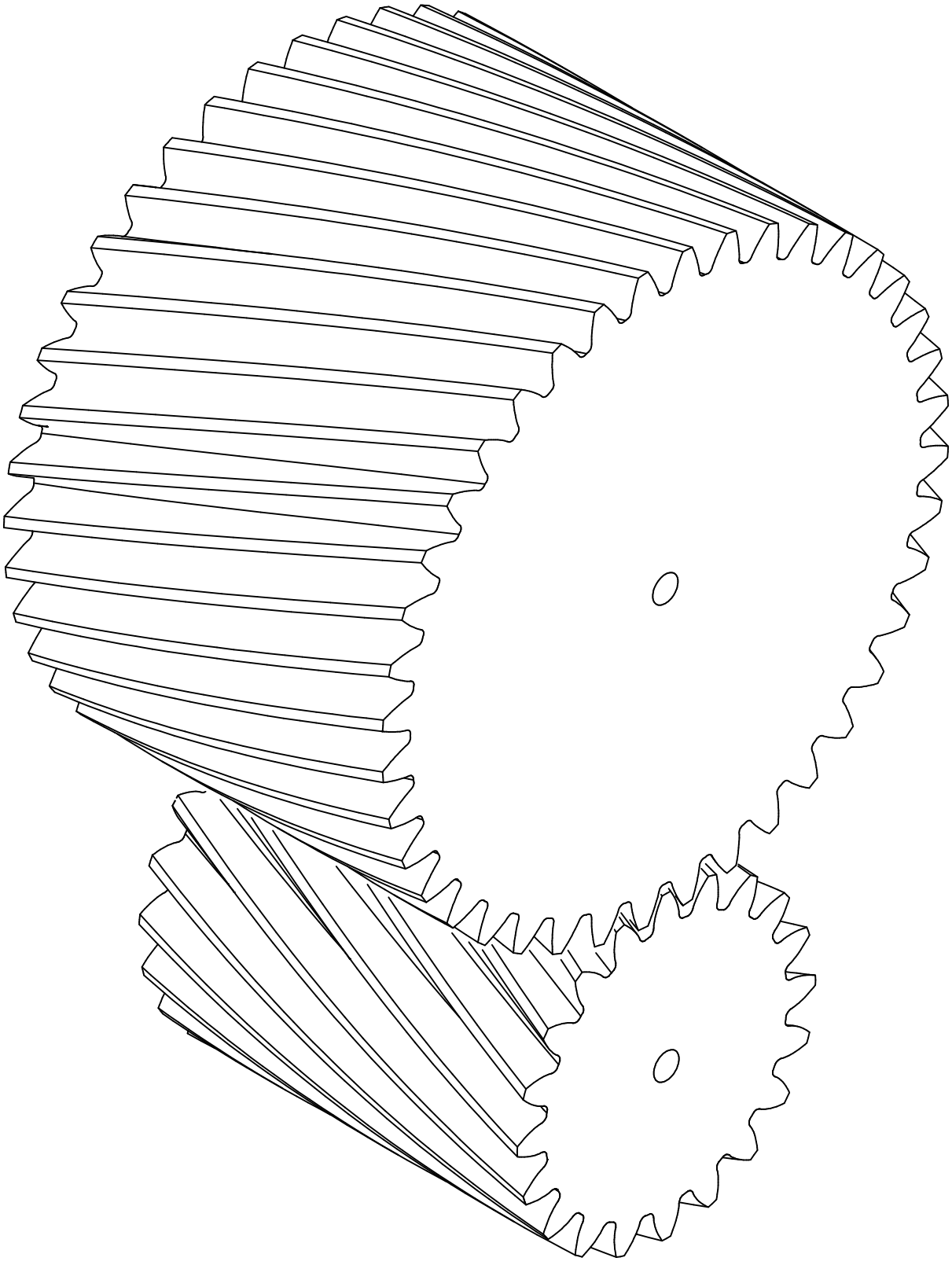
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Sotto, la dimostrazione che l'utensile cremagliera traslando senza strisciare sui primitivi del pignone e della corona, genera un profilo perfettamente coniugato tra:

1—Cremagliera e pignone
2—Cremagliera e corona
3—Pignone e corona



CAPITOLO 04
GIOCO TRA I DENTI

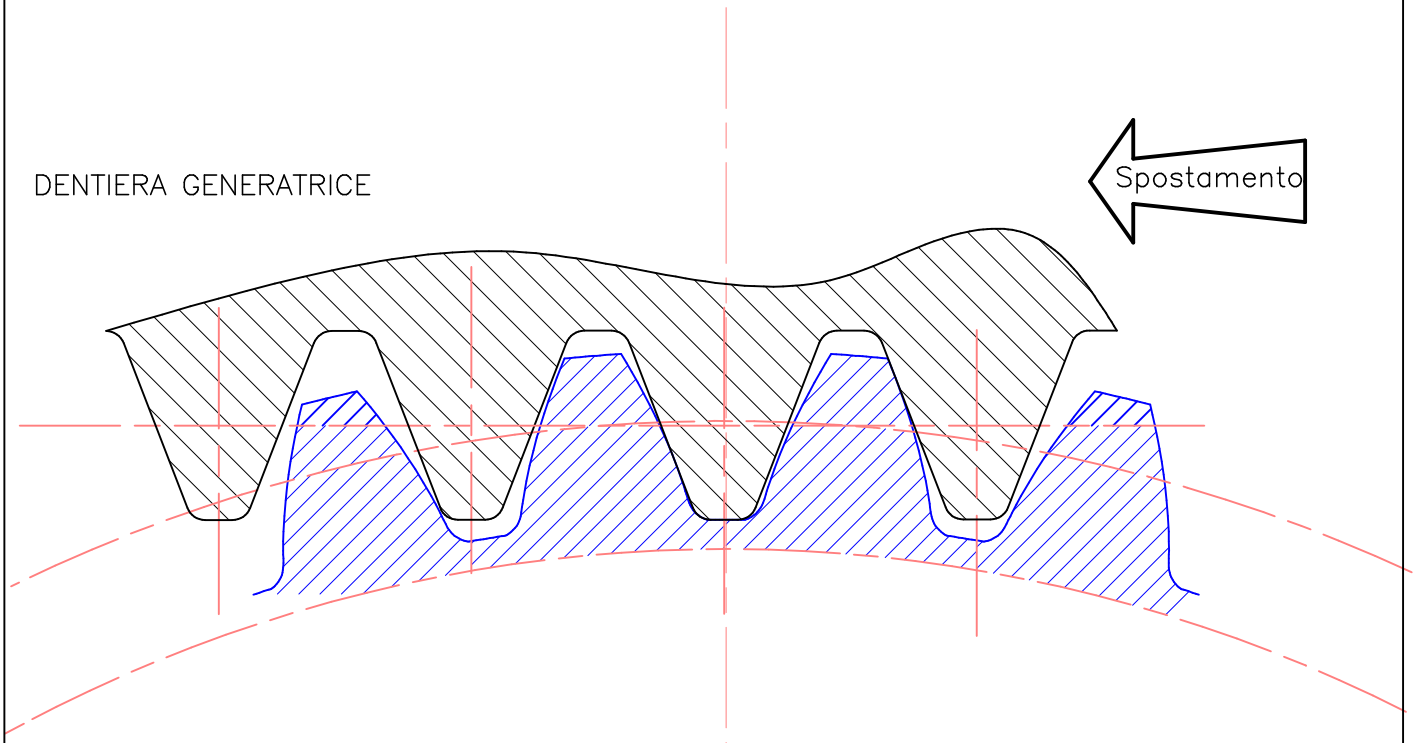


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

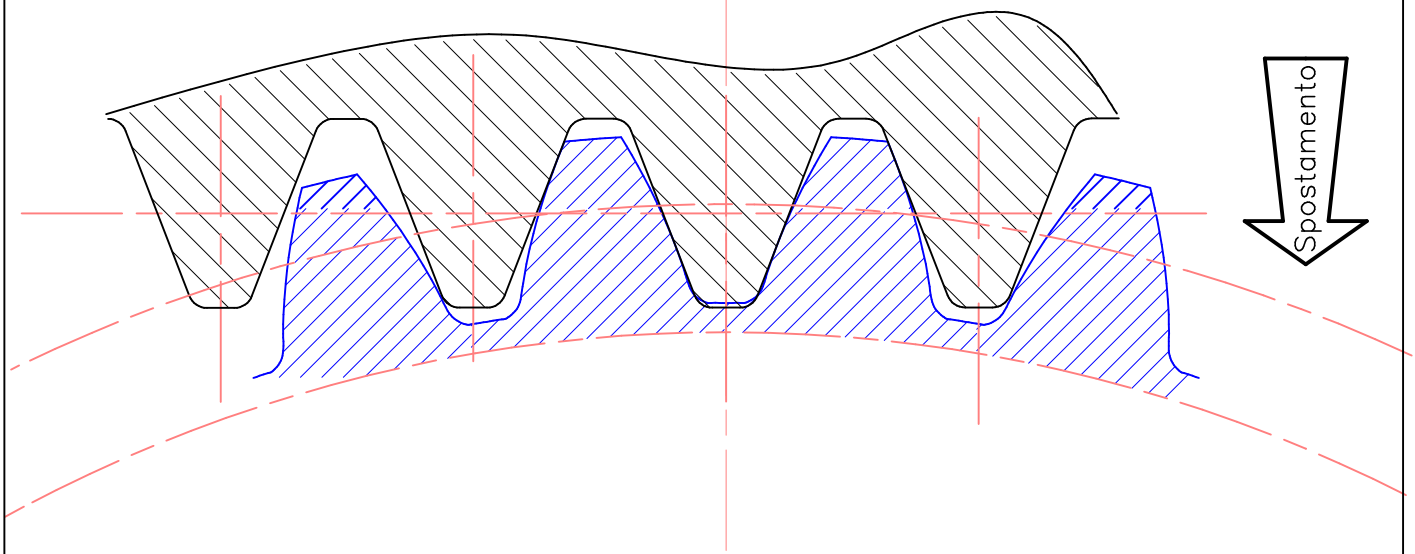
Il programma chiede un input, una luce (Jtn)
Lo spessore della luce è perpendicolare al dente, o meglio corrisponde ad una sfasatura angolare del profilo che equivale alla riduzione dello spessore di base di una entità Jtn. Entità che sarà poi facile rilevare con la misura Wildhaber.

L'input può essere generanto con uno uno "Shifting" della dentiera generatrice che viene calcolato insieme a tutti gli altri giochi che ne risulteranno di conseguenza.

Il profilo



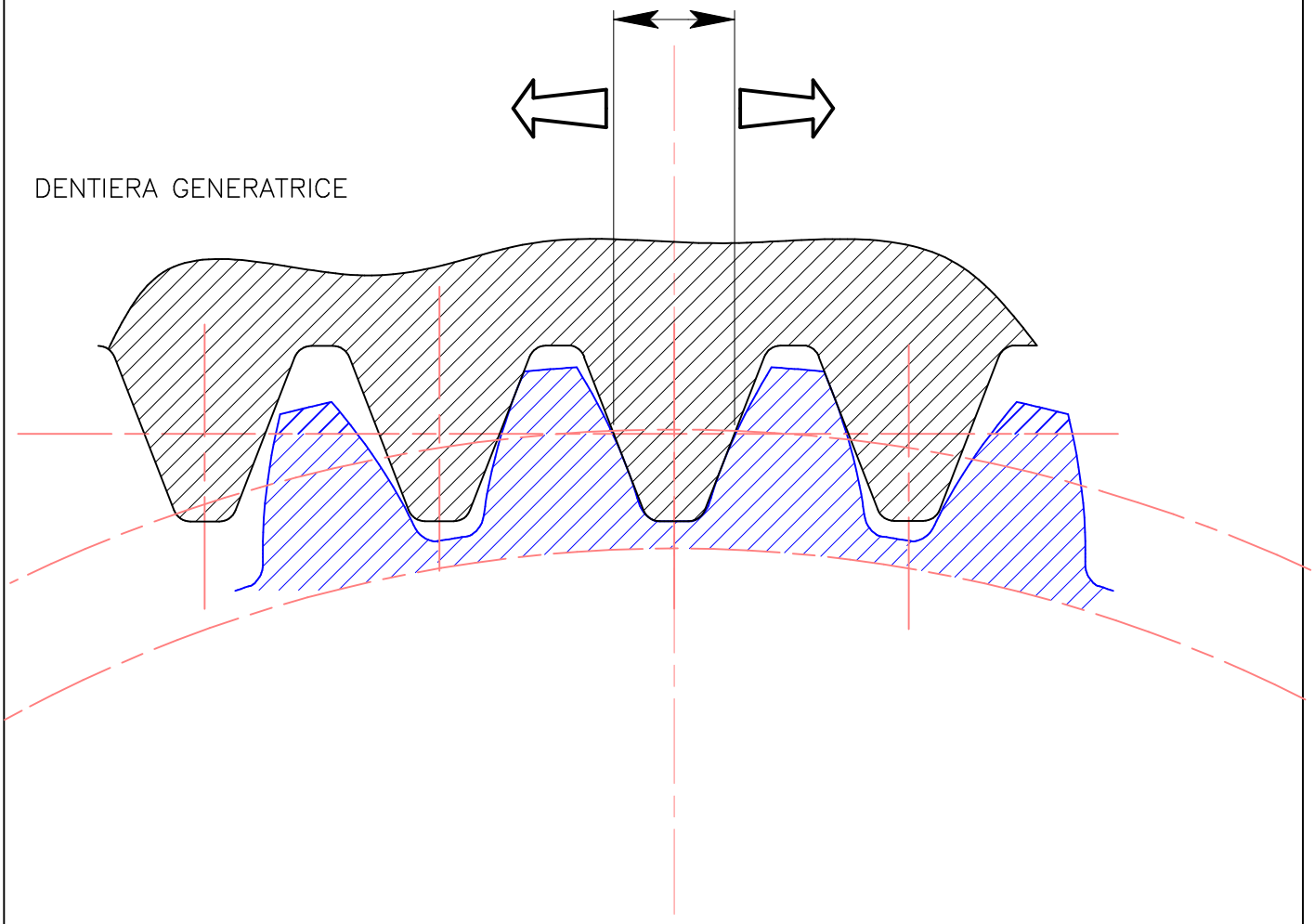
Il gioco può essere generanto con una penetrazione radiale della dentiera generatrice. Questo metodo è il più usato nella pratica, ma non sarà il metodo utilizzato dal programma perchè genererebbe una correzione x*m che falserebbe tutto il resto dei calcoli (diam. interno , altezza del dente etc.) creando grande confusione.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Al fine di creare una geometria coerente il programma calcola il gioco modificando la cremagliera generatrice virtuale il modo che i diametri , la correzione x*m, sia quella teorica,e partirà dal concetto che la cremagliera generatrice abbia uno spessore circolare aumentato (o diminuito) per eseguire il profilo senta spostarsi dalla sua posizione teorica.

La cremagliera generatrice aumenta (virtualmente) il suo spessore circolare, in modo da ottenere il gioco desiderato senza modificare nessun altro dato implicato nei calcoli.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Il programma esegue il calcolo dei giochi distribuendo il gioco Jtt in 2 pari uguali tra pignone e cremagliera

αt = angolo di pressione trasversale o circonferenziale

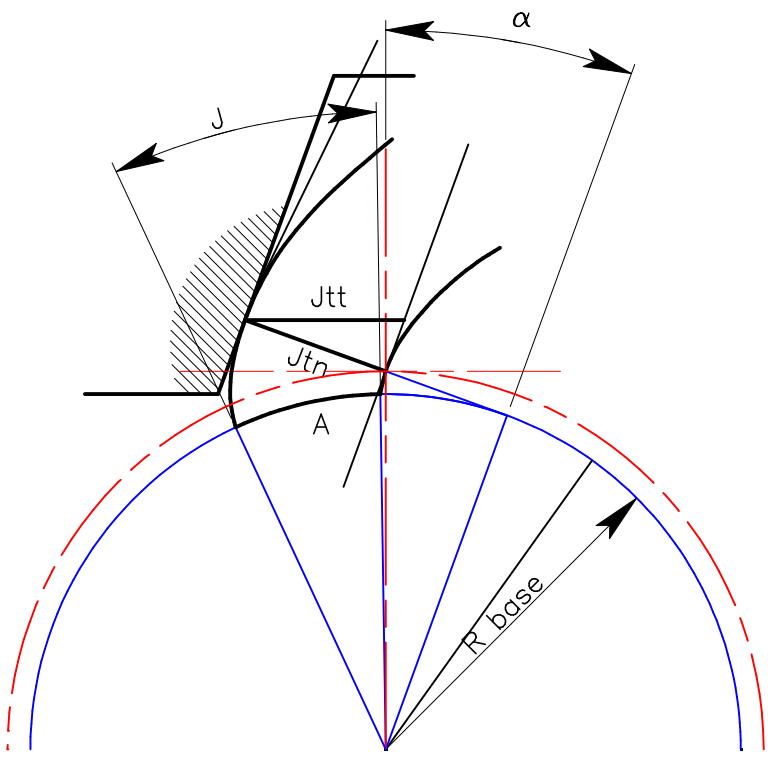
L'arco A = Jtn = Jtt* cos αt = costante in virtù delle evolventi parallele

Il gioco angolare $J = \frac{Jtn * 180}{rb * \pi}$

NB.
Quando la somma delle correzioni è >< da o , l'angolo di pressione circonferenziale non coincide con l'angolo di pressione di funzionamento che è quello che conta e dove passa la direttrice del moto.
Quindi la luce effettiva che ne risulta:

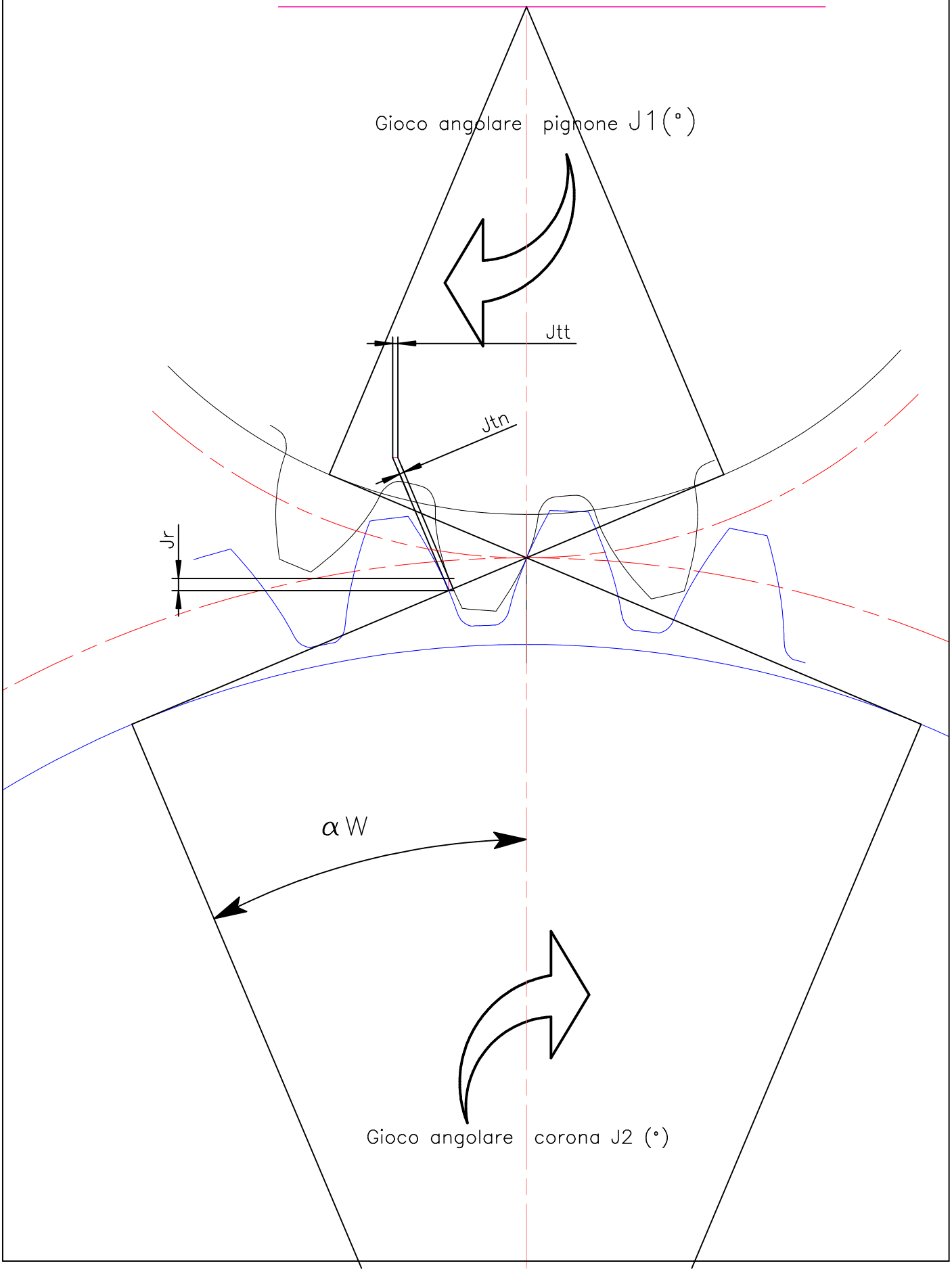
Jtn = Jtt*cos αw
αw =(angolo di pressione di funzionamento)

Jtt= Shifting dentiera generatrice (virtuale) sulla figura frontale (circonferenziale)



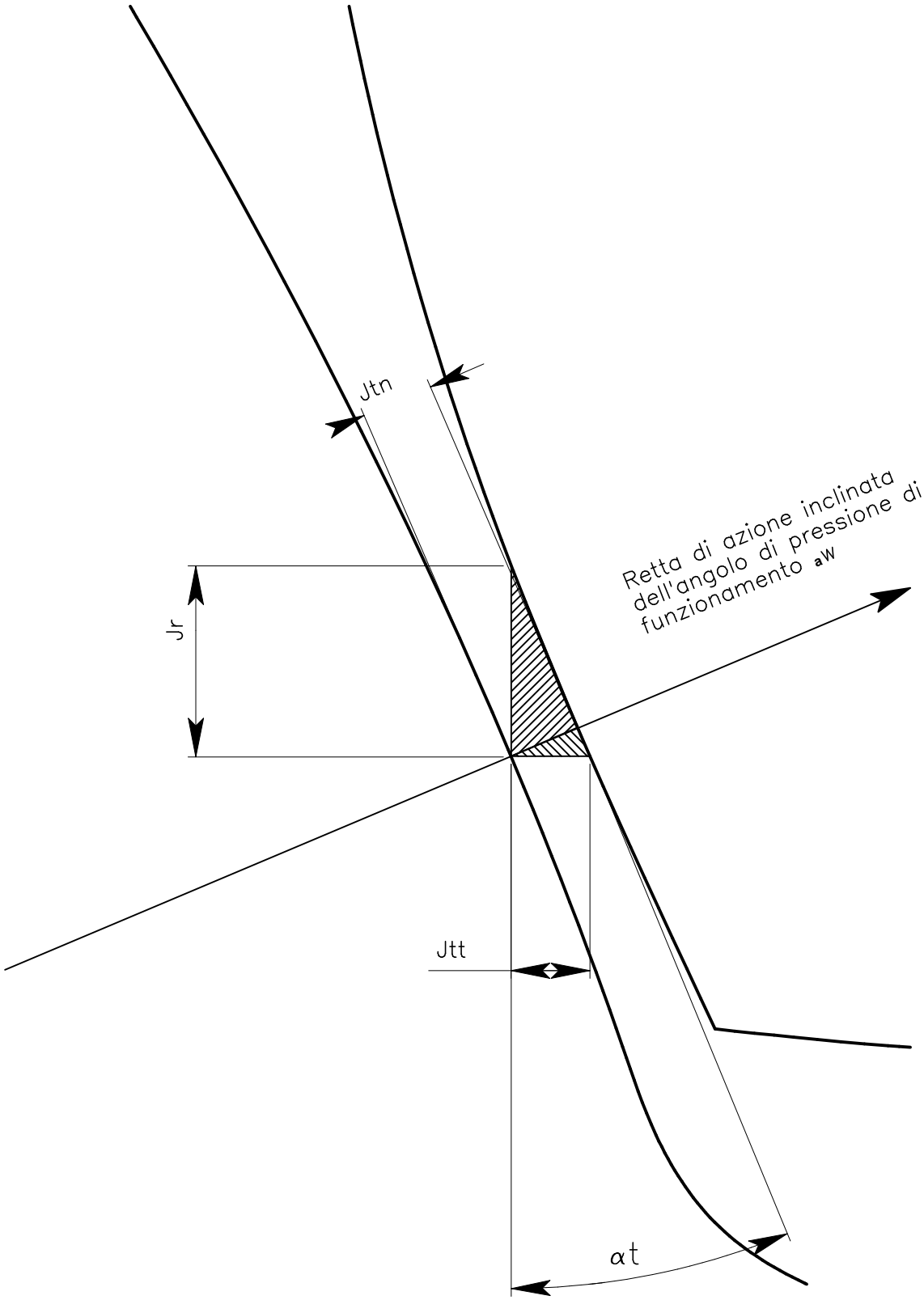
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Nomenclatura giochi nella vista circonferenziale



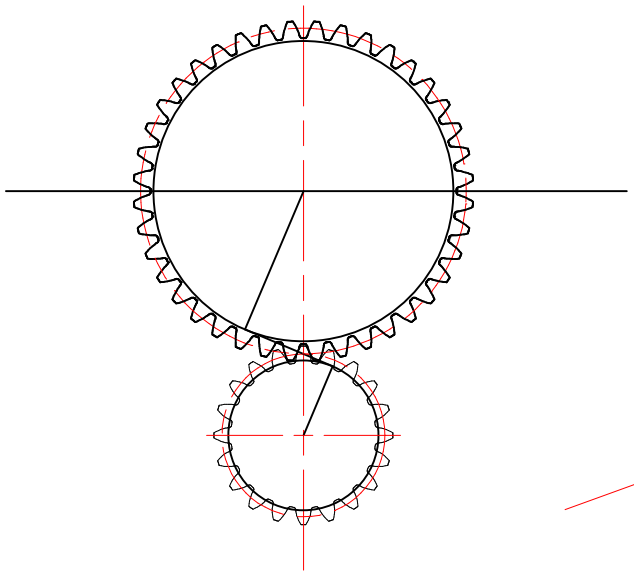
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

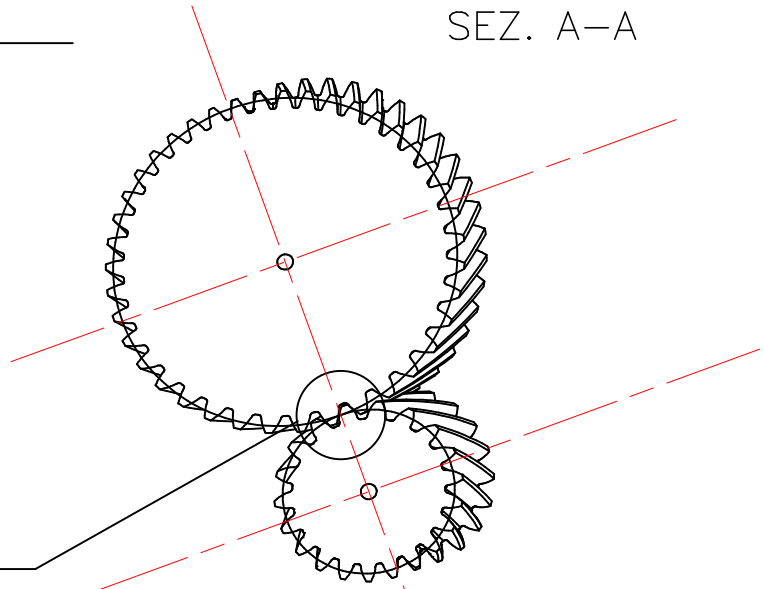
Ingrandimento del dettaglio precedente

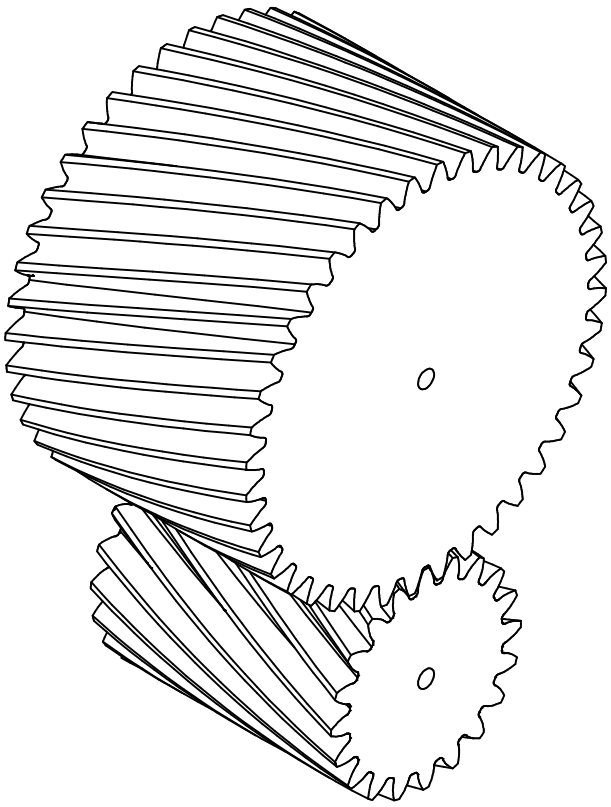


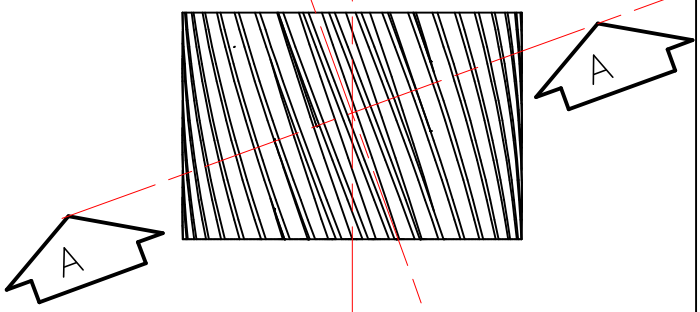
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Su una coppia a denti elicoidali abbiamo altri giochi da considerare, e sono quelli nella sezione ortogonale all'elica.



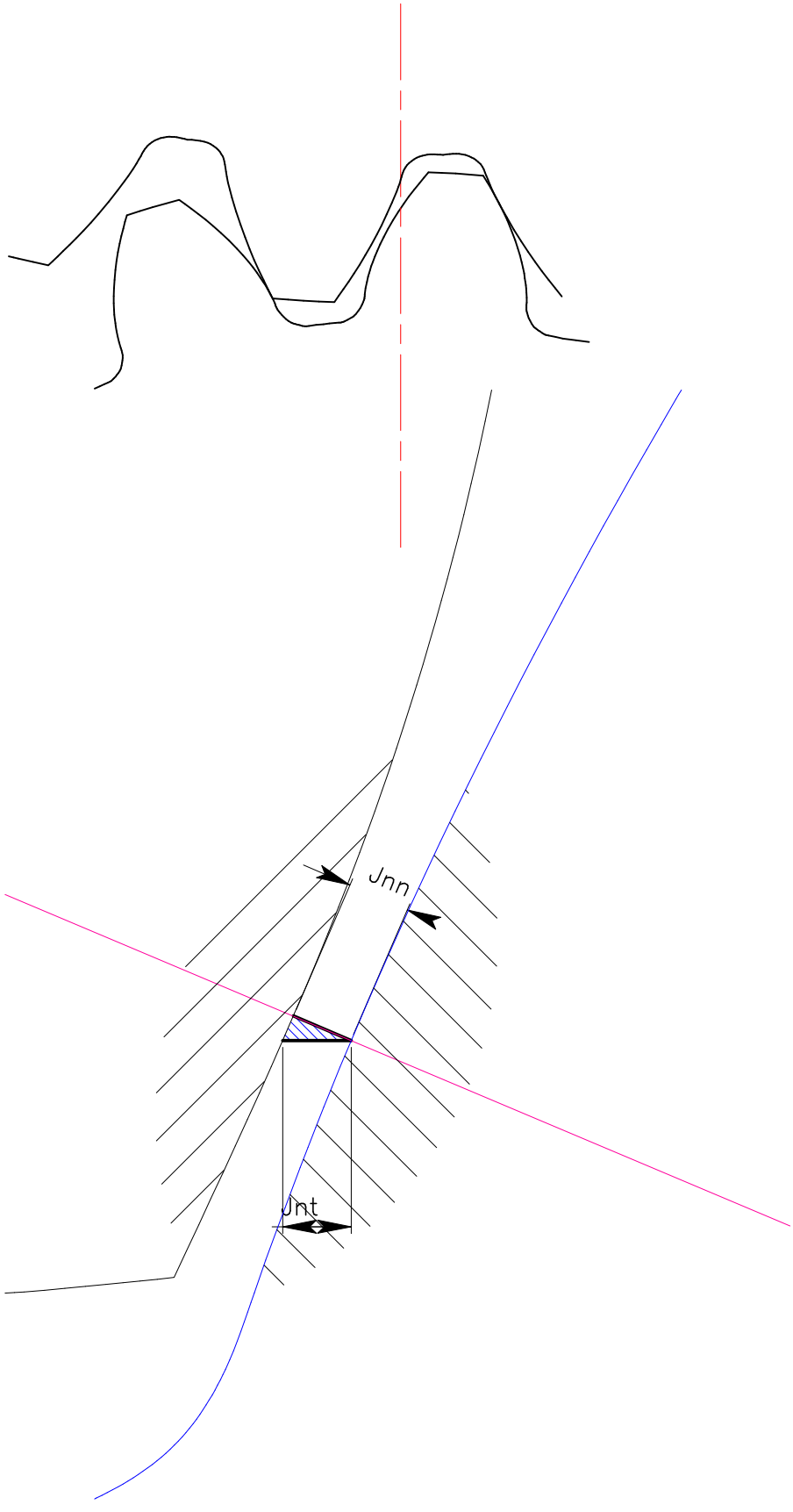




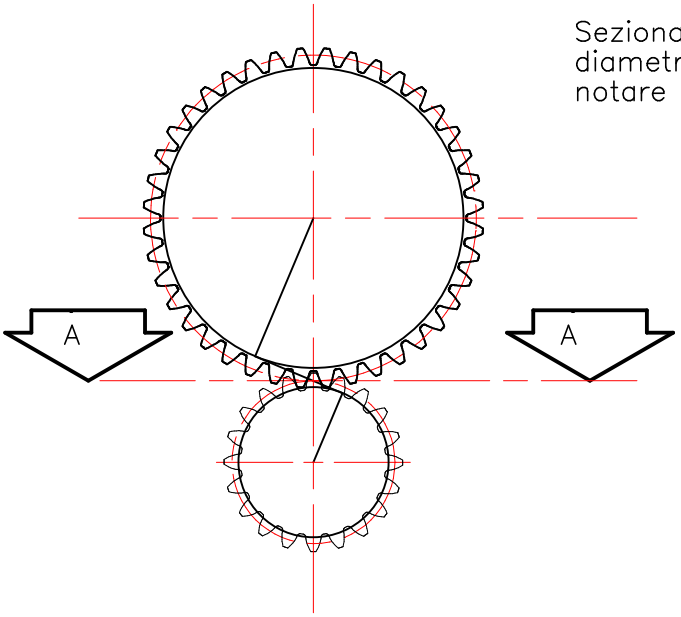


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

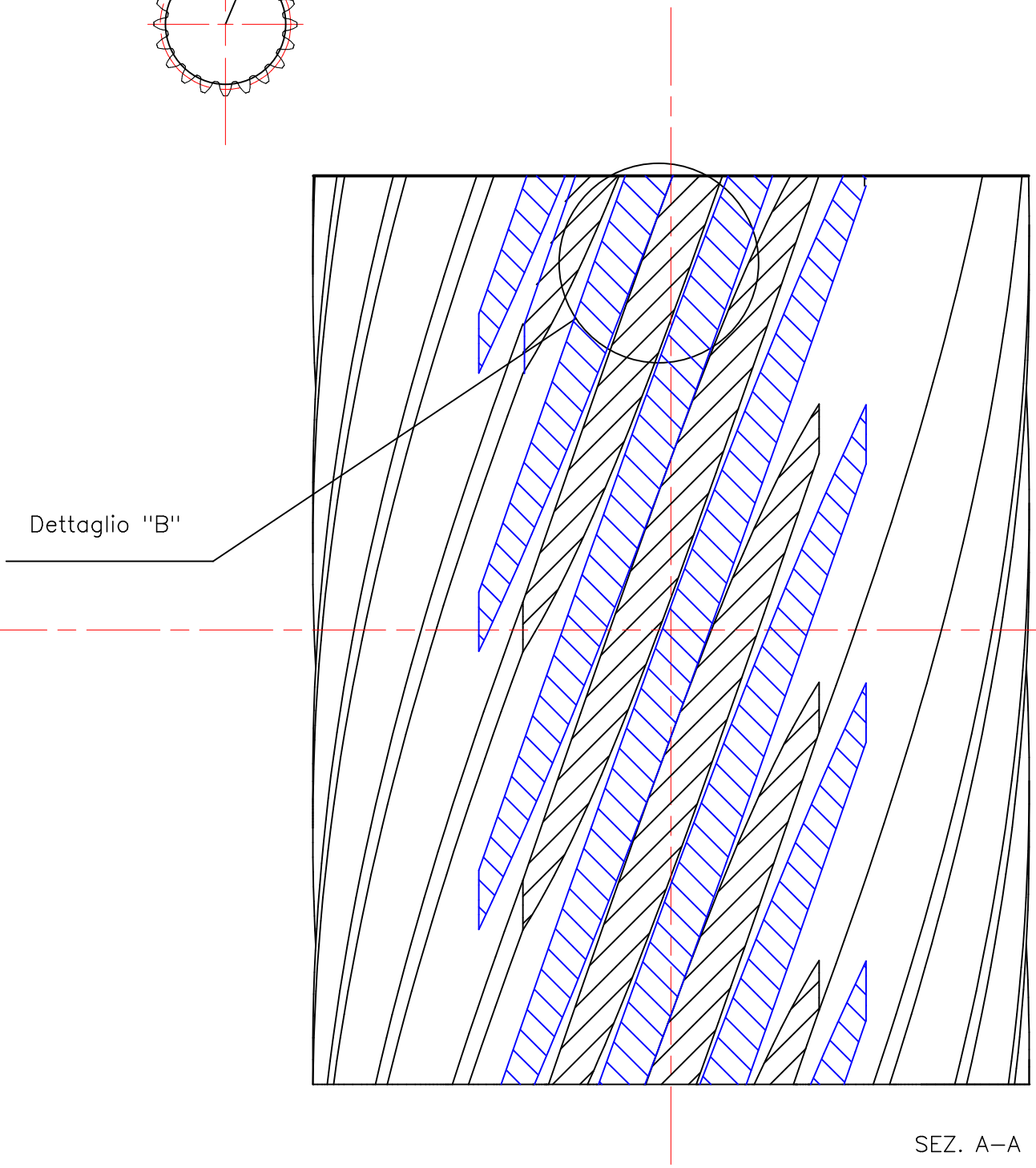
Dettaglio '' A''.
Nella sezione ortogonale all'elica, normale al dente, si producono delle situazioni di luce tra i denti similia quelle frontali circolari.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



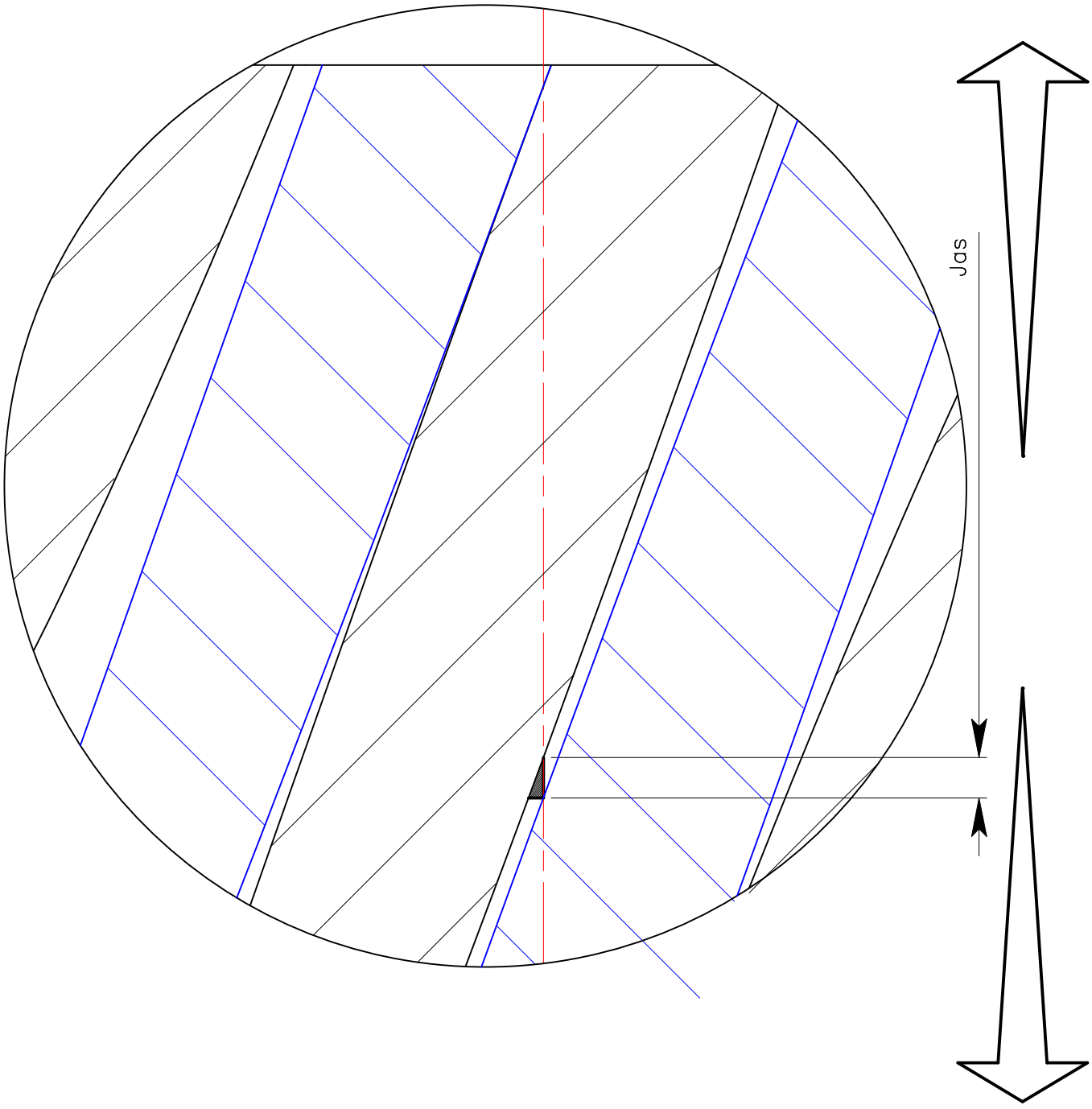
Sezionando la coppia su un piano tangente al diametro primitivo di funzionamento, si può notare che esiste anche un gioco assiale Jas



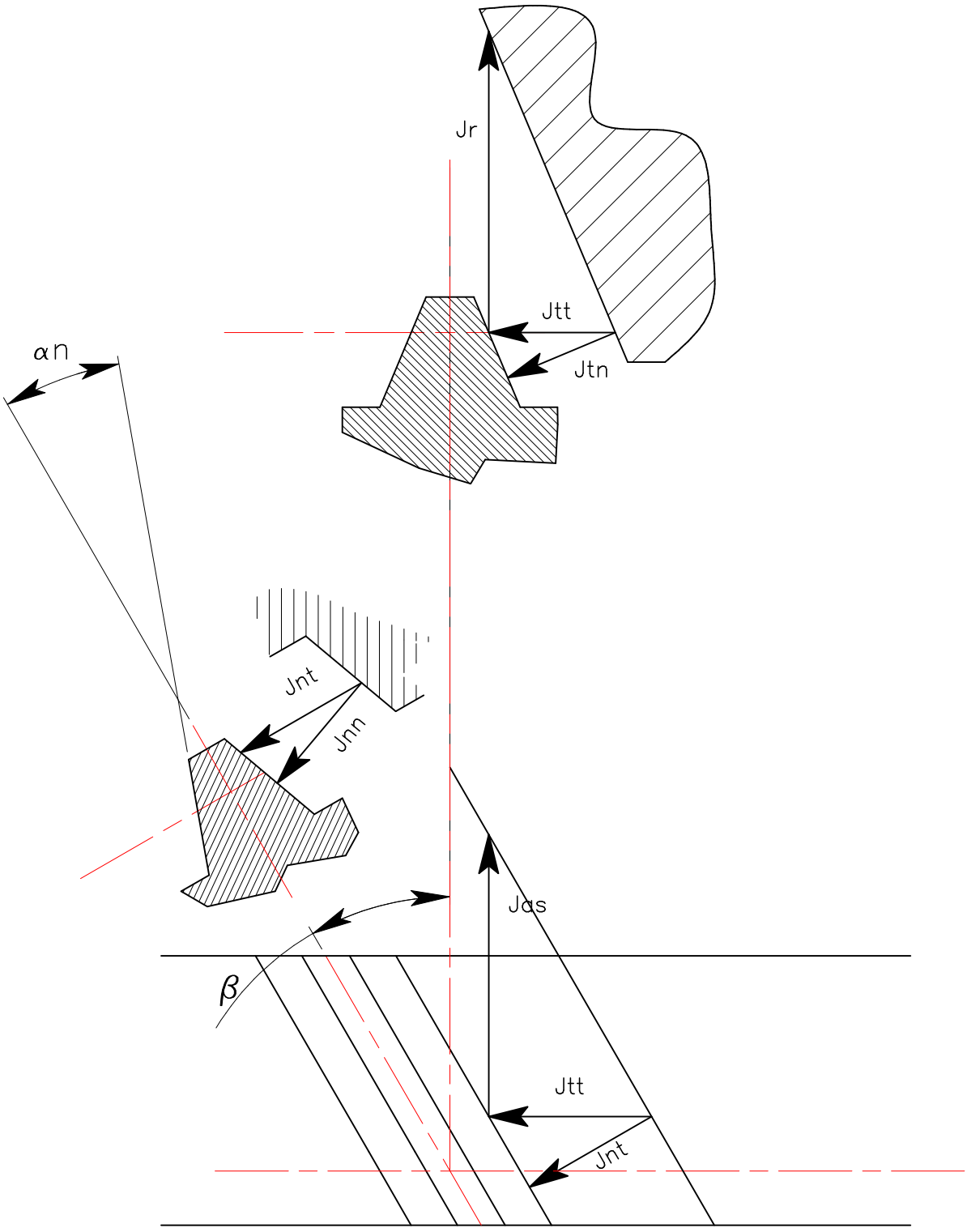
SEZ. A–A

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dettaglio "B"



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Jtt = gioco impostato, (input di partenza)

Jtn = Jtt * cos αW di funzionamento

Jnt = Jtt* /cos β

Jnn = Jnt * cos αn

Jr = Jtt/ tang α di funzionamento

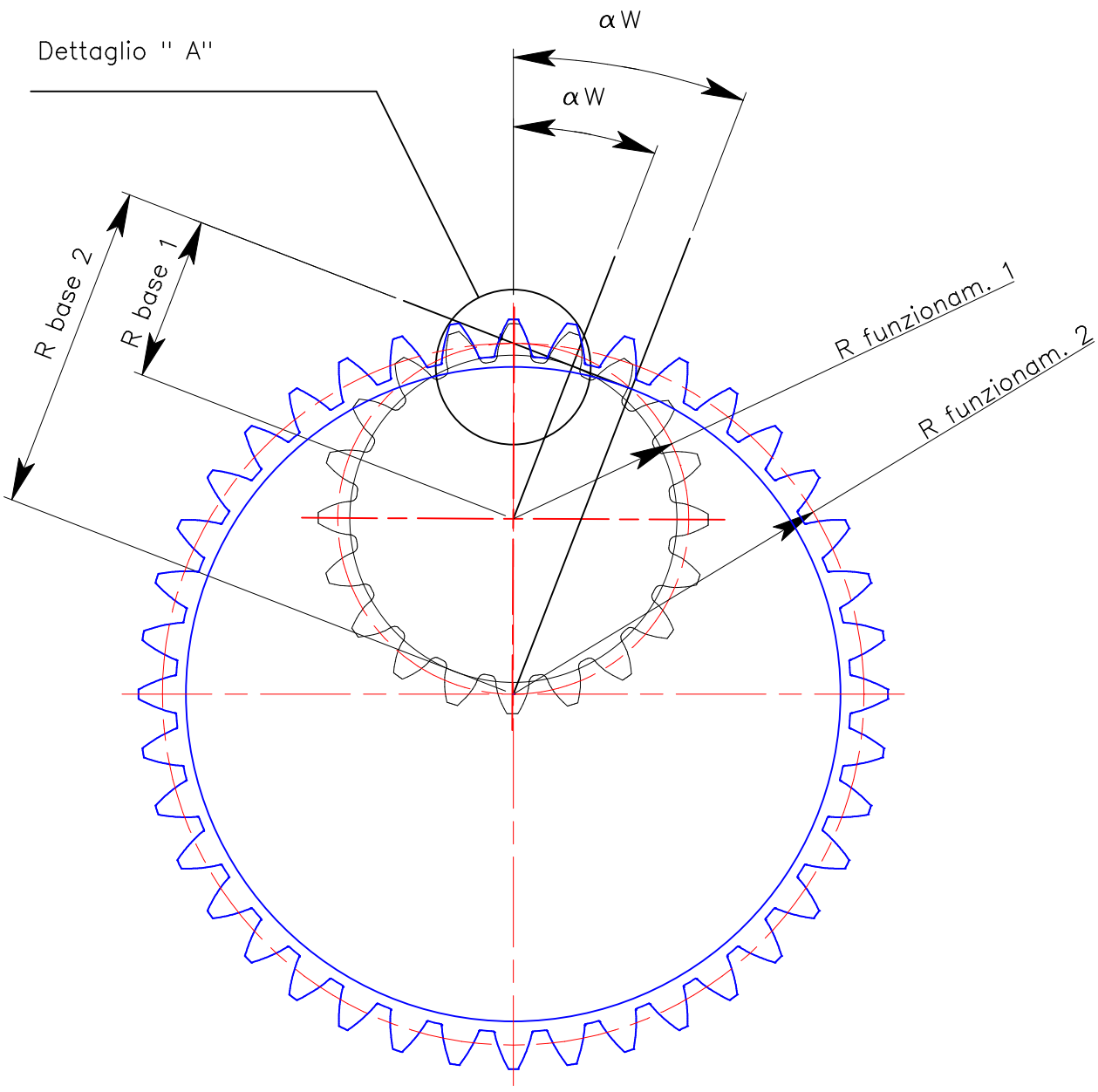
Jas = Jtt/ tang β

$$\text{Gioco angolare pignone J1 (°)} = \frac{(Jtn * 180)}{(Rb1 * \pi)}$$

$$\text{Gioco angolare pignone J2 (°)} = \frac{(Jtn * 180)}{(Rb2 * \pi)}$$

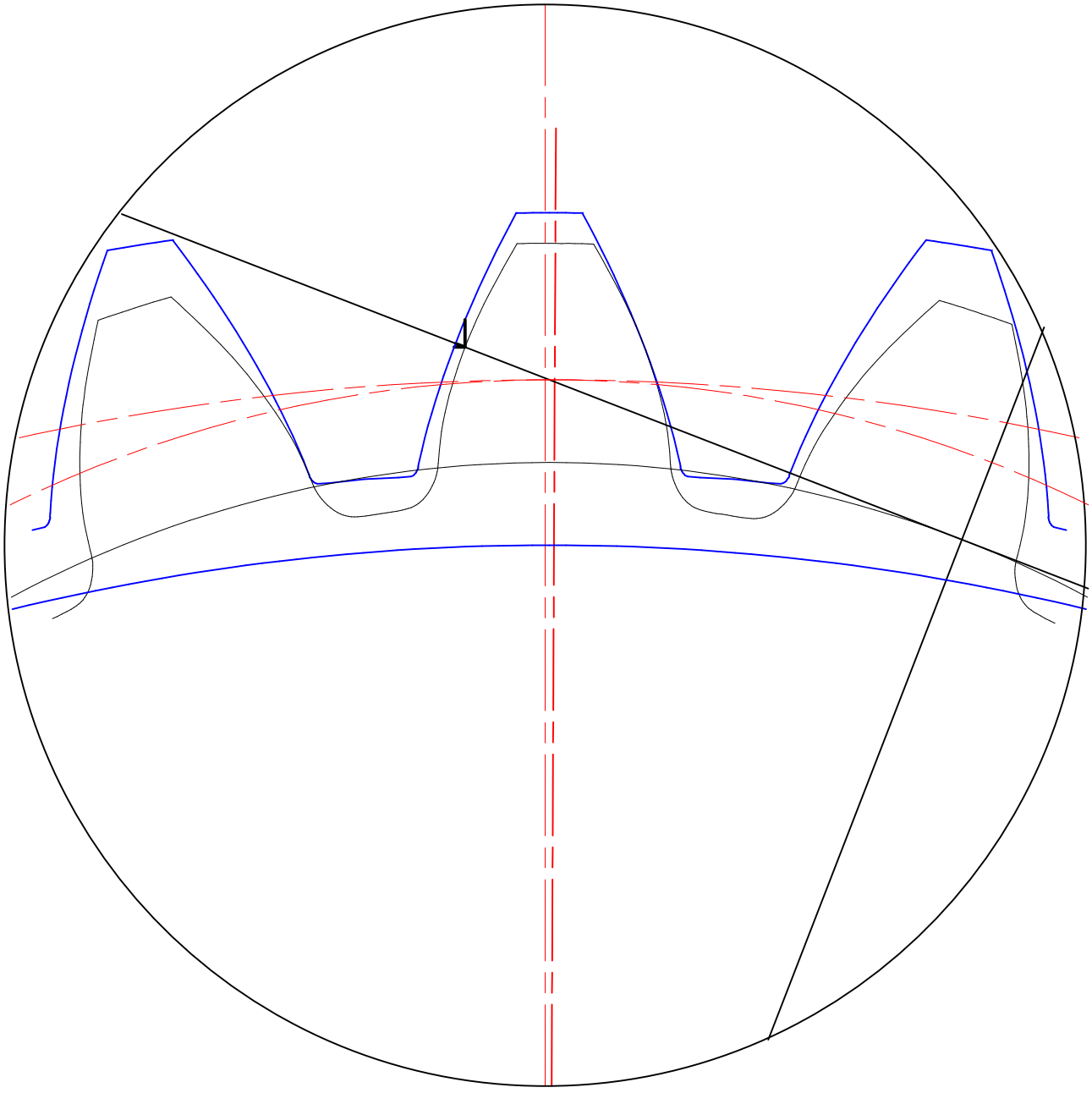
Oppure :

Gioco angolare corona = Gioco angolare pignone * Z1/Z2



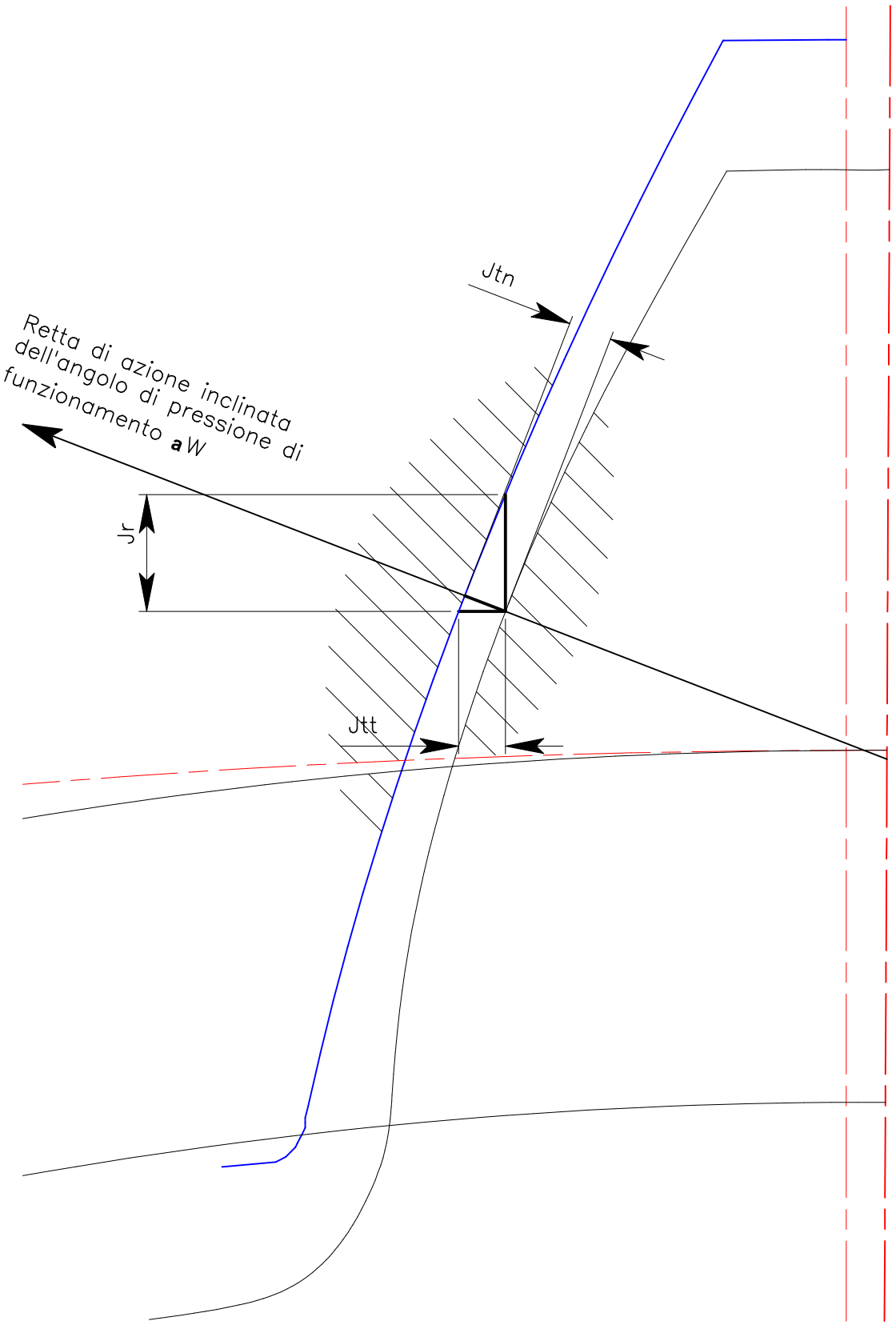
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dettaglio '' A''.



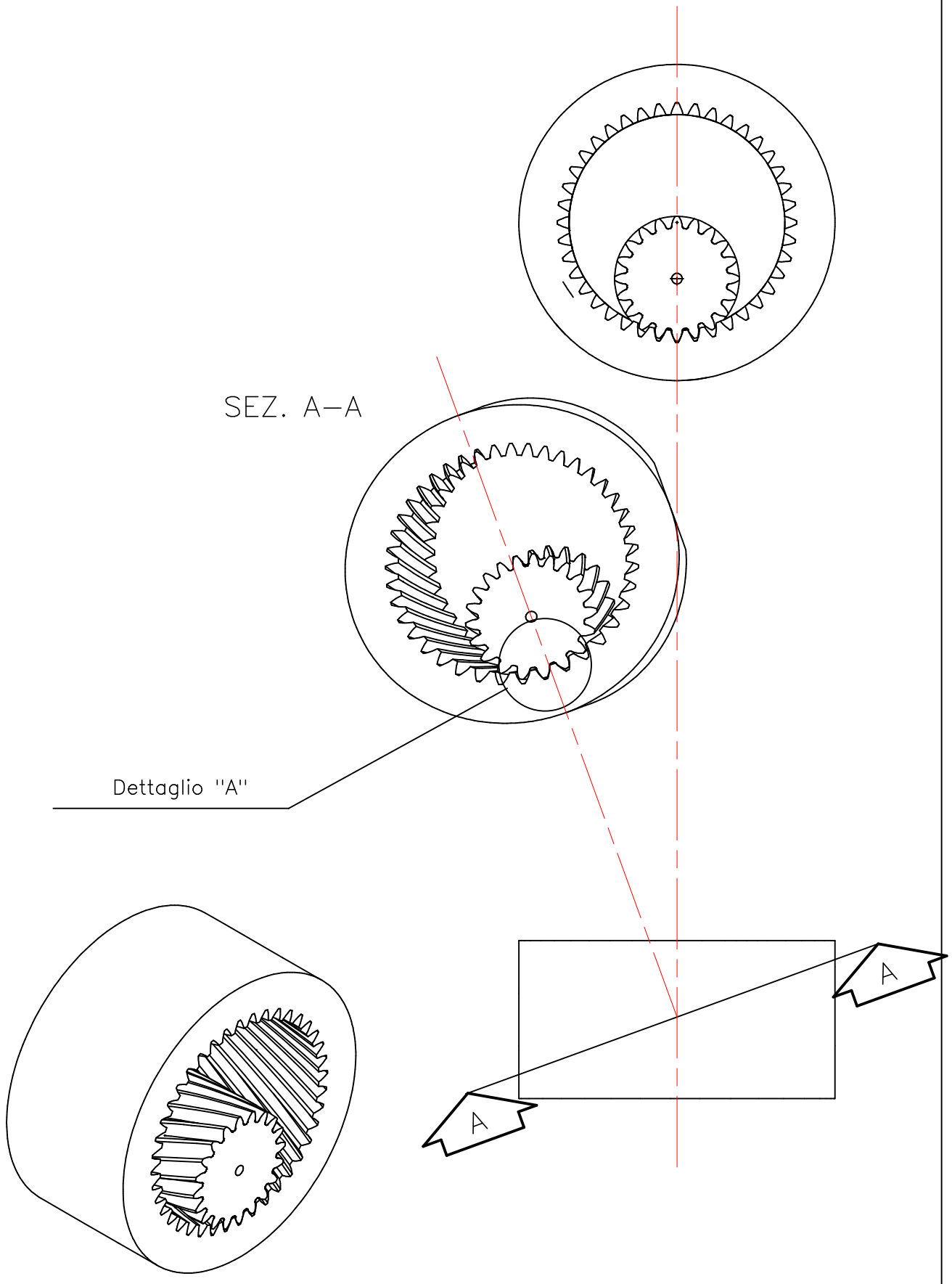
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Ingrandimento del dettaglio precedente
Valgono le stesse formule esaminate per la coppia esterna.



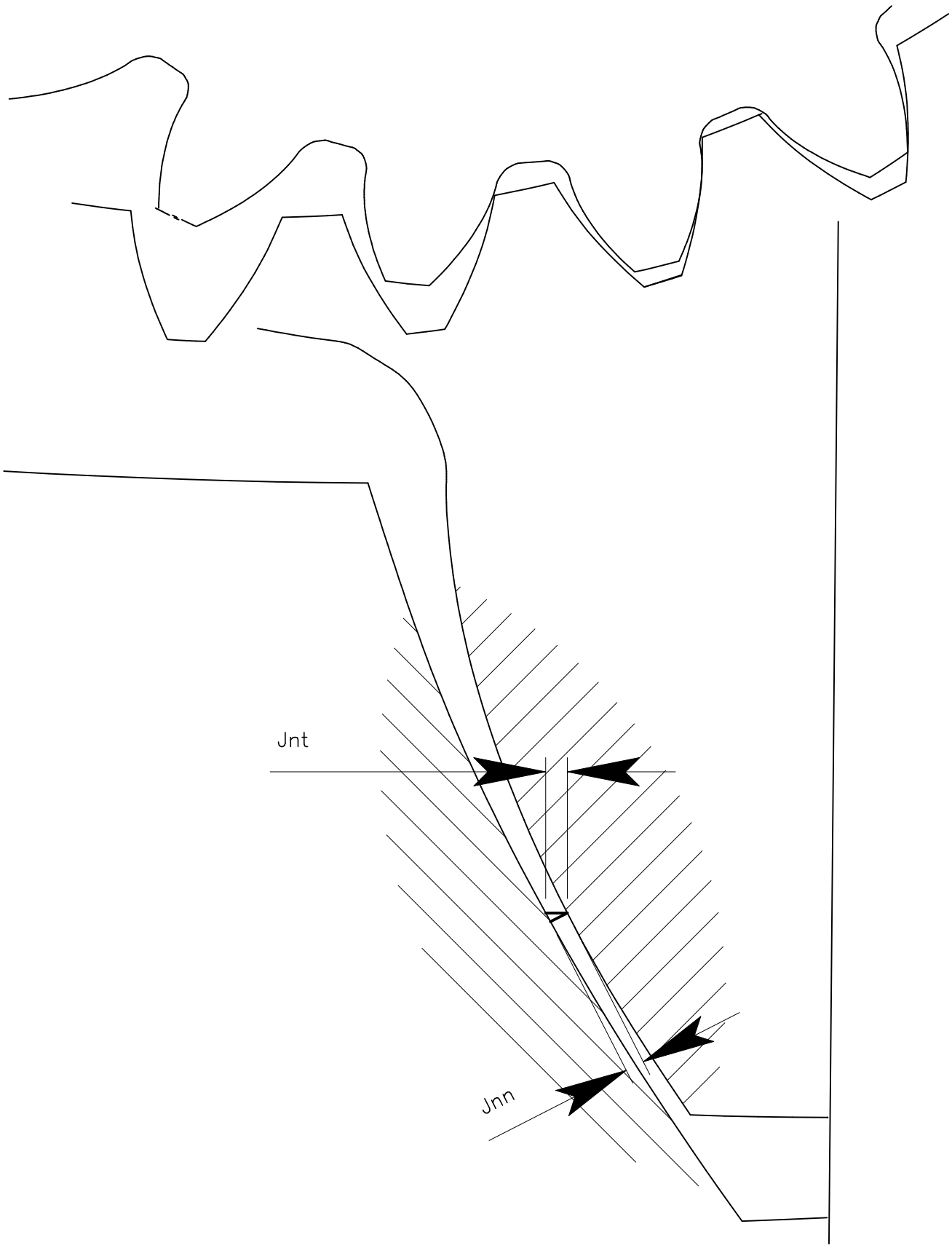
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Su una coppia a denti elicoidali abbiamo altri giochi da considerare, e sono quelli nella sezione ortogonale all'elica.

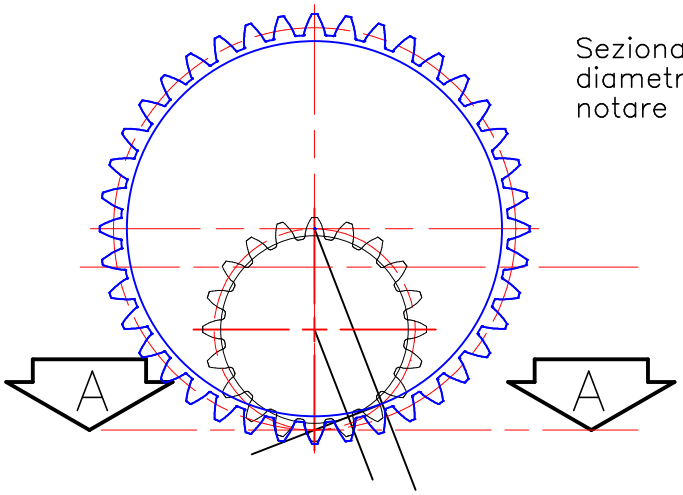


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

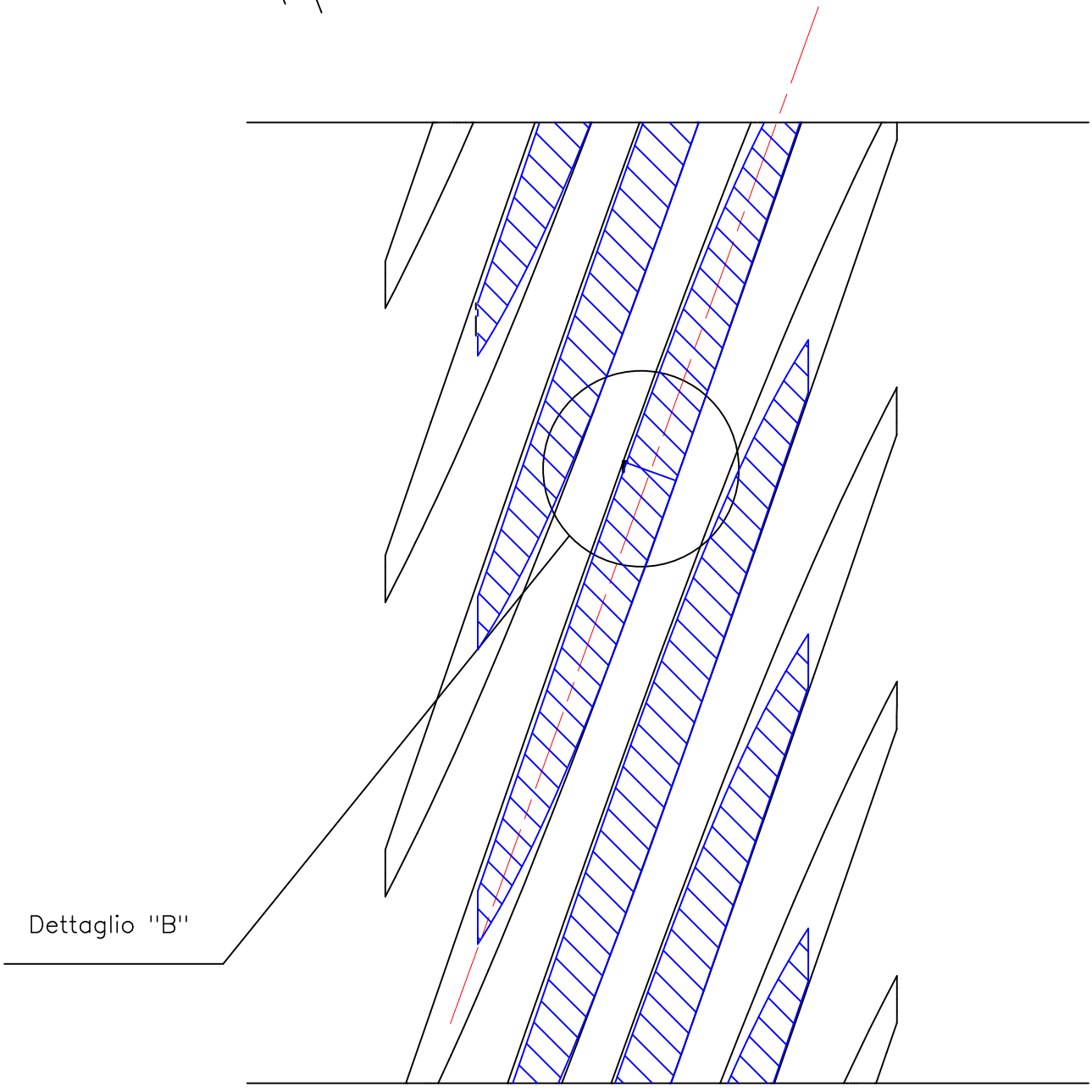
Dettaglio '' A''.
Nella sezione ortogonale all'elica, normale al dente, si producono delle situazioni di luce tra i denti simili a quelle frontali circolari.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



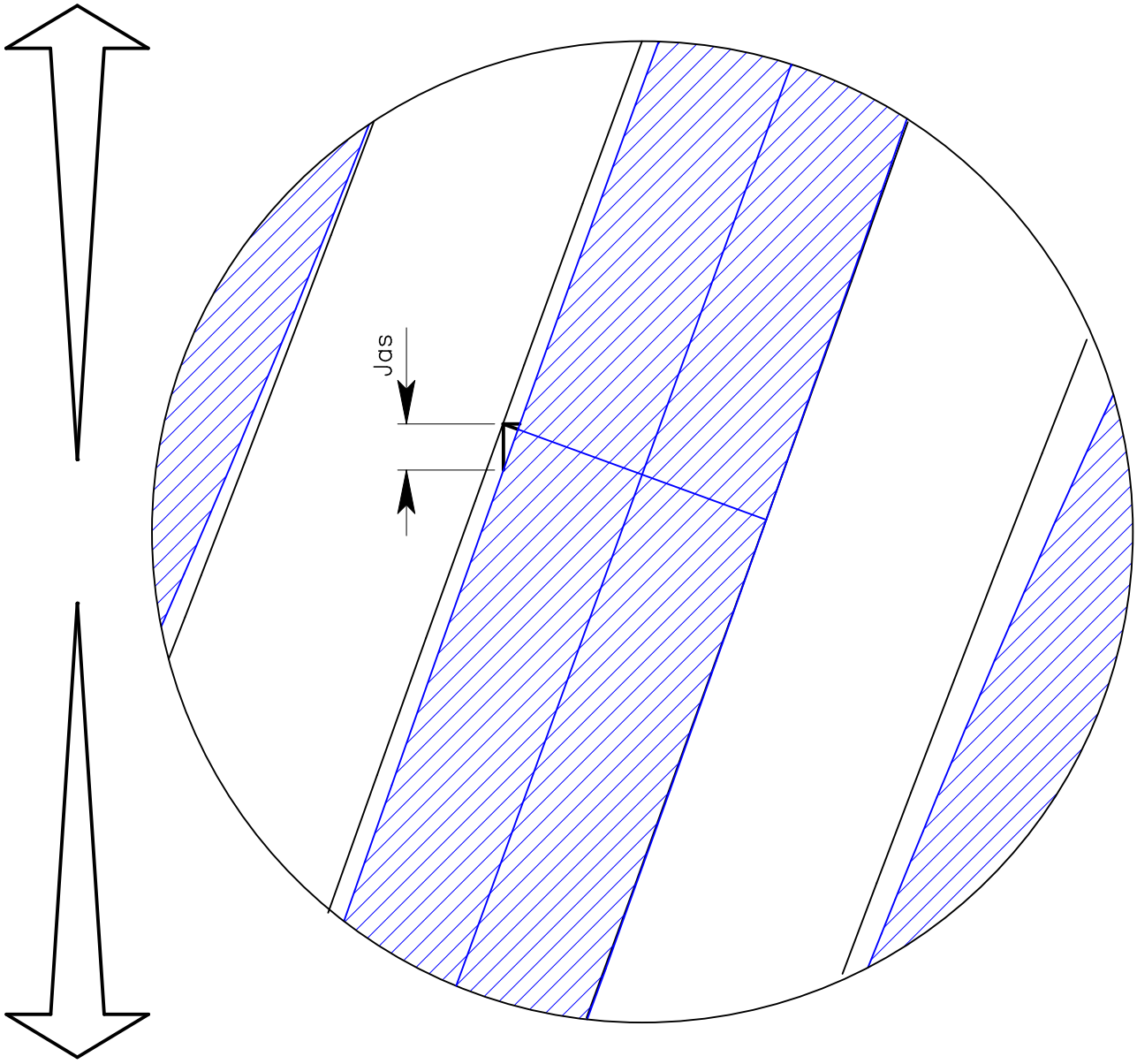
Sezionando la coppia su un piano tangente al diametro primitivo di funzionamento, si può notare che esiste anche un gioco assiale Jas



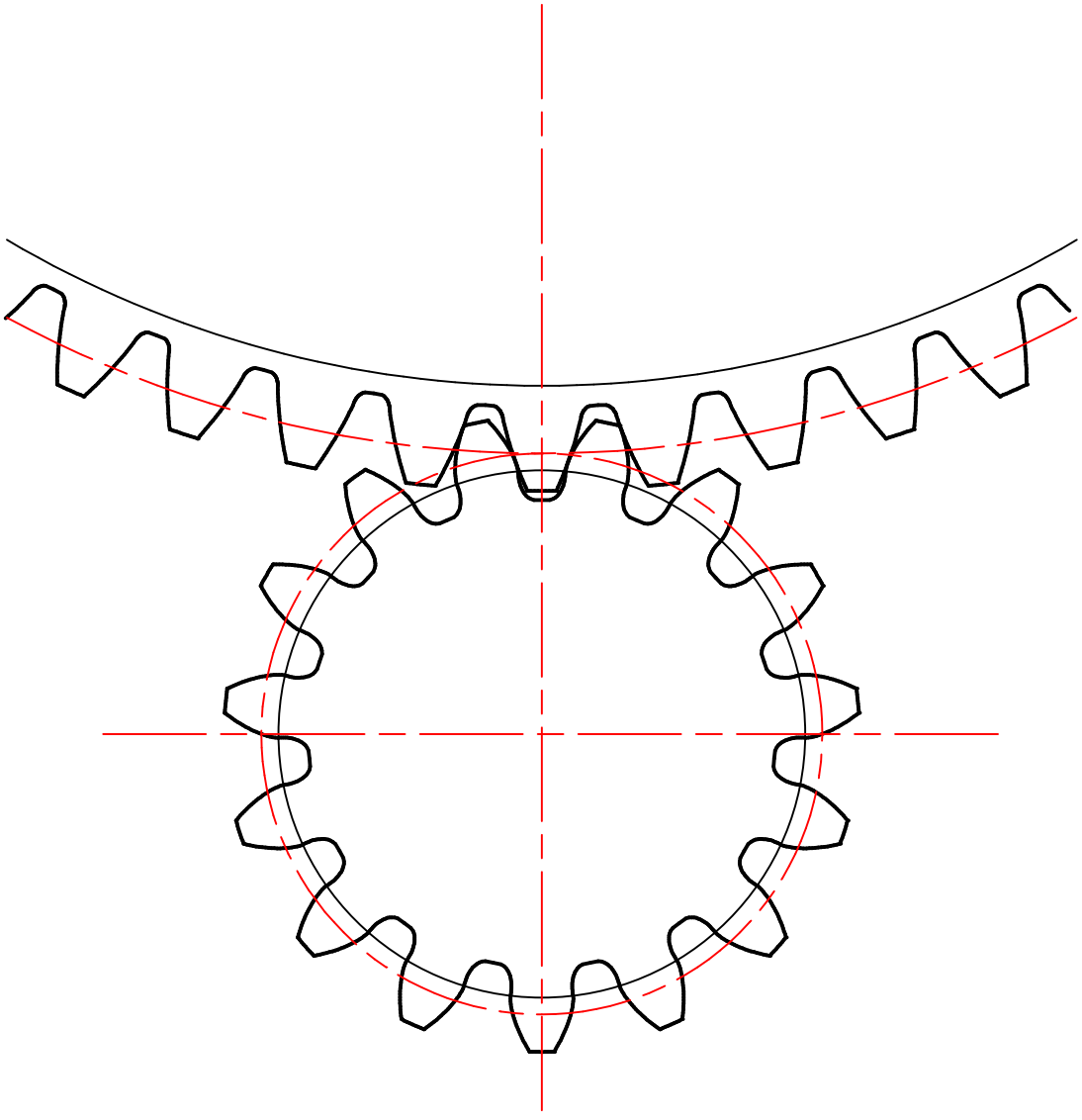
SEZ. A–A

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dettaglio "B"

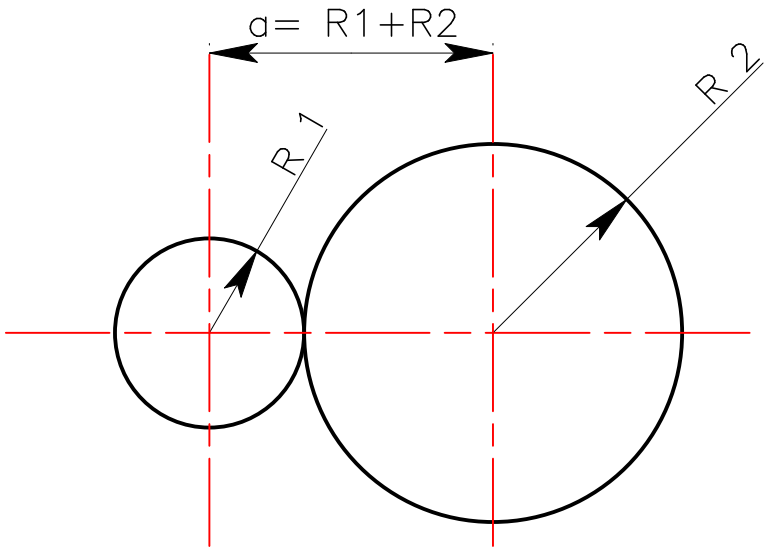


STUDIO DELL'INGRANAMENTO



Interasse
R= mn*Z/2 per dentature diritte, per dentature elicoidali R1= mt*Z/2
Normalmente si conoscono R1 ed R2 perchè scelti in fase di progetto.
L'interasse a = R1+R2
Se invece conosco Z1, Z2 e u interasse imposto, allora ho bisogna individuare mn, oppure mt, oppure mw.
Es.
Z1=10 imposto
Z2=20 imposto
Interase a imposto = 40

R1= a/(Z1+Z2)* Z1	= 40/30*10= 13.3333
R2= a/(Z1+Z2)*Z2	= 40/30*20= 26.6667



Abbiamo appena calcolato i diametri di funzionamento
Potrebbe esssere una coppia come segue:

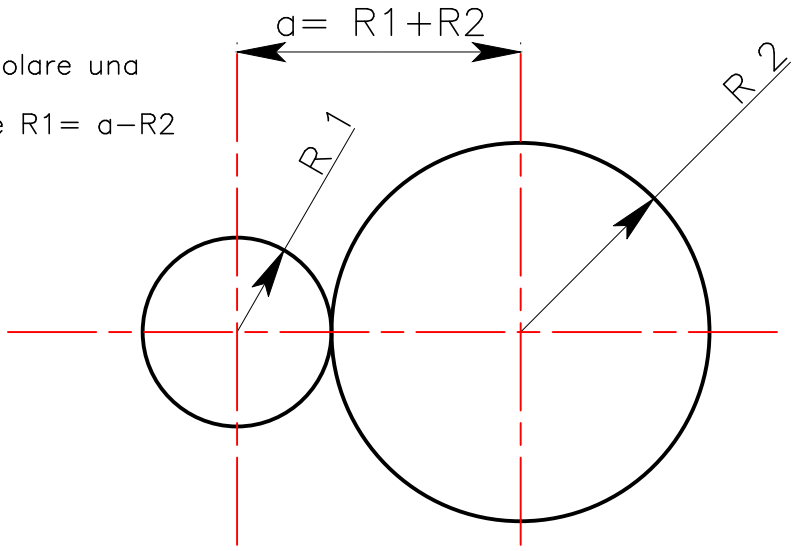
a) M = 2*R1/Z1 = 2*13.3333/10 = 2.66667
Un modulo che non esiste, meglio evitare.
B) si impiega un modulo 2.5 e si fa una dentatura elicoidale. si procede come segue:
Se fossero a denti diritti avremmo un interasse teorico di:
2.5*(10+20)/2 =37.5
Disponendo di un interasse di 40
Arcos beta = 37.5/40 = 20°21'51''
e anche: visto che inizialment e avevamo un modulo teorico =2.6667, si poteva subito considerare che quel modulo fosse il modulo circonferenziale di una ruota elicoidale.pertanto
Arcos beta = 2.5/2.6667 =20°21'51''
Anche in questo caso il diam. primitivo coincide col diam. di funzionamento.

C) Si impiega un modulo 2.5 e si correggono le ruote
(Si avrà per tutte e due un +Xm che non trattiamo qui)

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dato un interasse fisso ed un rapporto di trasmissione A/B = i,
ci sono solo due circonferenze tangenti che possono soddisfare questa situazione
A/B = R1/R2
A/B va estpresso con l'unita al numeratore , Es. i= 20/30 = 1/1.5
Esempio: (A) (B)
Posto un interasse a = 100
i = 1 / 1.5
i = 0.66666666

Ovviamente è sufficiente calcolare una sola ruota perchè esiste questa relazione: R2= a−R1 e R1= a−R2



$R1 = a * \frac{A}{(B+1)}$	R1= 100 *1/(1.5+1) =40 R2 sarà= 100−40 =60

e anche :

$R1 = a * \frac{i}{i+1}$	R1= 100 *0.66666/(0.6666+1) =40 R2 sarà= 100−40 =60

$R2 = \frac{a}{i+1}$	R2= 100 (0.6666+1) =60 R1 sarà= 100−60 =40

2*R1 e 2*R2 sono i diam. di funzionamento.

Possono coincidere o no con un ingranaggi che hanno M*Z o Mt*Z oppure con un ingranaggi corretti che abbiano quei diametri
Sono gli unici cerchi possibili che dato un interasse abbiano quel rapporto di trasmissione voluto.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Per le dentature ionterne

$$R1 = a * \frac{A}{(B-1)}$$

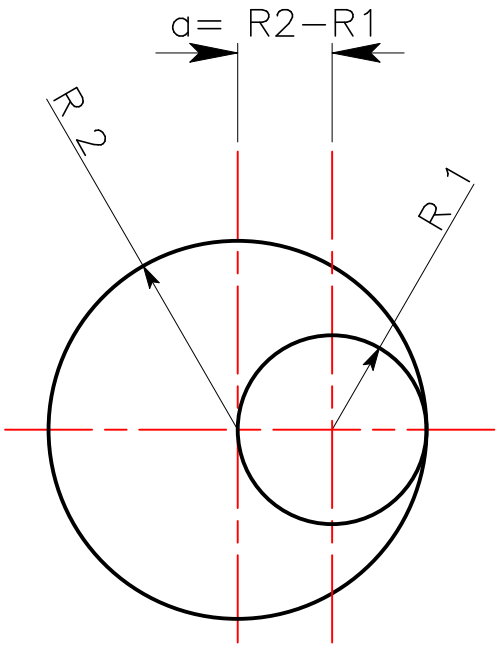
$$R2 = \frac{a}{(i-1)}$$

$$R2 = a + * R1$$

Es.
mn = z1= 20 Z2 = 50
i= 20/50 = 0.4
a=45
A=1
B=2.5
1/2.5=0.4

$$R1 = 45 * \frac{1}{(2.5-1)} = 30$$

$$R2 = \frac{45}{(0.4-1)} = -75$$



se invece si conoscono già i numeri di denti delle ruote,
allora si puossono anche calcolare i raggi come segue:

$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{R1}{R2}$$

R1= a/(Z2−Z1)* Z1 es. 45/(50−20)*20= 30

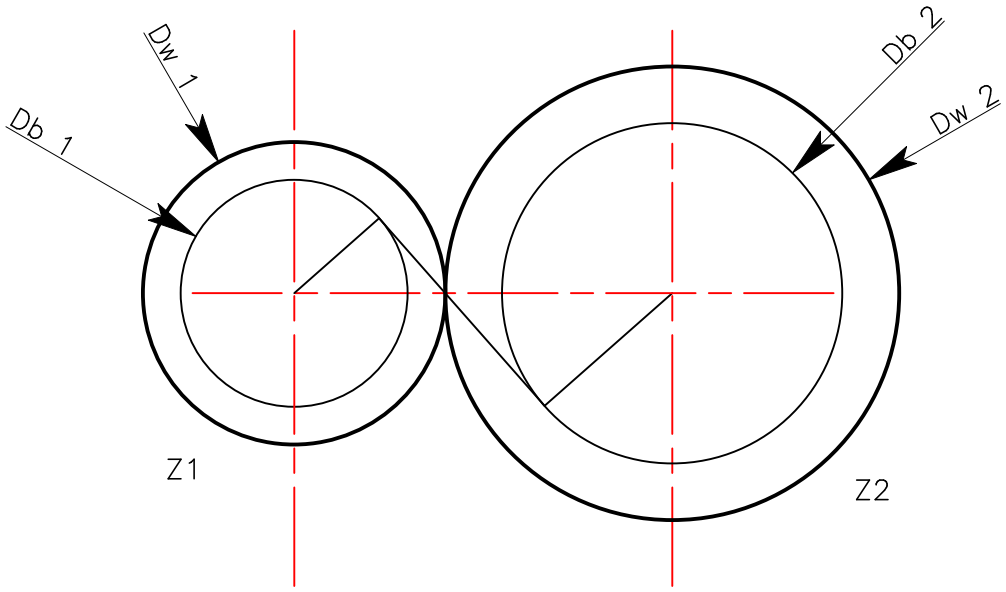
R2= a/(Z2−Z1)* Z2 es. 45/(50−20)*50= 75

oppure:

R1= a/(Z2/Z1−1) es. 45/ (50/20−1)= 30
R2= a/(Z1/Z2−1) es 45/ (20/50−1)= −75

I soli diametri 40 e 60 dunque procurano il rapporto 1/1.5
Esistono altri due diametri che possono avere lo stesso rapporto ,
MA NON SONO TANGENTI
Sono i diametri di base collegati con i denti delle ruote come fossero delle catene o cinghie.
Inoltre esistono i denti... e il loro numero deve essere nello stesso rapporto.

$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{Dw1}{Dw2} = \frac{Db1}{Db2}$$

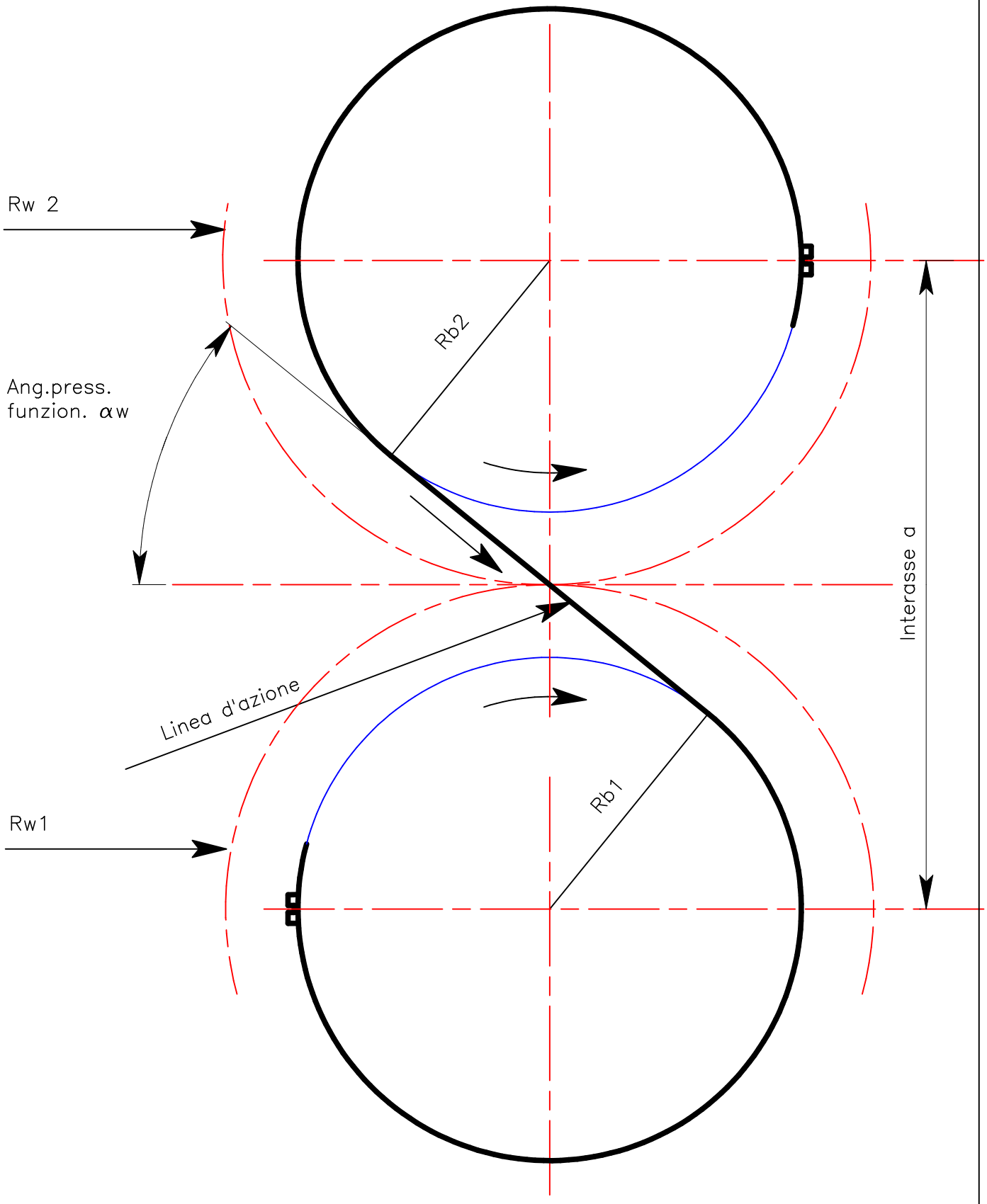


Tutti gli altri diametri non hanno nessun ruolo nei calcoli della trasmissione
A livello pratico/meccanico i diametri di funzionamento e di base non sono in grado di trasmettere niente, servono solo per i calcoli geometrici.

Il vero rapporto di trasmissione reale, meccanico, imperativo, immodificabile, tra la ruota motrice e la ruota condotta, è il seguente:

$$i = \frac{Z1}{Z2}$$

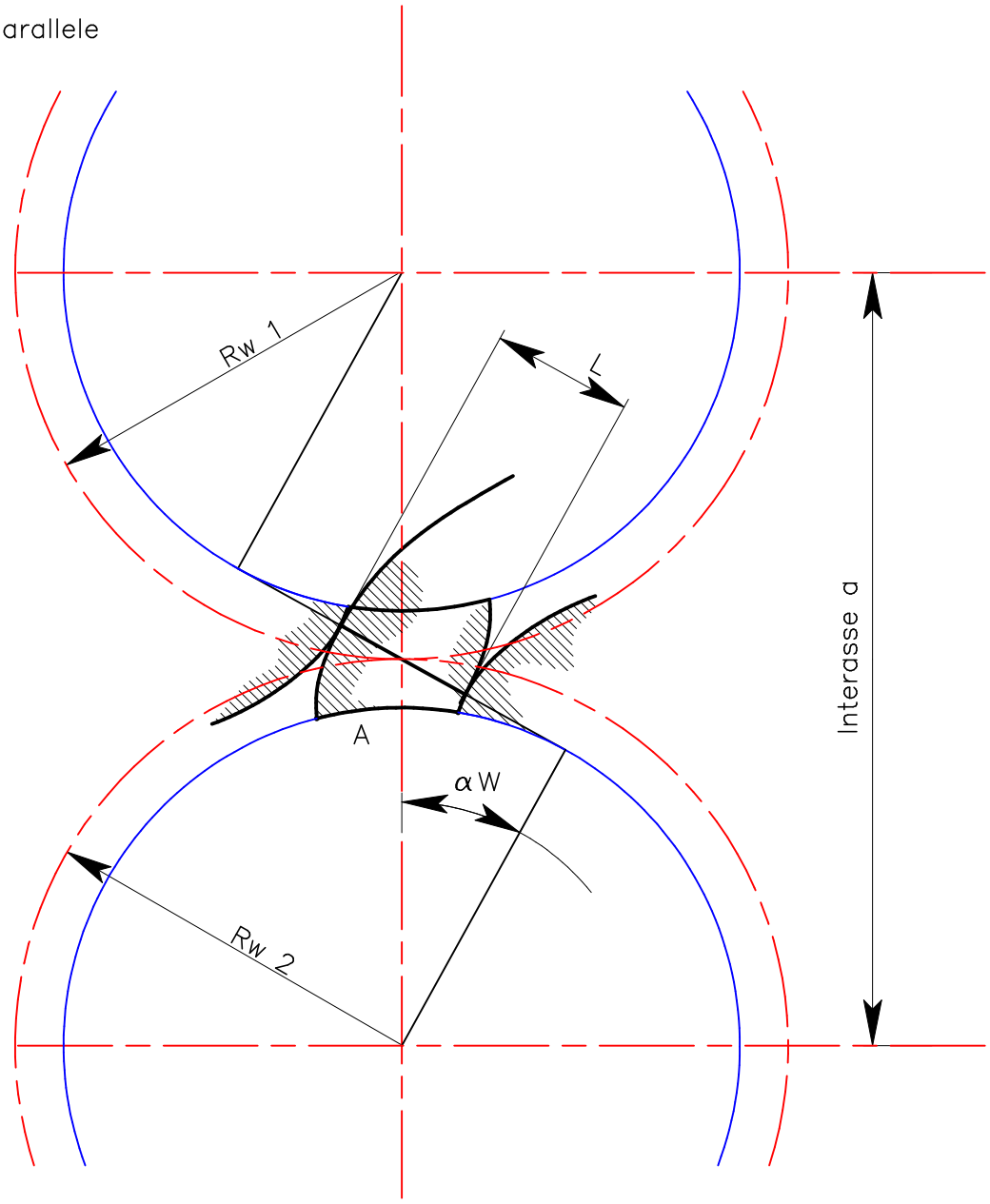
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Le evolventi coniugate trasmettono il moto come ci fosse una corda fissata sui diametri di base.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Evolventi parallele



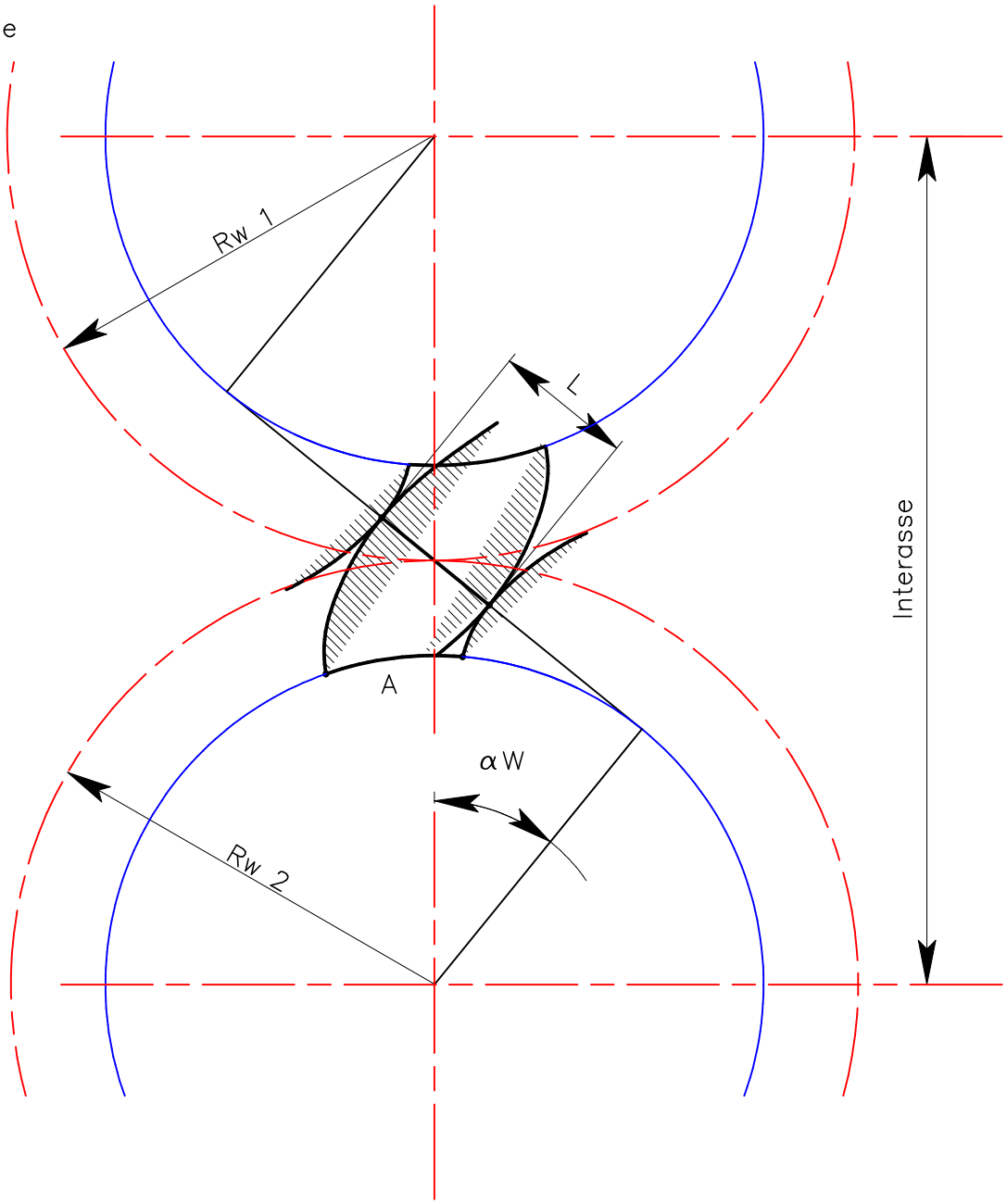
Le evolventi di due ruote dentate sono complementari (profili coniugati).

L =A

Questa proprietà permette di avere la continuità di ingranamento

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Evolventi parallele



Anche se aumentiamo l'interasse, i profili rimangono coniugati.

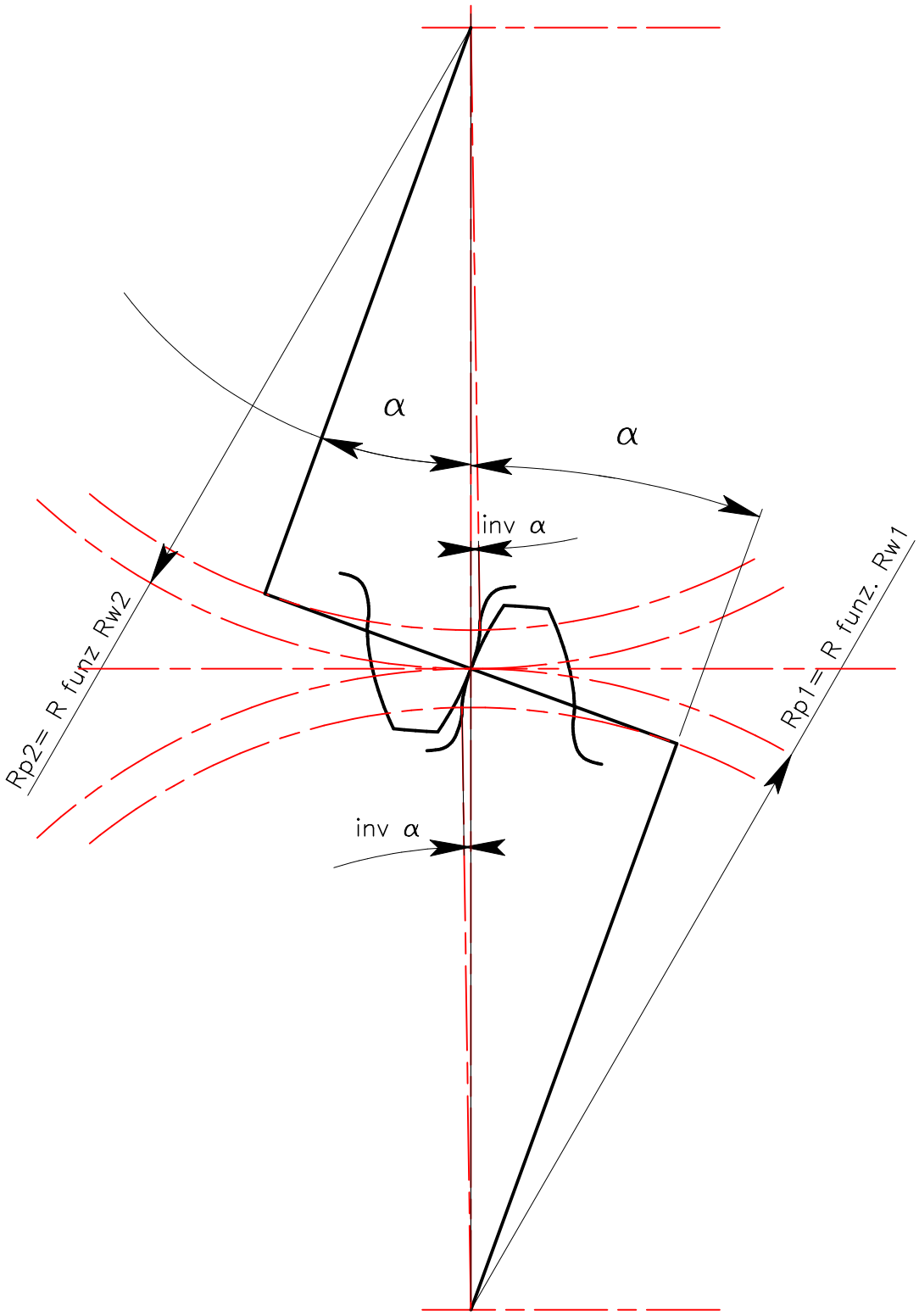
L = A

Cambieranno solo i diametri di funzionamento
e l'angolo di pressione di funzionamento.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Per lo studio dell'ingranamento è bene ruotare i triangoli in questa posizione.

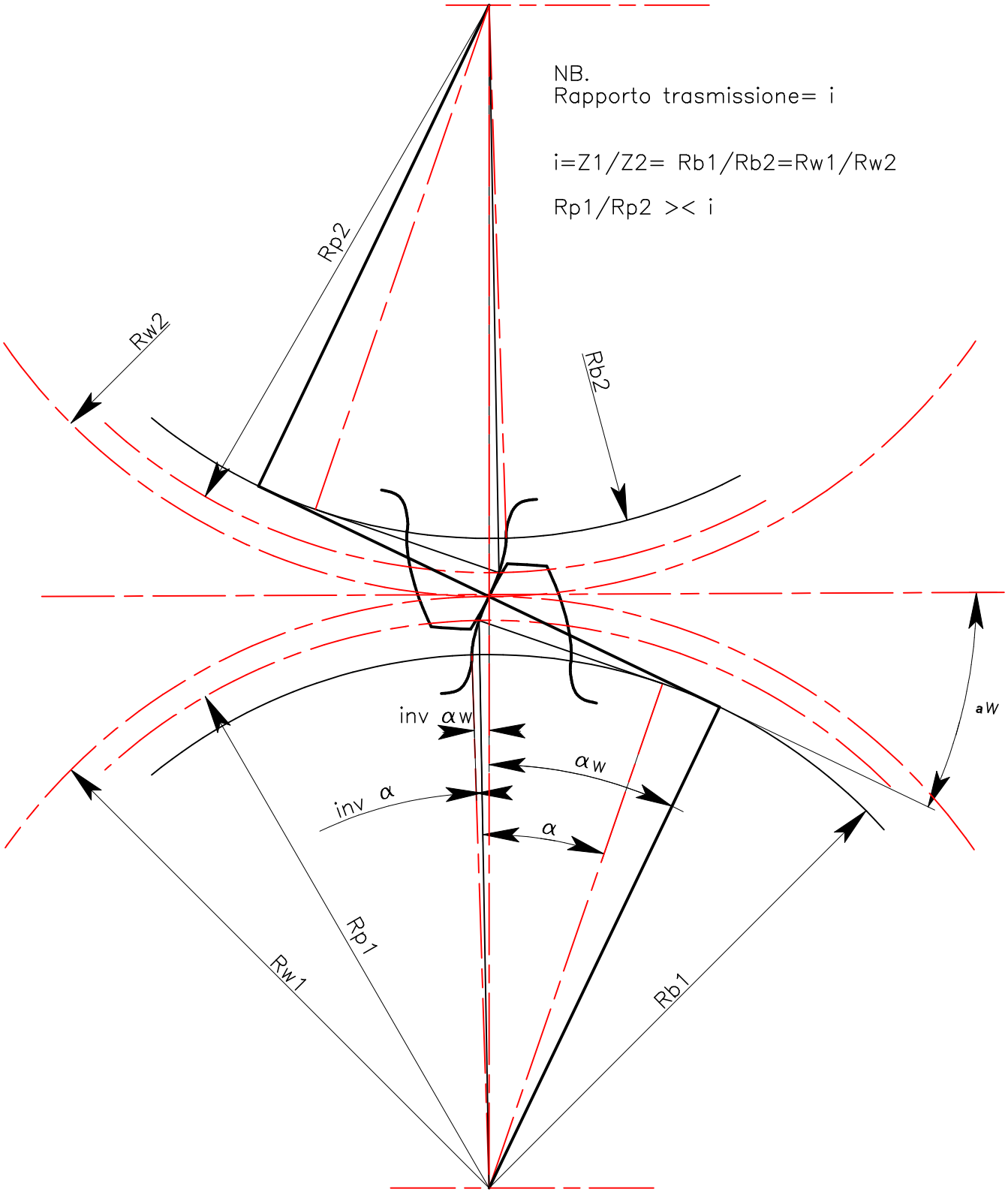
Dentature normali : entra in gioco α ang.pressione
Dentature elicoidali: entra in gioco αt ang.press. trasversale (o circonferenziale)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

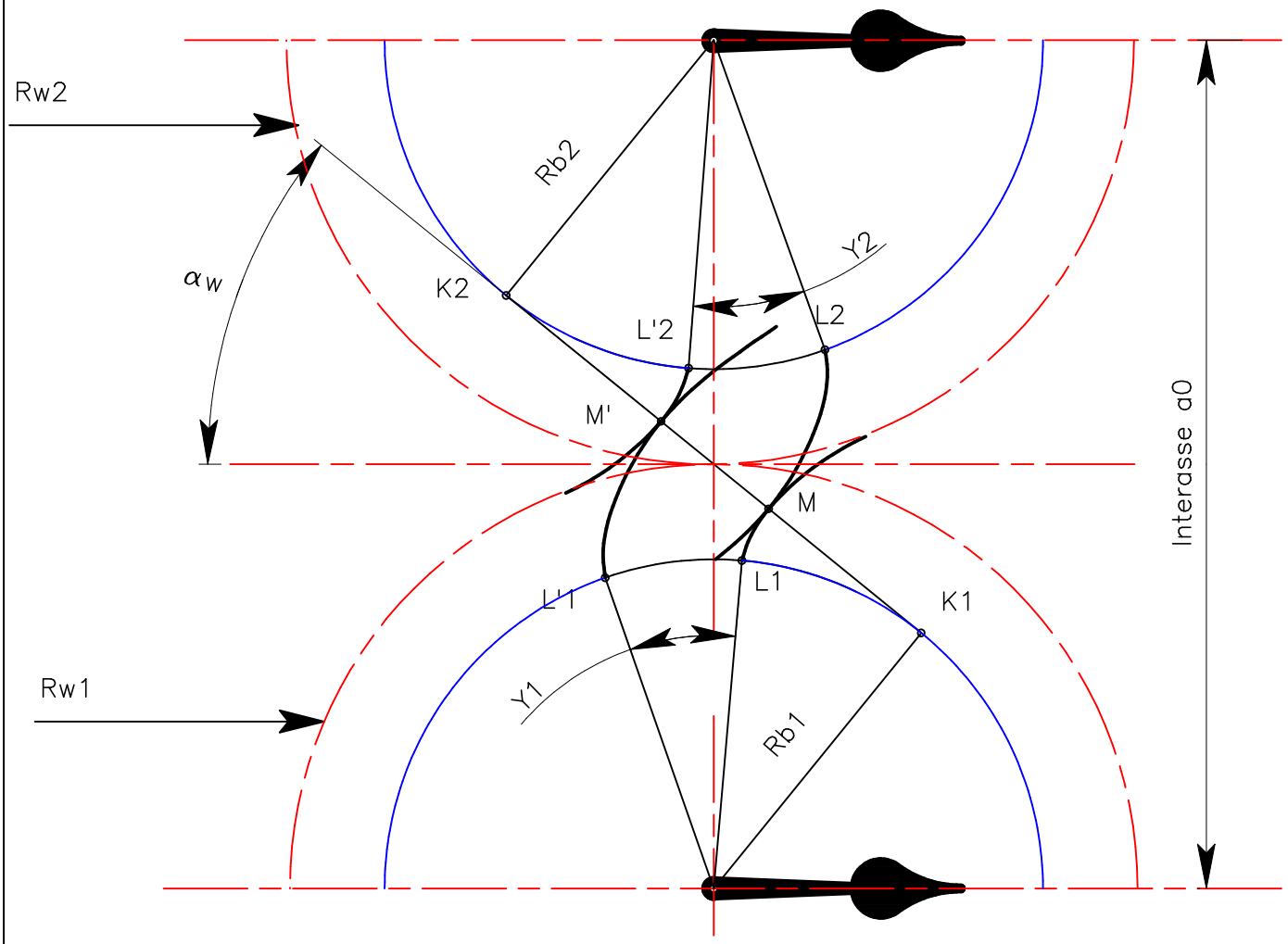
Per lo studio dell'ingranamento è bene ruotare i triangoli in questa posizione

Dentature normali o elicoidali
con spostamento di interasse



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Altre propietà : evolventi parallele e complementari



K1 M = K1 L1

K1 M' = K1 L'1

M M' = L1 L'1 = L2 L'2

K2 M = K2 L2

K2 M' = K2 L'2

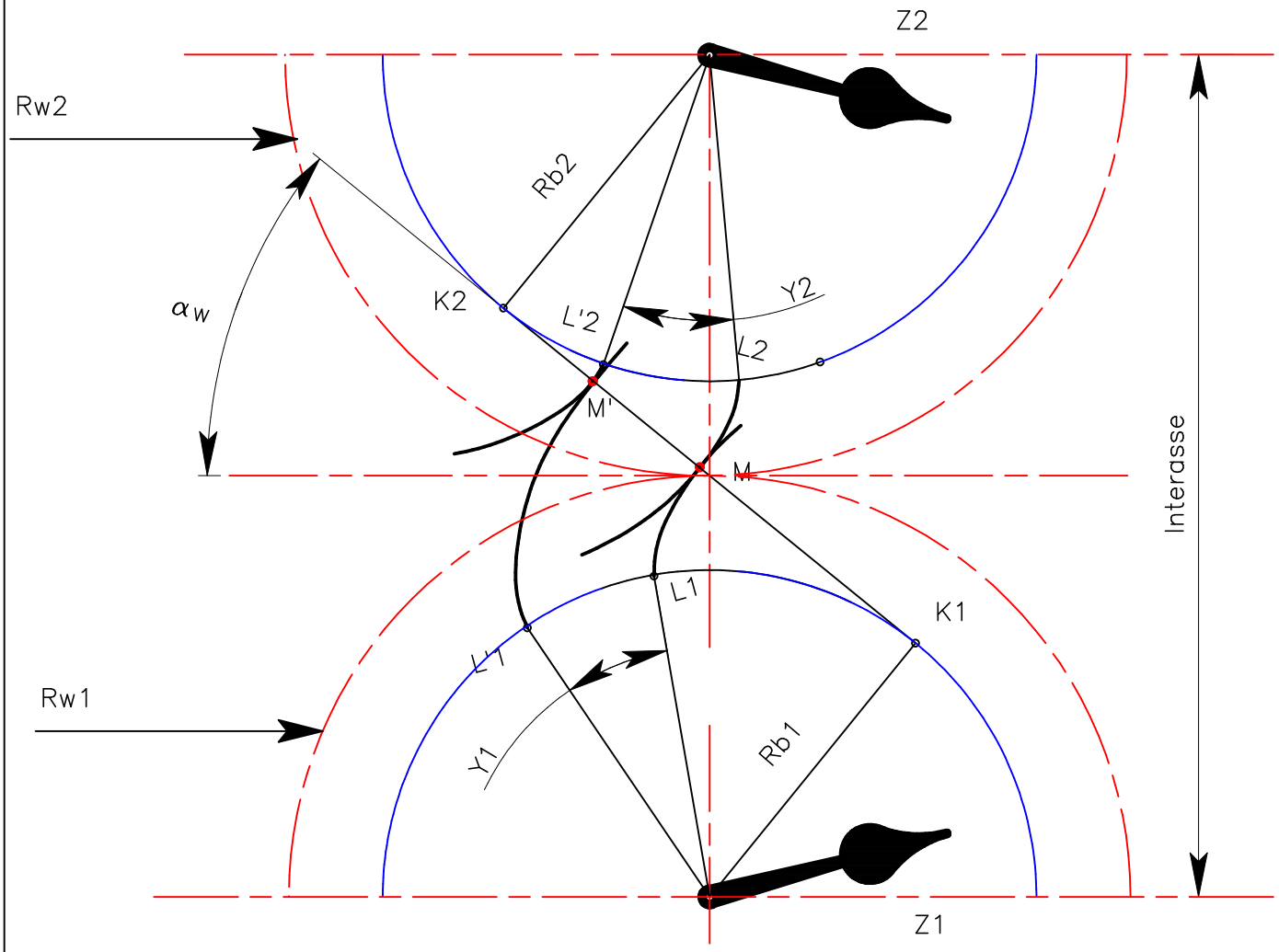
L1 L'1= Rb1* Y1 (Y1 in radianti)

L2 L'2= Rb2* Y2 (Y2 in radianti)

Rb1* Y1 = Rb2*Y2

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Altre propietà : evolventi parallele ecomplementari



Se la Z1 ruota in senso antiorario di qualsiasi entità:

Z2 ruota in senso orario di una entità:

Rb1/Rb2 = (Z1/Z2 = rW1/rW2)

I punti M M' scorrono lungo la direttrice del movimento e la loro distanza non cambia

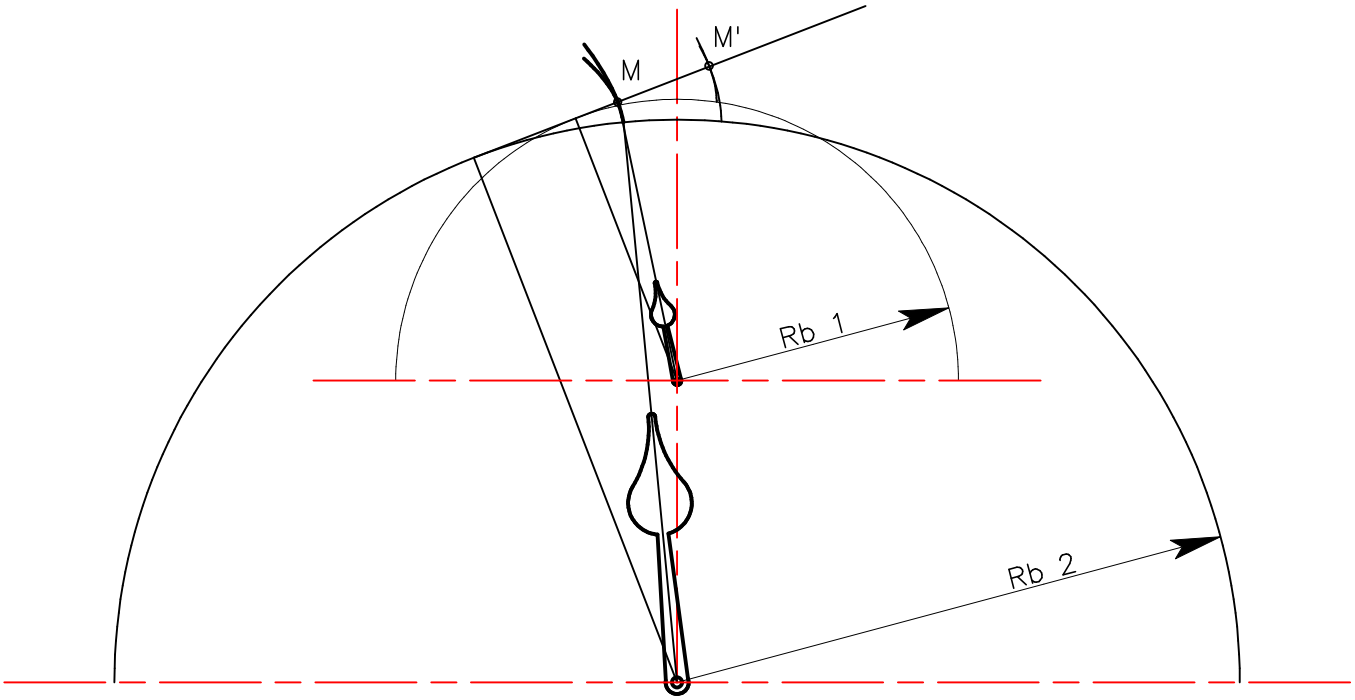
Possiamo notare che il Diametro primitivo è sparito...
Non ha nessun valore se non quello di esprimere il legame iniziale: Dp= m*Z

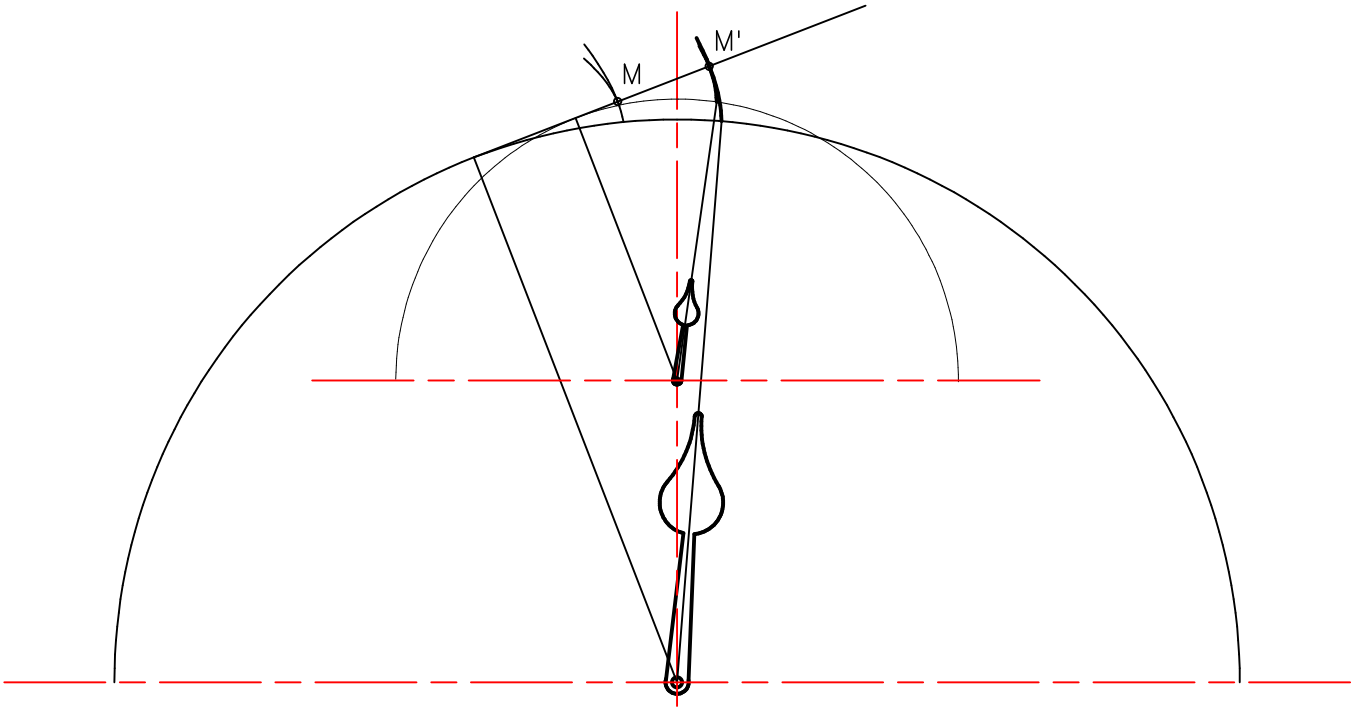
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Altre propietà : evolventi interne

Se abbiamo un ingranamento del pignone con la corono dentata internamente si mantiene la stessa proprietà, la distanza tra i punti M M' (che giaciono sulla direttrice del moto) non cambia con la rotazione delle evolventi.

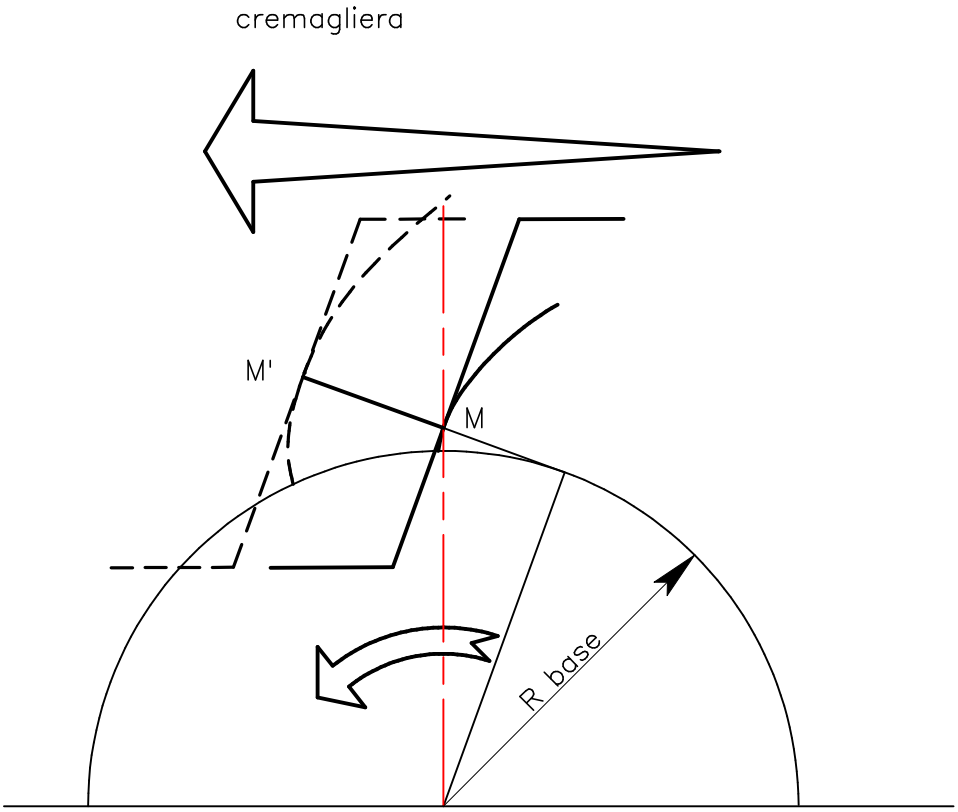
Rb1 compie una rotazione oraria di X°
Rb2 ruota nello stesso senso con un angolo Y° = X° *(Rb1/Rb2)





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

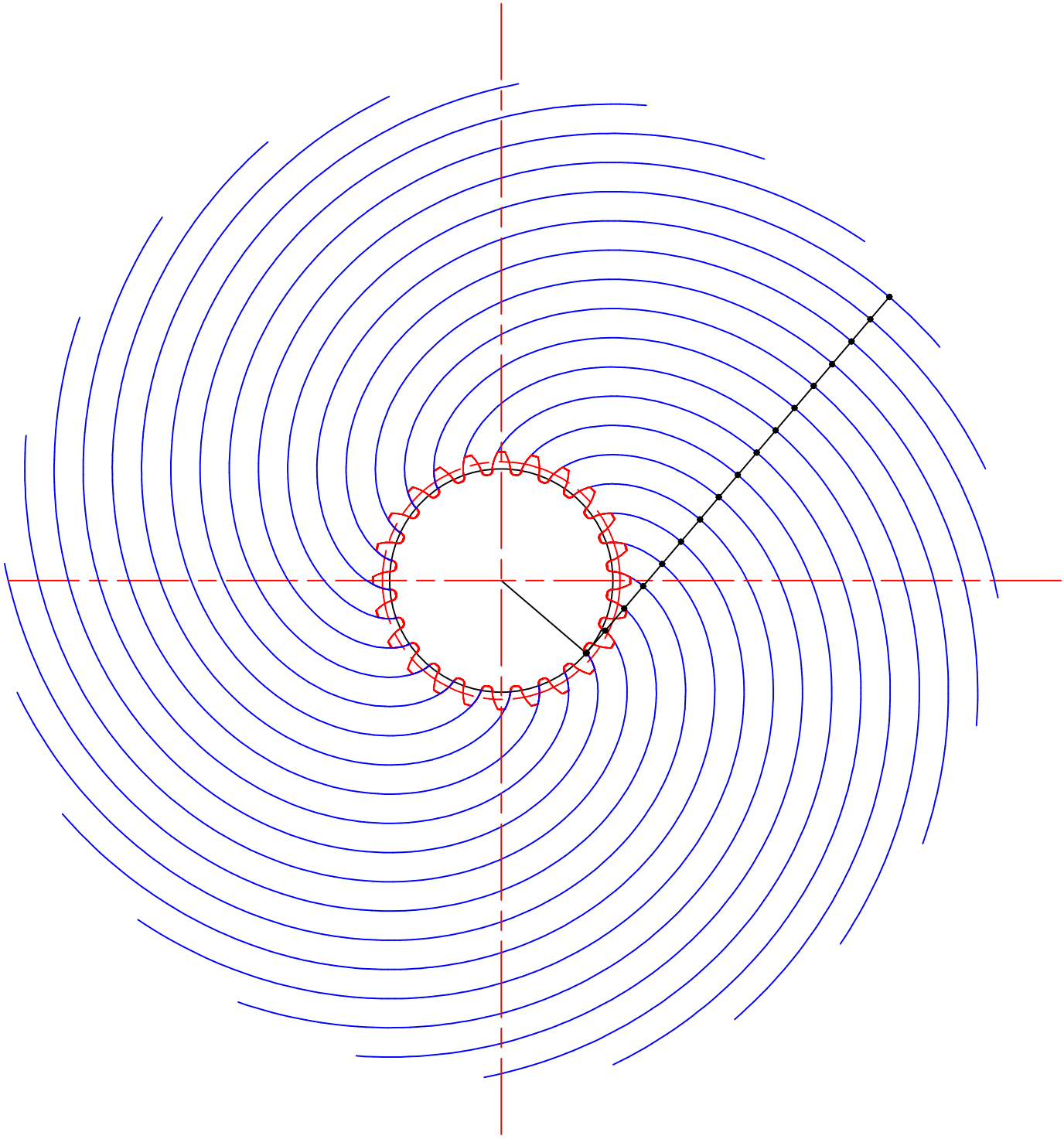
Anche nel caso in cui avvenga una rotazione dell'evolvente a contatto con una cremagliera (= fianchi rettilinei) la distanza dei punti M M' non cambia durante la rotazione.
E questo è la base che permette di avere degli utensili a forma di cremagliera che traslando generano un evolvente.
(i profili sono coniugati, quindi si possono generare a vicenda)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Le evolventi rimangono parallele all'infinito.
I segmenti che giaciono sula linea sono costanti, e sono = al passo base pb

$$pb = \frac{db * \pi}{Z}$$

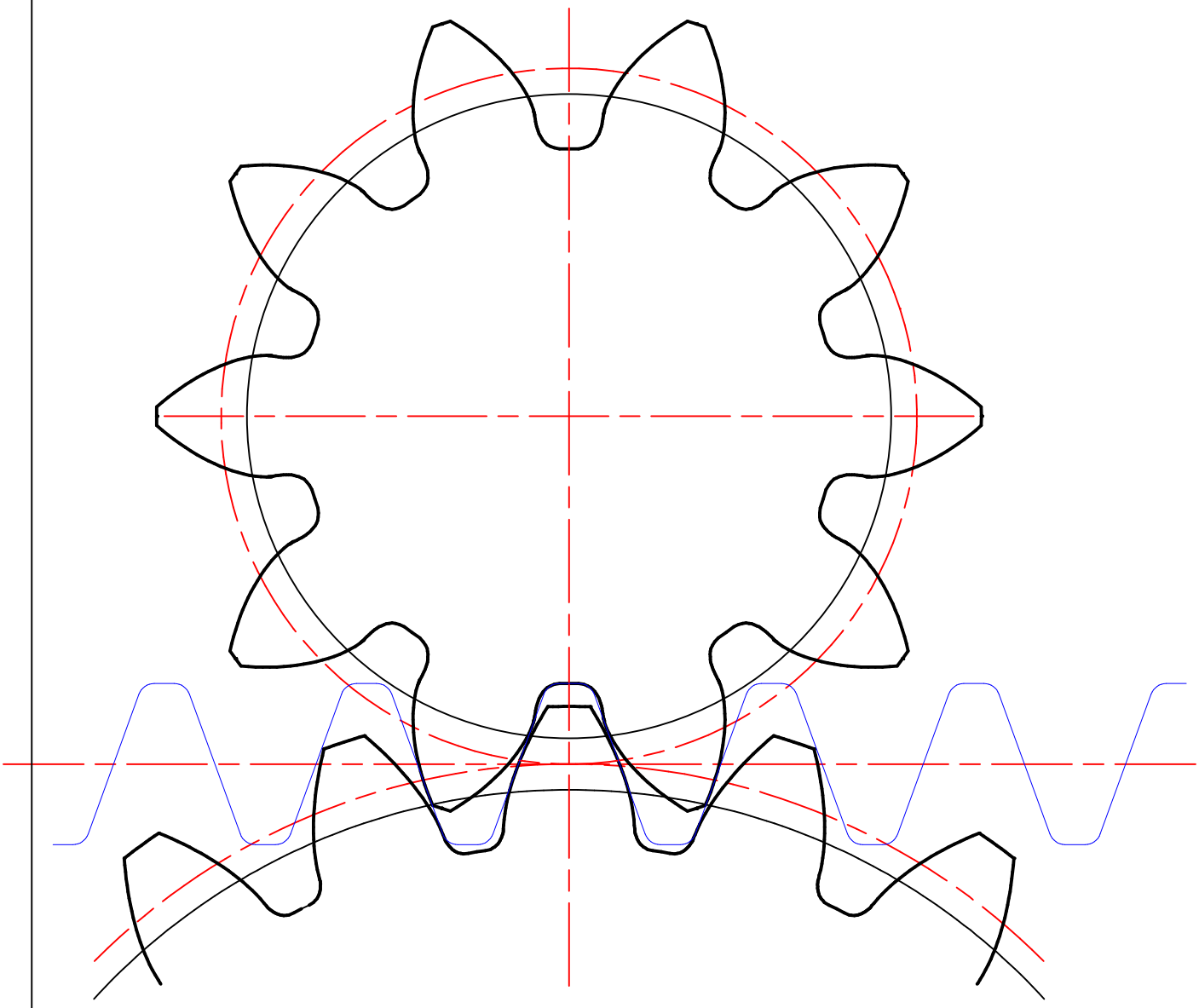


Anche una singola evolvente rimane parallea a se stessa dopo un certo numero di giri.
Il passo è = db*p

La propietà delle evolventi parallele, é impiegata nella costruzione di compressori ""'SCROLL.
Praticamente é come se ci fossero due ingranaggi , uno interno ed uno esterno con 1 solo dente, (1 sola spirale).

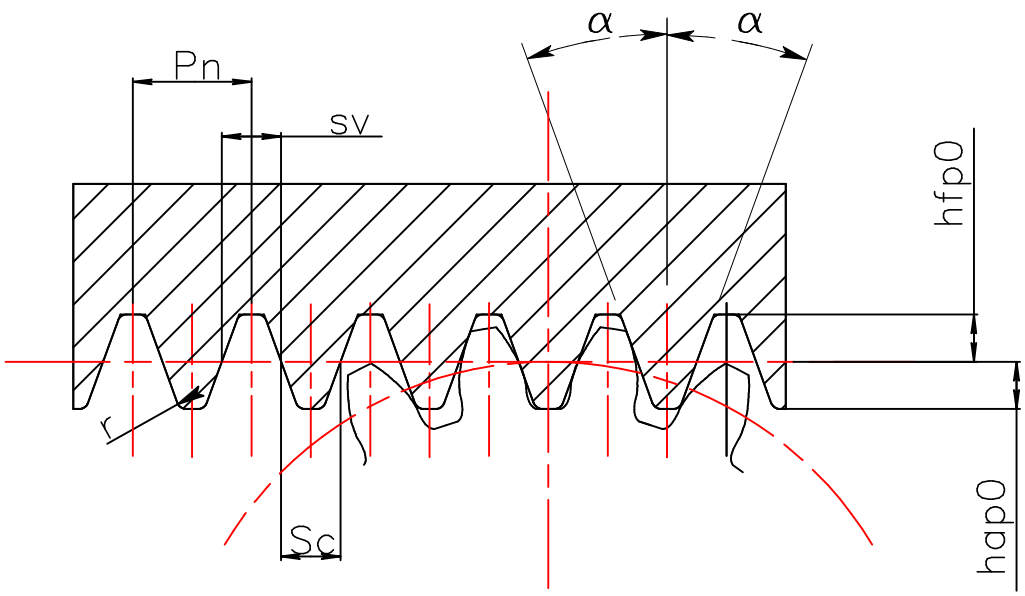
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DENTATURE CORRETTE



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La norma DIN 3960 ha stabilito che l'utensile cremagliera di riferimento deve avere lo spessore del dente uguale allo spessore del vano.
Di conseguenza anche l'ingranaggio generato avrà lo spessore dente uguale allo spessore vano sia per il pignone che per la corona.
Una cremagliera del genere è in grado di generare un ingranaggio, con quel modulo e angolo di pressione, che può avere un numero di denti illimitato (da 2 a infinito)

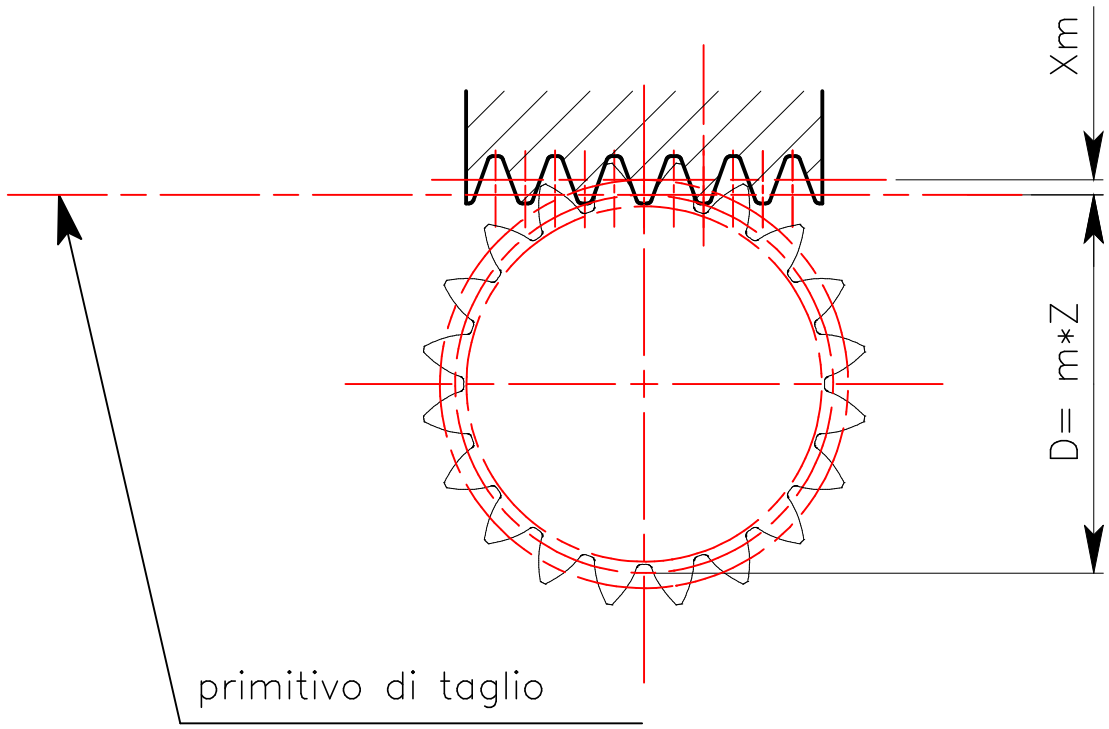


pn = mn * π Sd= pn/2 Sv=pn/2
hap0 addendum = 1.25* m
(l'addendum utensile = dedendum ruota da tagliare)
hfp0 dedendum = 1.25 *m
il dedendum utensile = addendum ruota da tagliare+0.25* mn in modo da crare una luce tra l'utensile e la ruota.

h = 2.5*mn
r = 0.25*mn
α = 20° pn = mn * p Sd= pn/2 Sv=pn/2 hap0
addendum = 1.25* m
(l'addendum utensile = dedendum ruota da tagliare)
hfp0 dedendum = 1.25 *m (il dedendum utensile = addendum ruota da tagliare+0.25*mn
in modo da creare una luce tra l'utensile e la ruota.
h = 2.5*mn r = 0.25*mn α = 20°

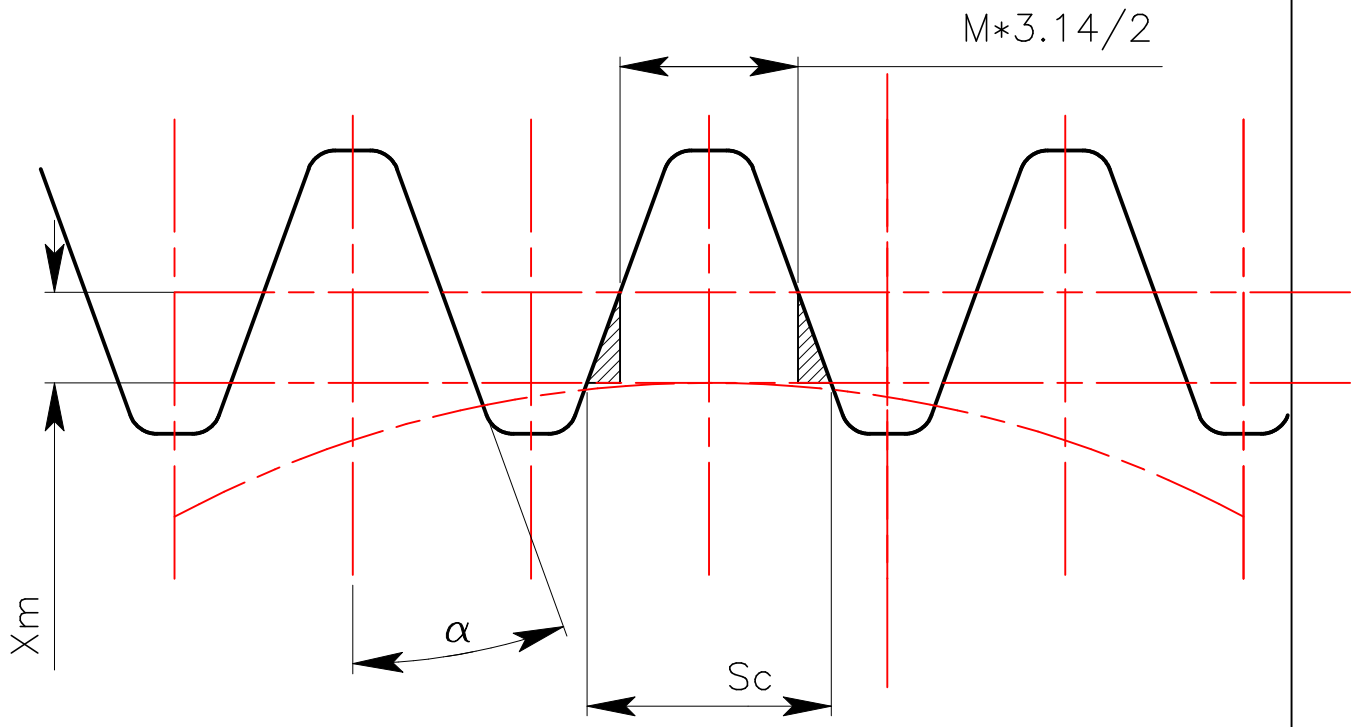
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Il primitivo di taglio é SEMPRE uguale a mn*z
per ingranaggi a denti diritti
e mt*Z per ingranaggi elicoidali



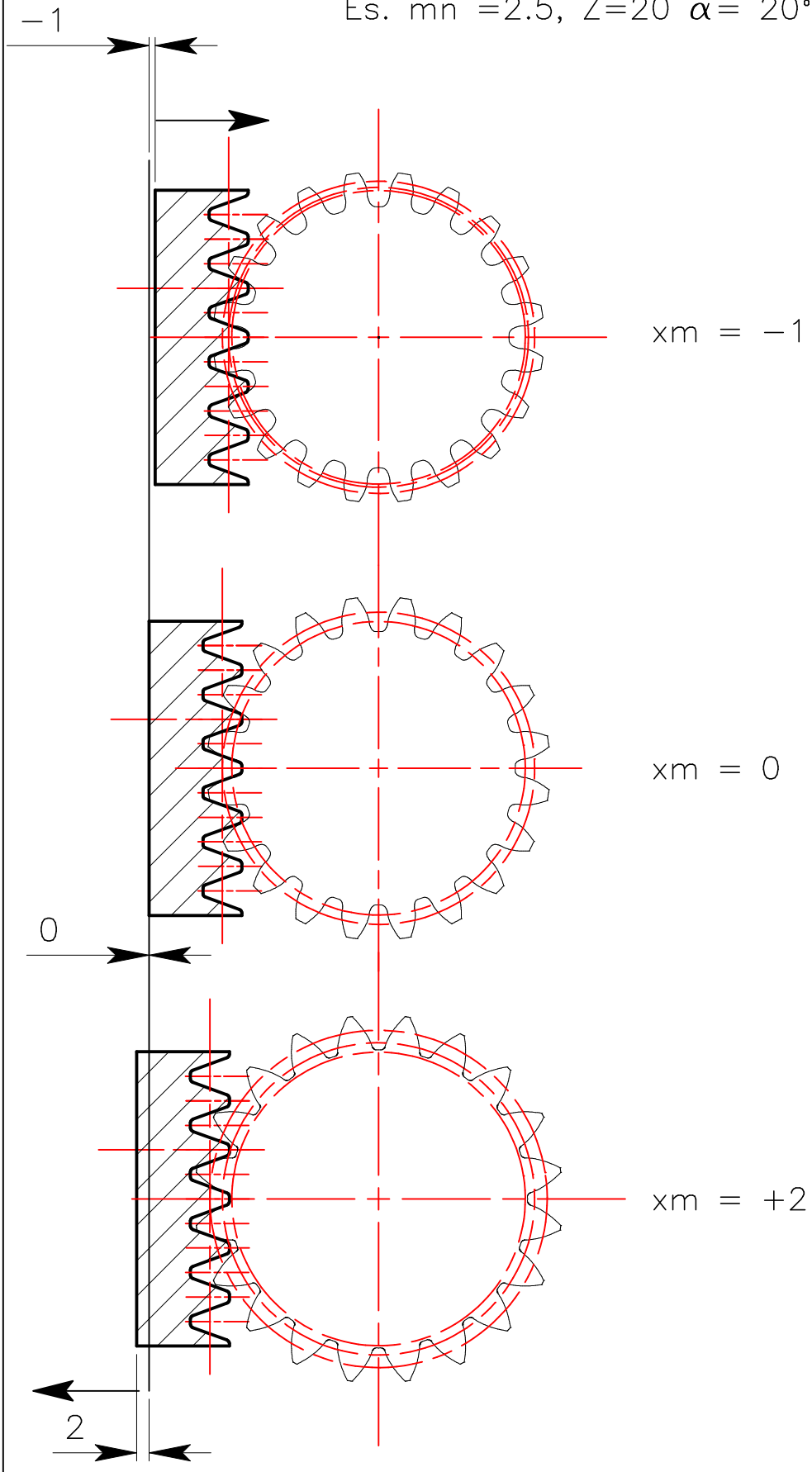
Nel caso qui rappresentato dove ci sia una spostamento di profilo sul raggio =Xm, le primitive di taglio non cambiano, ma cambia lo spessore circonferenziale Sc

$Sc = M*\pi/2 + 2*Xm* \tan \alpha$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Xm = correzione in mm sul raggio
= valore di spostamento in avanti o indietro dell'utensile cremagliera che taglia la ruota.
Es. mn =2.5, Z=20 α= 20° denti diritti



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

E' solo su questa linea che la circonferenza può rotolare sul piano senza slittare
E' solo su quella linea che esiste un passo uguale a quello della cremagliera generatrice.

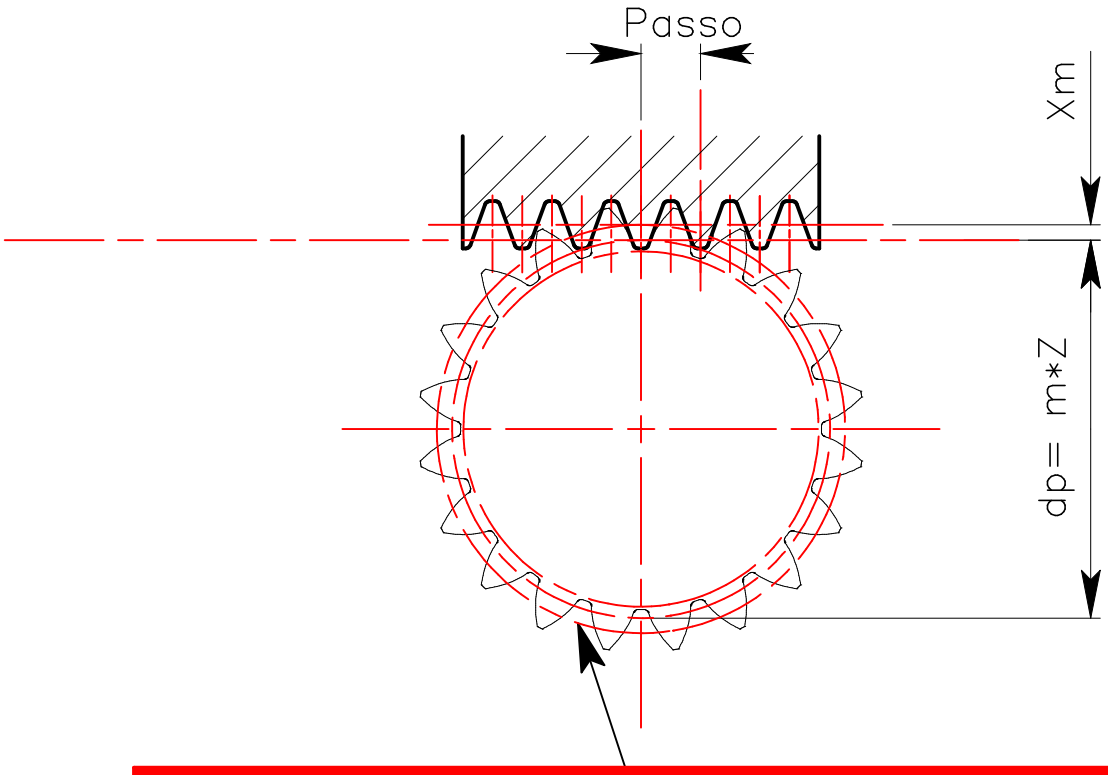
Passo cremagliera = $m*\pi$

Dp = $m*Z$

Circonferenza primitiva = $dp*_p$

Passo ruota dentata = $dp*\pi/Z$ essendo che $dp/z = m$

anche il passo della ruota = $m*\pi$



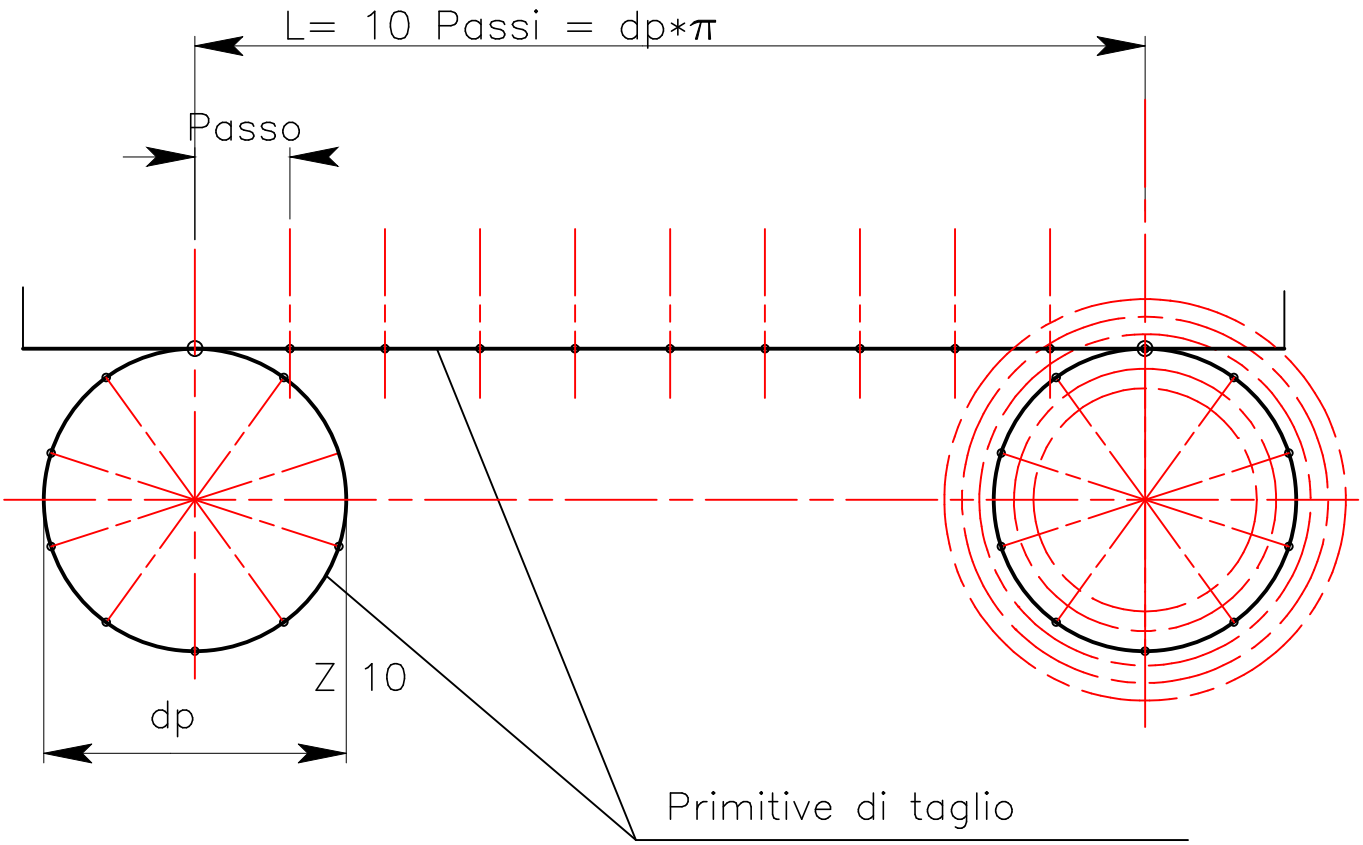
Questo famigearto "Dp corretto" (= Dp+2*Xm)

NON ESISTE

Non ha nessuna influenza, non viene mai tirato in ballo nei calcoli ed è causa di molti errori di interpretazione.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esiste UNA SOLA circonferenza che rotolando senza strisciare su un piano e compie uno spostamento lineare= L
Detta circonferenza deve avere un diametro = L/π
Tutte le altre circonferenze solidali all'asse della prima, hanno una velocità periferica diversa più grande o più piccola.



dp= Z*Passo/π

Passo/π = Modulo

dp= Z*Modulo

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

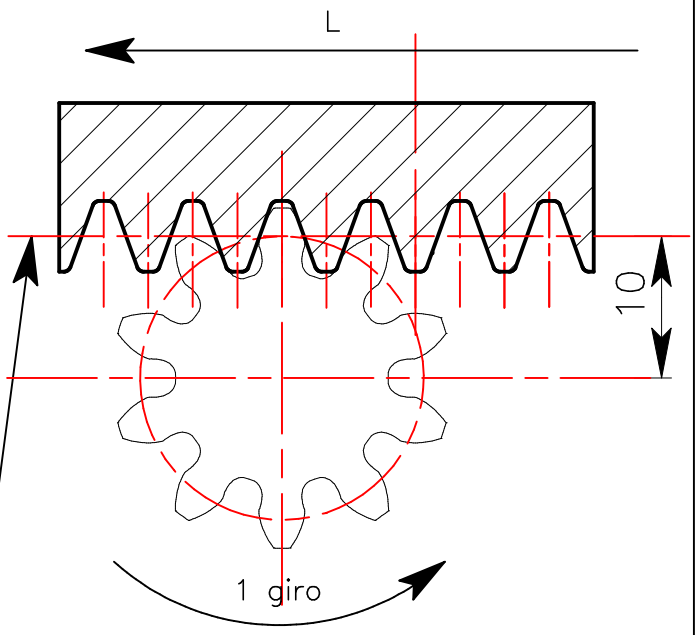
Prendiamo per esempio una ruota fissa che ruotando di 1 giro muove un dispositivo a cremagliera
m= 2 Z=10 senza correzioni

Passo denti = m∗π= = 6.2832

dp=m∗Z = 20
Dopo 1 giro la cremagliera si sarà spostata di 10 denti = 10 passi
L= 10∗ 6.2832= 62.832

Inoltre L = dp∗π =1 giro della circonferenza diam. 20

= 20∗π=62.832



Il rocchetto rotola senza strisciare solo su questa linea dove dp = m∗Z

La stessa ruota è corretta con uno spostamento sul raggio di 1 mm

Dopo 1 giro la cremagliera si sarà spostata di 10 denti = 10 passi
L= 10∗ 6.2832= 62.832

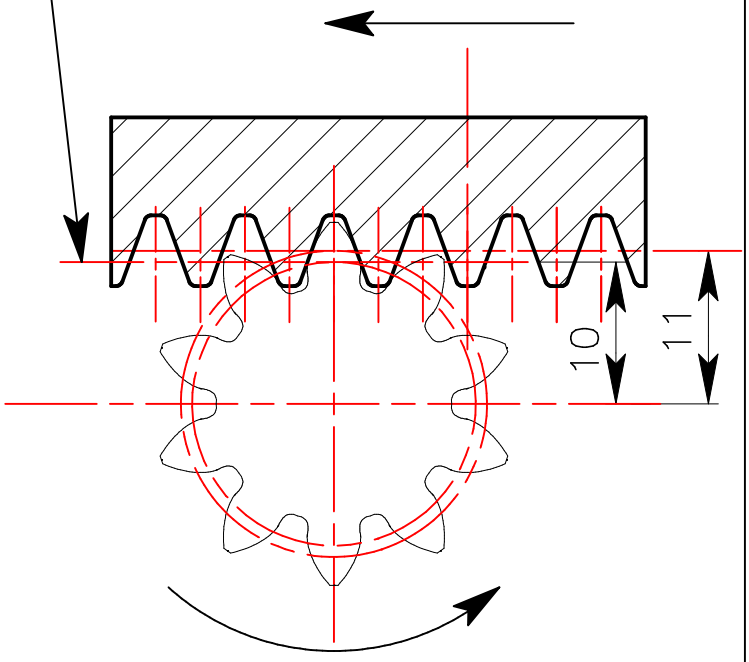
Inoltre L = dp∗π
=1 giro della circonferenza diam. 20

= 20∗π=62.832

Circonferenza che rotola senza strisciare sul piano della cremagliera.

NON è vero che la cremagliera si sposta prendendo in consideazione il Dp corretto = 20+ 1+1 = 22
Poichè dopo un giro di detta circonferenza avremmo uno

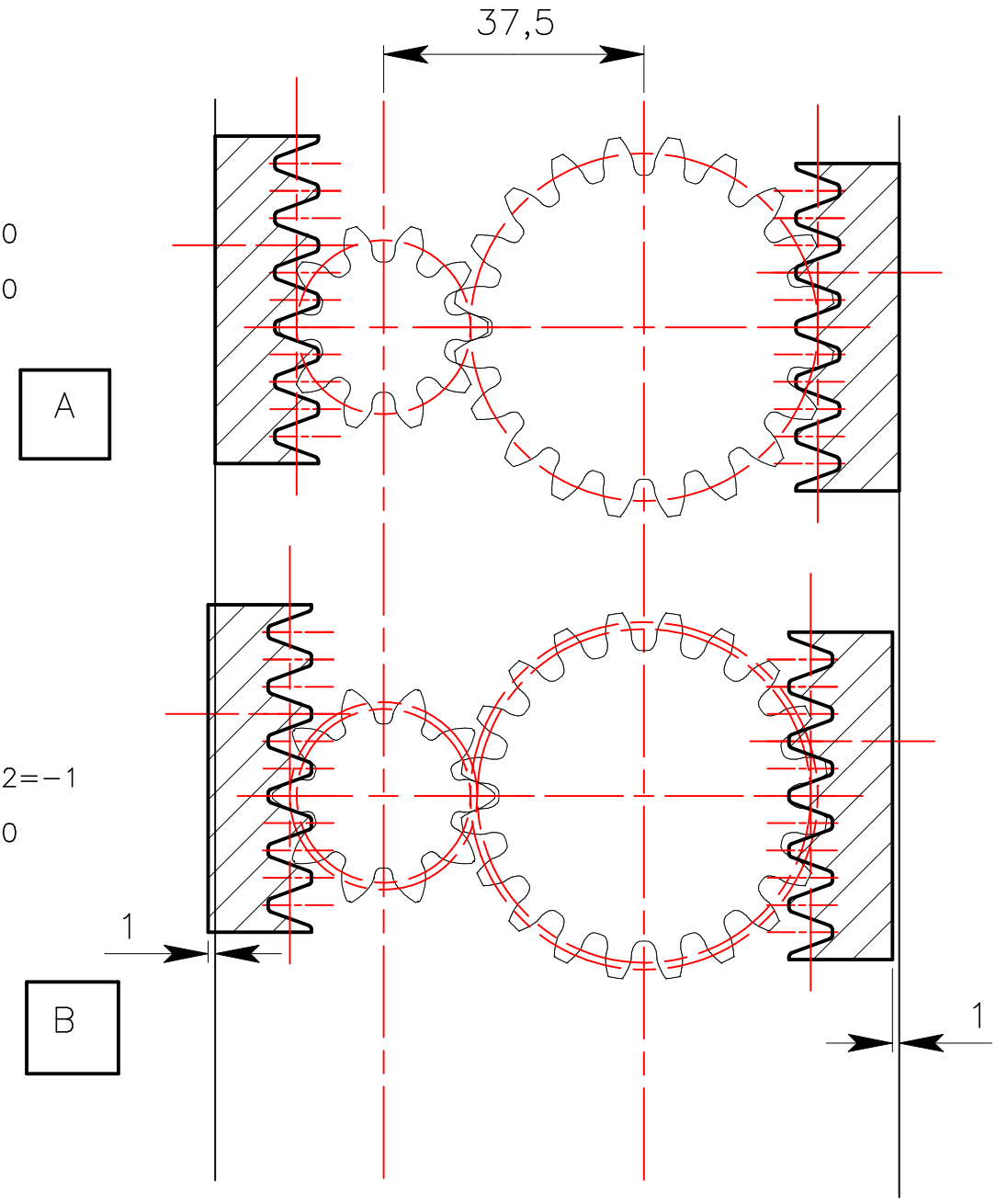
spostamento di 22∗π =69.1150
il chè va in contraddizione con i 10 denti che sono passati:
L= 10∗ 6.2832= 62.832



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esaminiamo i casi possibili

Esempio:
M 2.5
Z 10−20
α 20°

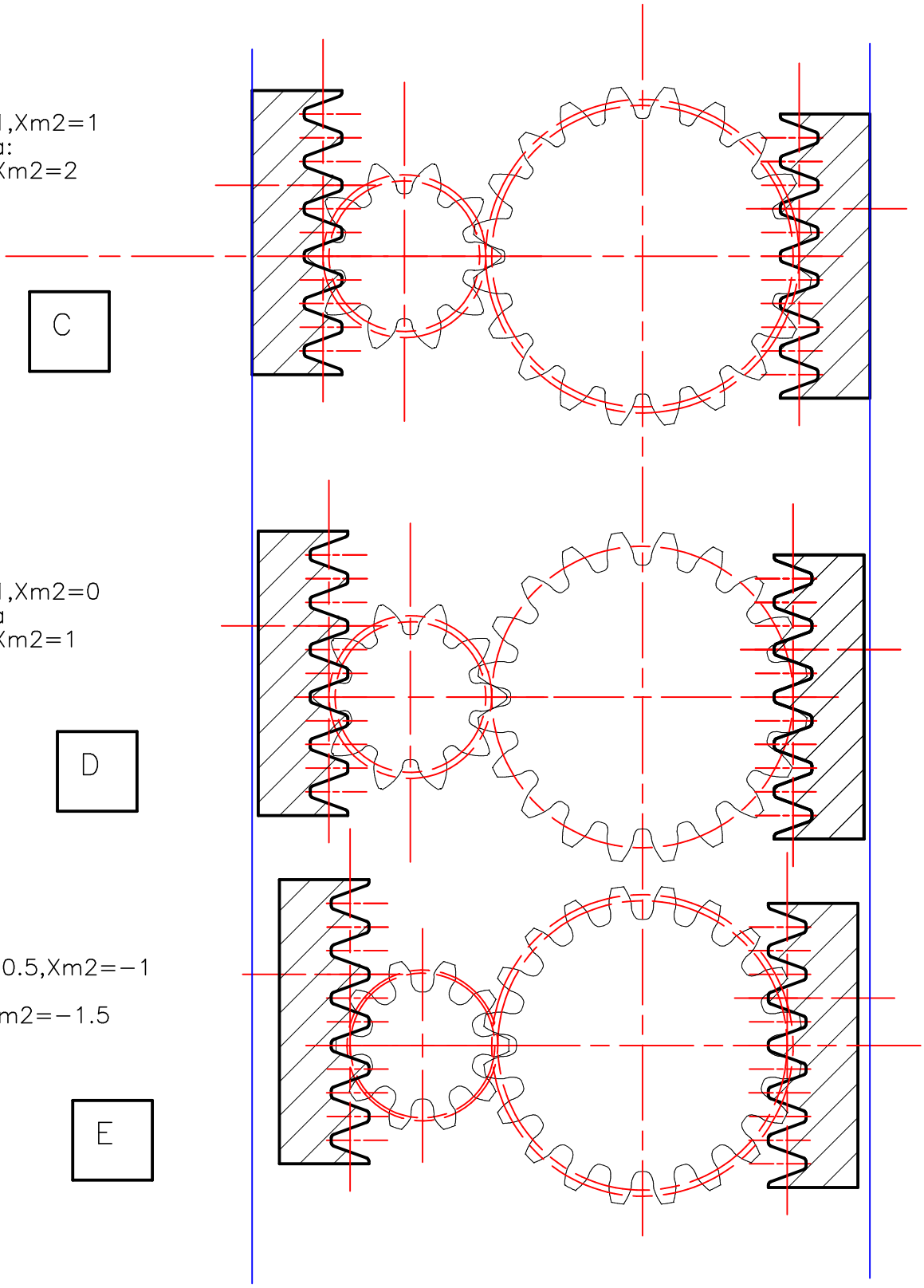


Se la somma algebrica di Xm1+Xm2=0, allora l'interasse **non cambia** e l'ingranamento è corretto

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Xm1=1,Xm2=1
somma:
Xm1+Xm2=2

C



Xm1=1,Xm2=0
somma
Xm1+Xm2=1

D

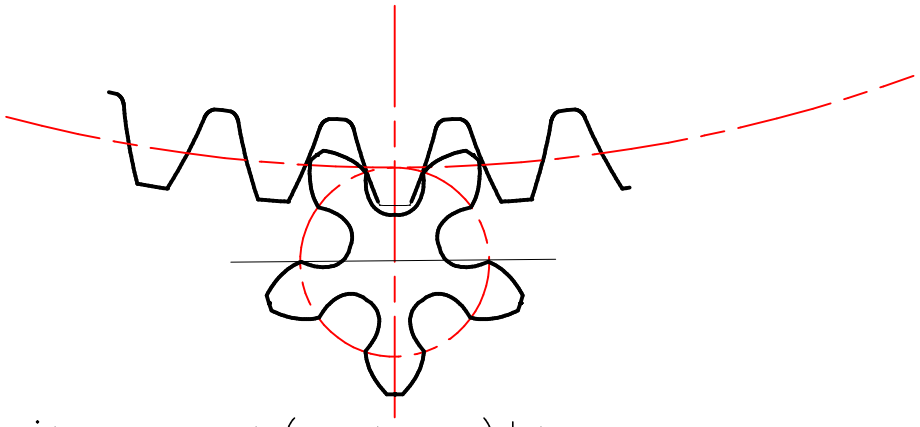
Xm1=−0.5,Xm2=−1
somma
Xm1+Xm2=−1.5

E

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Concetto della correzione.
A cosa serve la correzione su una coppia di ingranaggi?
Serve ad evitare (a costo zero) una situazione come rappresentato sotto.

mn=1, α=20°, Z1=5, Z2=80



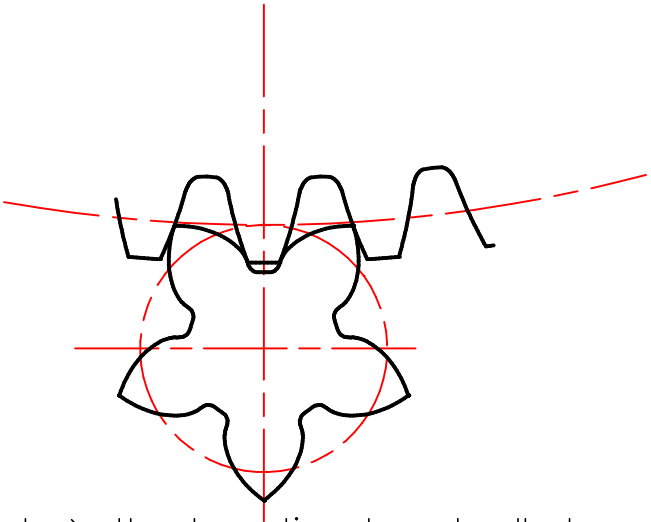
Questa coppia, come sopra, (senza senso) ha:
1) Un rapporto di condotta < 1
2) Un profilo utile dell'evolvente del pignone esageratamente basso : il diametro di base si avvicina al diametro primitivo
3) Lo spessore del dente alla base è sproporzionato tra pignone e corona.
Fattore di forma di Lewis a flessione: YF pignone = 9.59 YF corona = 2.31
(Inaccettabile, il pignone è 4.15 volte più debole della corona)

In breve: una coppia con poche probabilità di funzionare bene.

La stessa coppia, come sotto, potrebbe già essere presa in considerazione... non ostante ci troviamo in un caso estremo.

Il rapporto di condotta è = 1.038, il pignone è addirittura più robustoa, alla base, della corona.
Fattore di forma di Lewis a flessione: YF pignone = 3.02, YF corona = 2.80

mn=1, α=20°, Z1=5, Z2=80 Xm1=+0.769 Xm2=−0.769



Questo modesto risultato è ottenuto gratis solamente allontanando l'utensile generatore dal pignone e avvicinando della stessa entità l'utensile alla corona

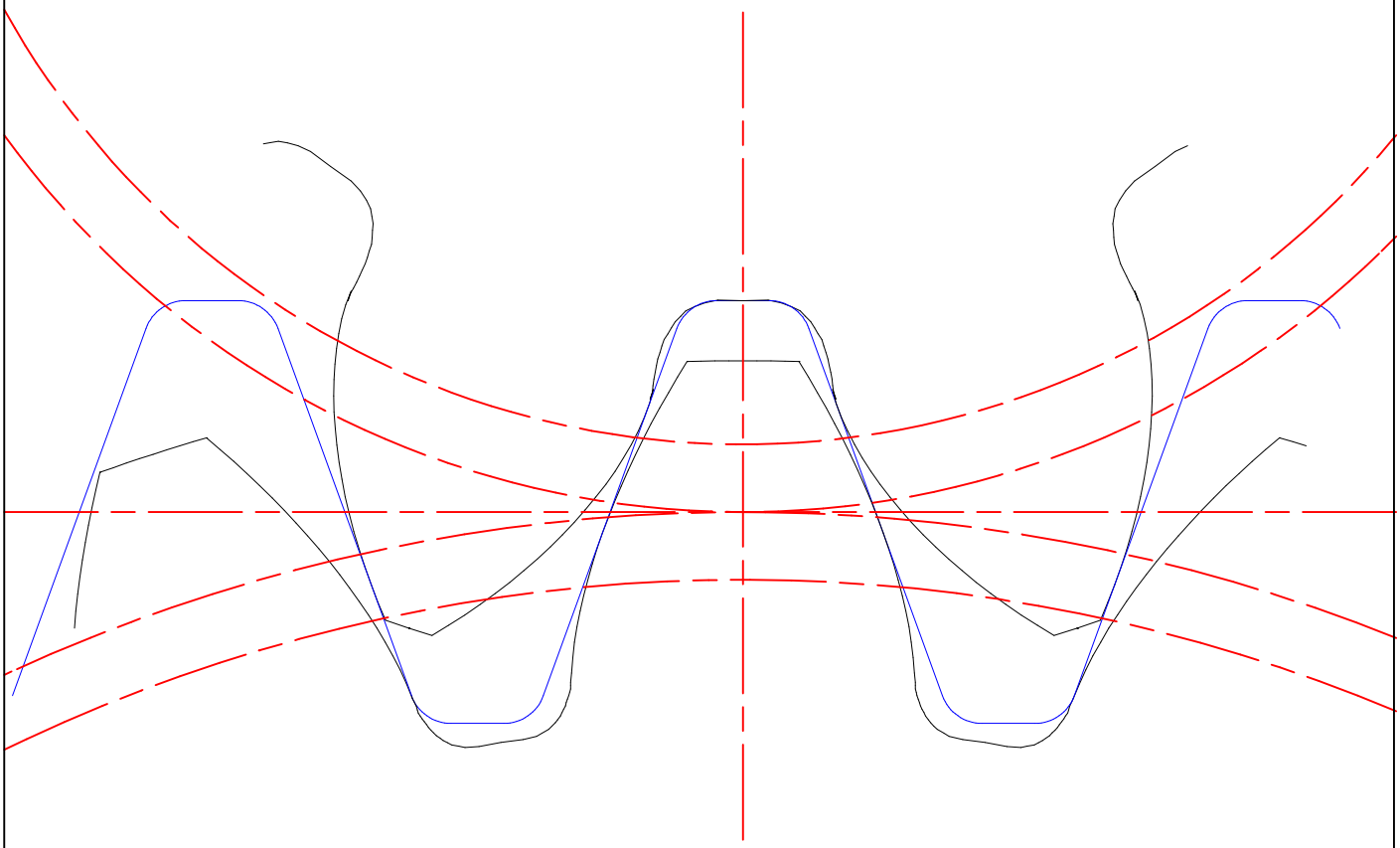
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Si aprono due scenari:

1) Correzioni senza spostamento d'interasse (Casi A–B)
   In questo caso la somma algebrica delle correzioni =0
   Le correzioni si annullano, si ha un sicuro miglioramento dell'ingranamento, ma non sempre questo sarà sufficiente.

2) Correzioni con spostamento d'interasse (casi C–D–E)
   In questo caso la somma algebrica delle correzioni >< 0
   Si potrà arrivare ad una ottimizzazione,tale che, meglio non è possibile fare

Sotto in figura, la dimostrazione che l'utensile cremagliera traslando senza strisciare sui primitivi del pignone e della corona ,dove al somma Xm1+Xm2 >< 0
genera un profilo coniugato ma ci sarà gioco nell'ingranamento.
Bisognerà modificare l'interasse, se è possibile, oppure modificare le correzioni se l'interasse è imposto.



Se la somma algebrica di Xm1+Xm2<> 0
allora l'interasse cambia dell'entità che ci saremmo aspettati,

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DEFINIZIONI

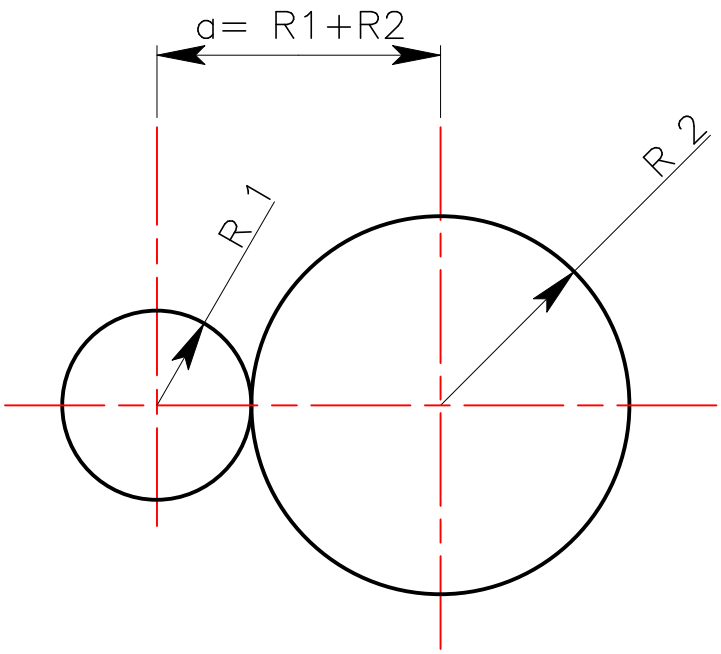
Il fenomeno del gioco tra i denti descritto prima è sconosciuto ai non specialisti di ingranaggi,perchè pensano che l'interasse sia la somma dei RAGGI PRIMITIVI CORRETTI.
(rprim. corretto = Rprim.+xm)
La definizione di Rprim. corretto è sbagliata.

Il diam. primitivo di una ruota dentata non cambia MAI perchè = M*Z
Il diam. primitivo non diventa MAI = al diametro corretto
(Dp.+2*xm)
Il diam. di base non cambia MAI perchè = M*Z*cos α

in un ingranamento esistono i diamteri di FUNZIONAMENTO
perchè dev'essere soddisfatta l'equazione del rapporto di trasmissione:

Z1/Z2= D funz.1/Dfunz.2 perchè i diametri di funzionamento devono rotolare senza trisciare.
dato un interasse ci sono SOLO 2 diametri, e non altri, che possono rotolare con il rapp.Z1/Z2

$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{R1}{R2}$$

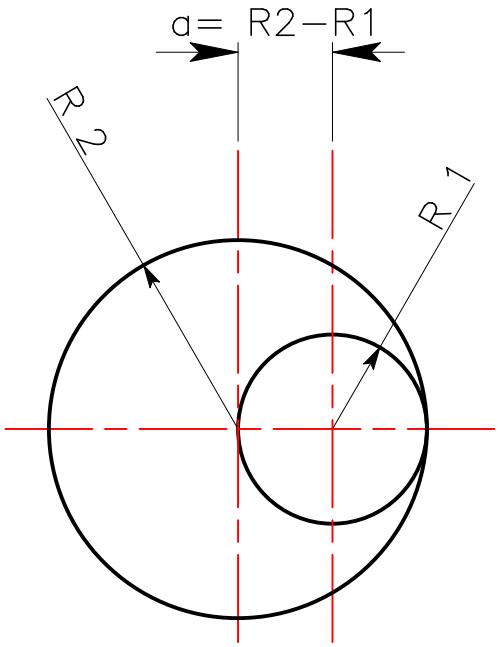


$$R1 = a/(Z1+Z2) * Z1$$

$$R2 = a/(Z1+Z2) * Z2$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Per le dentature ionterne



$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{R1}{R2}$$

$$R1 = a/(Z2-Z1) * Z1$$
$$R2 = a/(Z2-Z1) * Z2$$

oppure:

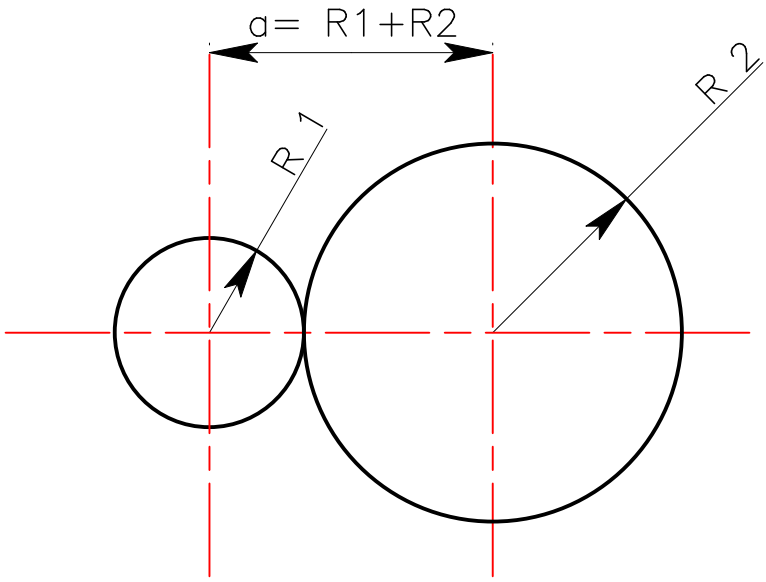
$$R1 = a/(Z2/Z1-1)$$
$$R2 = a/(Z1/Z2-1)$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Es
Z1=10
Z2=20
a= 37.5

R1= a/(Z1+Z2)* Z1 = 37.5/30*10= 12.5

R2= a/(Z1+Z2)* Z2 = 37.5/30*20= 25

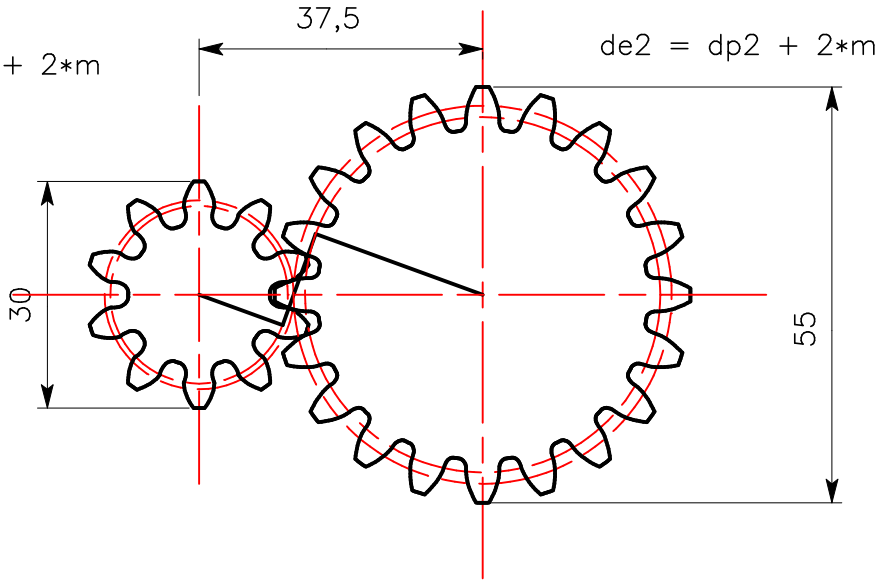


Potrebbe esssere una coppia come segue:

m = 2*R1/Z1 = 2*12.5/10 = 2.5

Dove i diametri primitivi nominali coincidono con i diametri di funzionamento.
Una coppia come questa avrà qualche problema...e avrà bisogno di una correzione per irrobosturi i denti del pignone ed equilibrare lo strisciamento specifico.

de1 = dp1 + 2*m



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Modulo normale	2,5	
Modulo normale base	2,3492	
Modulo normale di funzionamento	2,5	
Angolo di pressione utensile	20°	
Angolo di pressione di funzionamento	20°	
Rapporto di condotta	<1	
Interasse di funzionamento e di montaggio	37,5	
Somma delle correzioni	0	
Gioco impostato	0	
	PIGNONE	CORONA
N° denti	10	20
Diametro esterno	30	55
Diametro primitivo di funzionamento	25	50
Diametro primitivo	25	50
Diametro di base	23,4923	46,9846
Diametro interno	18,75	43,75
Diametro utile di contattoNon calcolabile		
Diametro di inizio evolvente utile	23,6697	47,0008
Spessore circolare dente sul diam. di base	4,0403	4,3904
Spessore circolare normale dente sul dp	3.9270	3.9270
Strisciamento di accesso Non calcolabile		
Strisciamento di recesso Non calcolabile		
Strisciamento totale Non calcolabile		
Strisciamento specifico nei punti A1 E2		
Strisciamento specifico nei punti E1A	20,8126	−4,3355

la coppia calcolata precedentemente senza correzioni, si vede subito che il pignone non ha un bel dente, é troppo scavato, é sotto il minimo n° di denti consigliato, ha poco evolvente, lo strisciamento specifico é disastroso per non dire incalcolabile, il diametro di base è troppo vicino al diametro primitivo etc.
Il rapporto di condotta é < 1 quindi inaccettabile.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

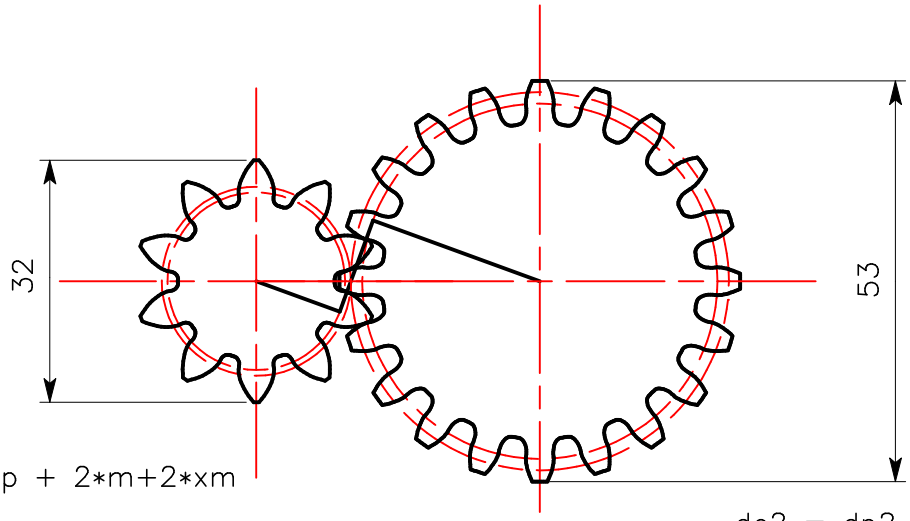
Possiamo procedere come ilustrato nei casi "A" e "B" ossia:
correggere di una entità il pignone con uno spostamento xm positivo sul pignone e uno spostamento negativo sulla corona
La somma degli spostamenti xm sarà = o quindi L'INTERASSE NON CAMBIA.

Questa procedura è le più comune ed impiegata nella pratica.

1) Non costa niente

2) E' facile da eseguire, basta spostare la distanza tra l'utensile e la ruota da tagliare.

3) Irrobustisce il dente del pignone che di solito, alla base é più piccolo di quello della corona.
4) Importante: ripartisce lo strisciamento tra i denti in quote uguali tra pignone e corona.



de1 = dp + 2*m+2*xm

de2 = dp2 + 2*m−2*xm

La coppia ricalcolata con le correzioni in modo da equilibrare lo strisciamento
Lo spostamento xm del pignone é di +1
Lo spostamento xm dela corona é di −1
Il rapporto di condotta é di 1.39
Il pignone è più robusto.
Non é un capolavoro... perché stiamo parlando di una coppia con pochissimi denti.

L'interasse non é cambiato ma cambiano i diametri esterni.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

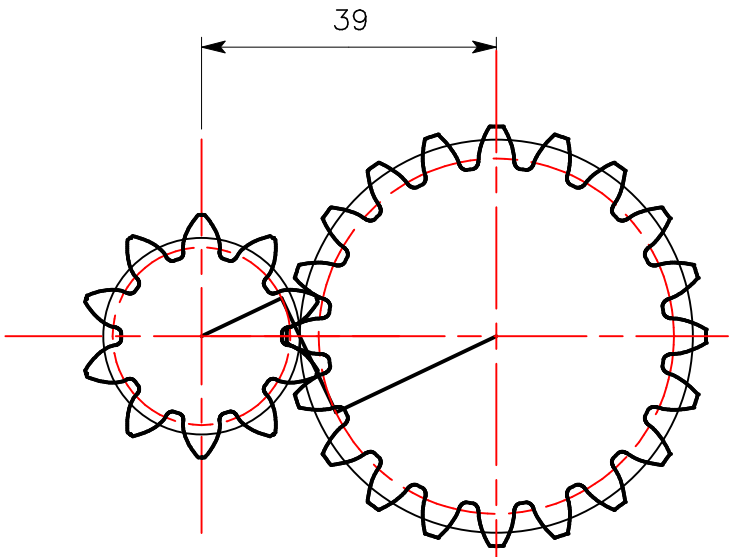
Come è stato stabilito di fare una correzione di +1 e − 1 ?
Fatto a mano sarebbe un calcolo di durata enorme poiché le formule ci sono..e sono molto complesse, in ogni caso non sono semplici formule: devono riferirsi a grafici, tabelle precalcolate etc.
Lo si fa in modo iterattivo con il programma Gear 1, ma usufruendo della voce sul menu '' Equilibratura strisciamento'' il programma esegue dei loop velocissimi, aggiunge piccoli valori per volta di xm, va a calcolarsi tutta la coppia con tutti i valori e quando arriva all'ottimale si ferma restituendo i risultati.

Possiamo cercare di migliorare la situazione impostando delle correzioni >< 0
ma andremo a metterci come nei casi ''C'' ''D'' ''E'' dove ci sarà una variazione dell'interasse e le cose sono più complesse perché cambiano anche i diametri esterni ed interni degli ingranaggi.

Definiamo come primo approccio di fare la coppia aumentando l'interasse a 39 e vediamo se ciò ci soddisfa.
Avremo i seguenti dati:

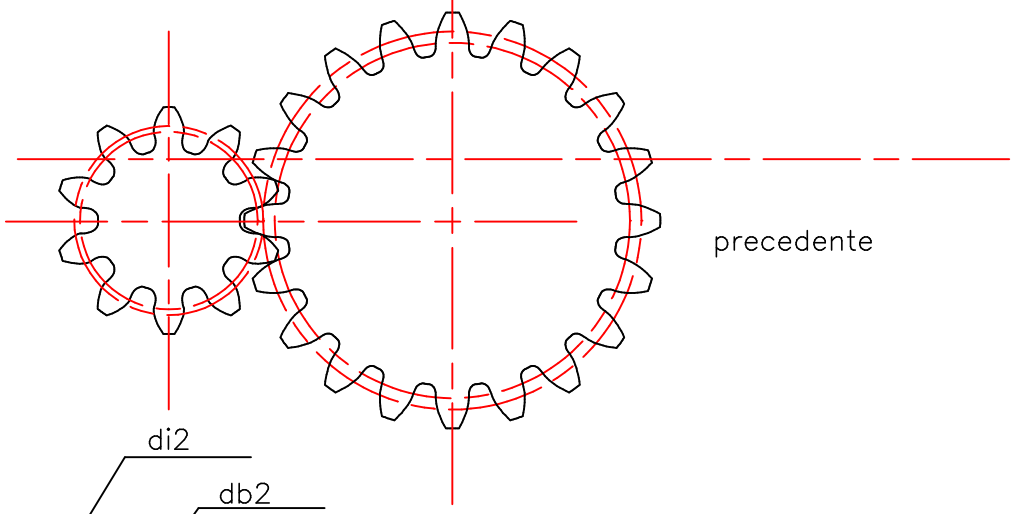
Modulo normale	2,5	
Modulo normale base	2,3492	
Modulo normale di funzionamento	2,6	
Angolo di pressione utensile	20°	
Angolo di pressione di funzionamento	25,3712°	
Rapporto di condotta	1,2189	
Interasse di funzionamento e di montaggio	39	
Somma delle correzioni Σxm	1.7004	
Somma dei coefficienti Σx	0.6802	
	PIGNONE	CORONA
N° denti	10	20
Correzione sul raggio primitivo Xm	1,2525	0,4479
Diametro esterno	32,1042	55,495
Diametro primitivo di funzionamento	26	52
Diametro primitivo corretto	27,505	50,8958
Diametro primitivo	25	50
Diametro di base	23,4923	46,9846
Diametro interno	21,255	44,6458
Diametro utile di contatto	23,8121	48,3811
Diametro di inizio evolvente utile	23,4923	47,1
Spessore circolare sul primitivo	4.8086	4.2479
Spessore circolare sul diametro di base	4.8971	4.6968
Strisciamento di accesso	0,8393	1,8415
Strisciamento di recesso	−1,8415	−0,8393
Strisciamento totale	2,6808	2,6808
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−2,7963	0,7366
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,7363	−2,7922

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

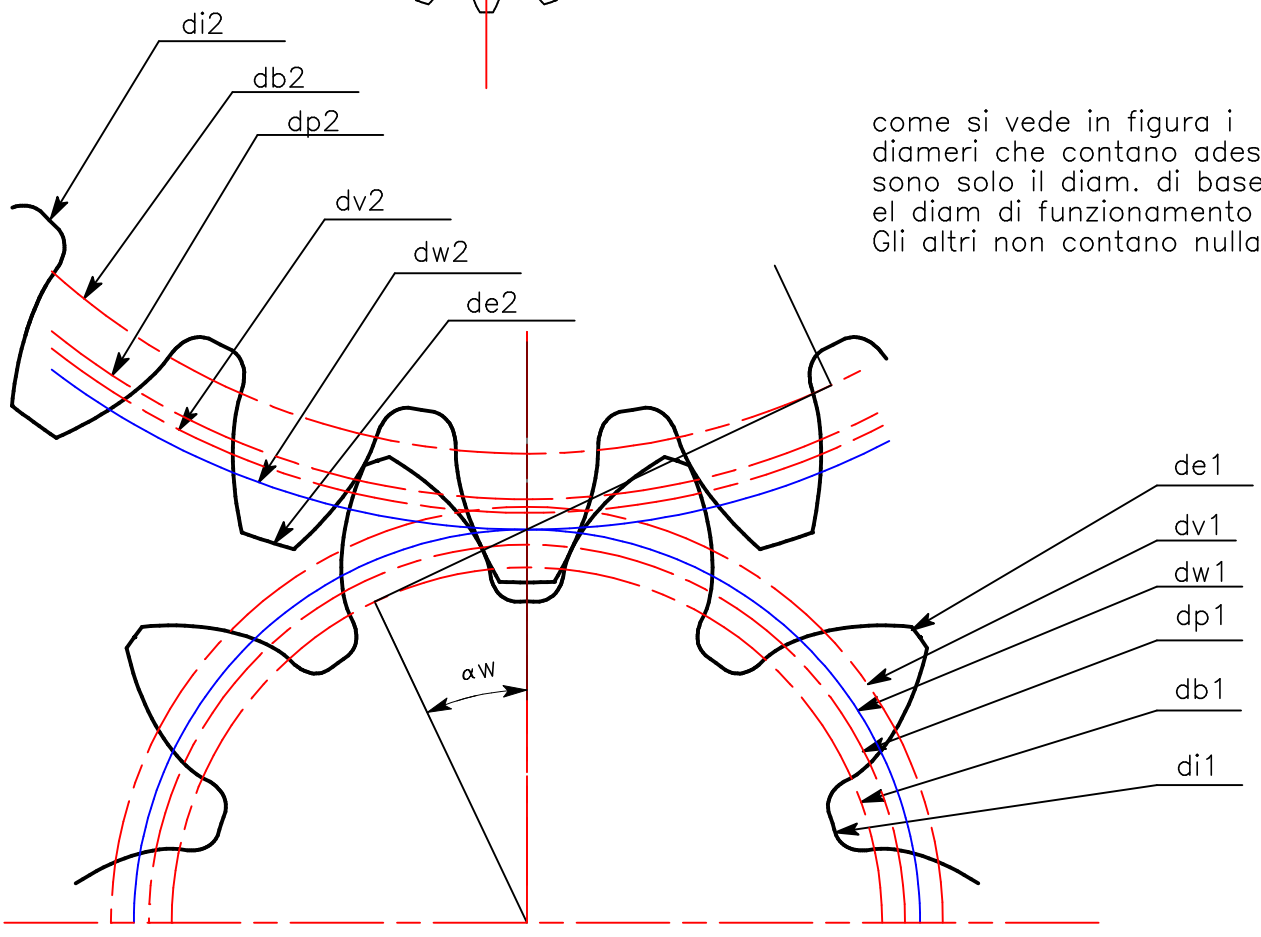


E' molto più bello del precedente perché più robusto e "matematicamente conforme"

In pratica abbiamo usato un utensile generatore modulo 2.5 per realizzare un ingranaggio modulo (mw) 2.6



precedente



come si vede in figura i diameri che contano adesso, sono solo il diam. di base db el diam di funzionamento dw. Gli altri non contano nulla.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Rimangono solo 2 entità che contano nel rapporto di trasmissione

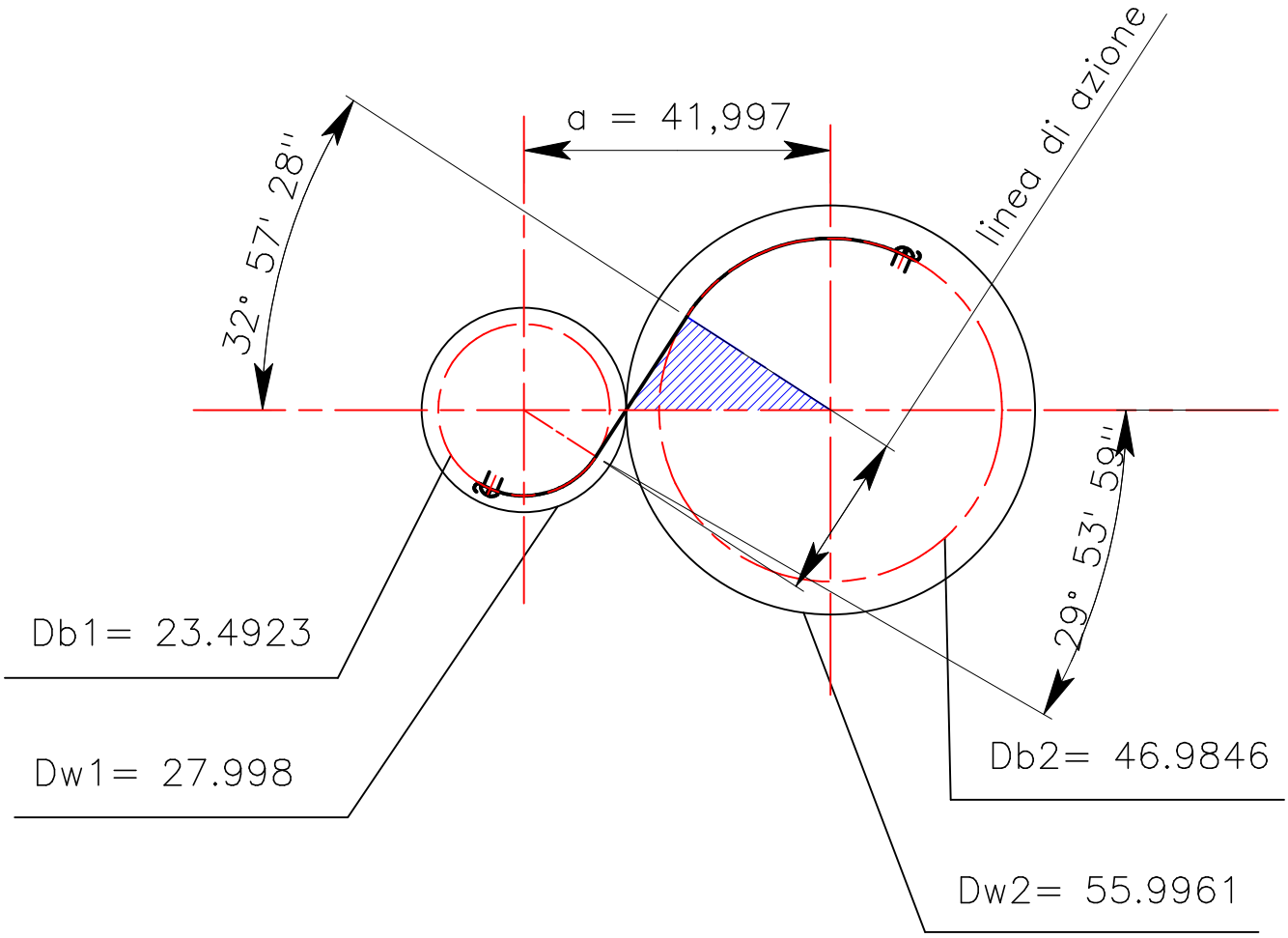
1) i cerchi di base che trasmettono come un ipotetico spago lungo la linea di azione e mantiene il rapporto =Z1/Z2)

2) I cerchi di funzionamento che trasmettono come due ipotetiche ruote di frizione che rotolano senza strisciare sulla circonferenza e mantengono il rapporto = Z1/ Z2
La direttrice dei cerchi di base si incrocia sulla tangenza dei due cerchi di funzionamento.

In un caso come quello rappresentato dove le correzioni Xm1 e Xm2 sono positive, si ha un α=20° per la cremagliera che ha generato gli ingranaggi , ma un angolo di pressione di funzionamento αW >< da α

αW= arcos(Rw1/Rb1)= arcos (Rw2/Rb2)=arcos (Dw/Db)

αW = arcos (46.9846/55.9961) = 32°57'28''
αW= arcos ((23.4923+46.9846)/2/41.997) = 32°57'28''



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Su un ingranamento si hanno i seguenti diametri

1) Diametro base che non cambia MAI

2) Diametro prim. che non cambia MAI

3) Diametro di taglio e NON: diam.prim. corretto

4) Diametro di funzionamento

Diametro base: z1/z2 = Db1/Db2

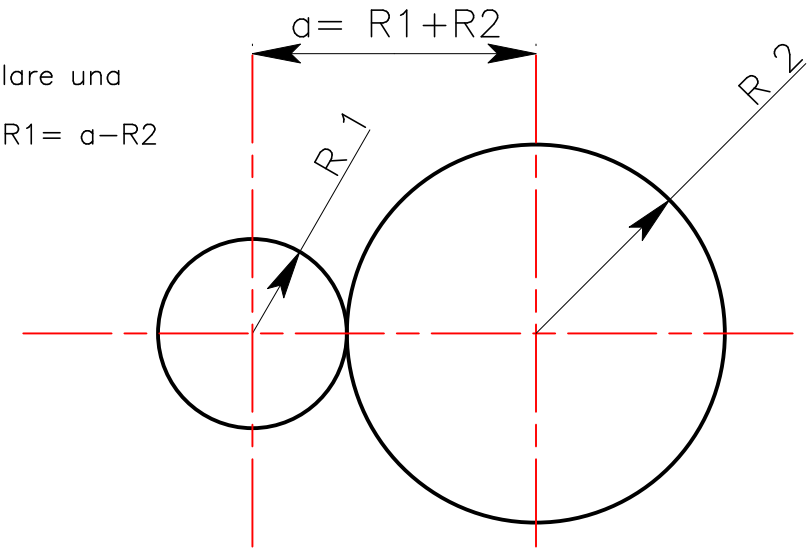
Diametro prim: z1/z2 = Dp1/Dp2

Diam. funzionamento: Z1/Z2= Dw1/Dw2

Tutti gli altri diametri non vanno presi in considerazione
(soprattutto il famigerato '' Dp corretto'')

Dato un interasse fisso ed un rapporto di trasmissione A/B = i,
ci sono solo due circonferenze tangenti che possono soddisfare questa situazione
A/B = R1/R2
A/B va espresso con l'unita al numeratore , Es. i= 20/30 = 1/1.5
Esempio: (A) (B)
Posto un interasse a = 100
i = 1 / 1.5
i = 0.66666666

Ovviamente è sufficiente calcolare una sola ruota perchè esiste questa relazione: R2= a−R1 e R1= a−R2



$R1 = a * \frac{A}{(B+1)}$	R1= 100 *1/(1.5+1) =40 R2 sarà= 100−40 =60

e anche :

$R1 = a * \frac{i}{i+1}$	R1= 100 *0.66666/(0.6666+1) =40 R2 sarà= 100−40 =60

$R2 = \frac{a}{i+1}$	R2= 100 (0.6666+1) =60 R1 sarà= 100−60 =40

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Nell'esempio precedente (senza variazione d'interasse) abbiamo visto che la correzione dei denti ci è stata favorevole per l'irrobustimento del dente del pignone, per l'equilibratura dello strisciamento etc.
Abbiamo anche detto che la coppia era stata migliorata ma non era un granchè.
Abbiamo allora aumentato l'interasse per ottimizzare la coppia.
Ottimizzare una coppia significa :

1) Equilibrare lo strisciamento
2) Irrobustire i denti in modo che il fattore di forma YF a flessione sia un valore più basso possibile e più uguale possibile tra pignone e corona
3) Ottenere un profilo utile più ampio = no sottointaglio alla base del dente

E questi risultati li abbiamo visti con i dati finali dove la coppia è diventata "matematicamente conforme"
Non esiste una formula che determina quanto e qualle correzione apportare su una coppia, la correzione può aver luogo per:

1) Equilibrare lo strisciamento
2) Per irrobustire la base del dente del pignone o della corona
3) Per esigenze di interasse imposto (un ingombro dettato dal progetto, un interasse già esistente su un meccanismo riduttore etc.)

Esistono comunque delle relazioni matematiche che devono essere soddisfatte.
La più importante relazione matematica impone che un dato interasse sia compatibile con LA SOMMA DELLE CORREZIONI.

Se non conosco ancora l'interasse, ma conosco le correzioni posso calcolare l'interasse come segue:

(X1=Xm1/mn) (X2=Xm2/mn) a = interasse originale mn*(z1+z2)/2
a1 = interasse di funzionamento e di montaggio
Calcolo dell'angolo di pressione di funzionamento:

$$\text{inv}\,\alpha w = 2 * \frac{x1 + x2}{Z1 + Z2} * \text{tg}\,\alpha + \text{inv}\,\alpha \quad \text{(Ingranaggi a denti diritti)}$$

$$\text{inv}\,\alpha wt = 2 * \frac{x1 + x2}{Z1 + Z2} * \text{tg}\,\alpha + \text{inv}\,\alpha t \quad \text{(Ingranaggi a denti elicoidali)}$$

$$aw = a * (\cos\alpha / \cos\alpha w)$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CALCOLO DELL'INTERASSE CONOSCENDO GLI SPOSTAMENTI Xm1 E Xm2
Nel nostro caso

Modulo normale	2,5	
Angolo di pressione utensile	20°	
Angolo di pressione di funzionamento	25,3712°	
Interasse di funzionamento e di montaggio	39	
Somma delle correzioni xm	1.7004	
Somma dei coefficienti Σx	0.6802	
	PIGNONE	CORONA
N° denti	10	20
Correzione sul raggio primitivo Xm	1,2525	0,4479
Coefficiente corrrezione X (Xm/mn)	0.5010	0.1792
Diametro esterno	32,1042	55,495
Diametro primitivo di funzionamento	26	52
Diametro primitivo corretto	27,505	50,8958
Diametro primitivo	25	50
Diametro di base	23,4923	46,9846
Diametro interno	21,255	44,6458
Spessore circolare sul primitivo	4.8086	4.2479
Spessore circolare sul diametro di base	4.8971	4.6968

$$\text{inv}\,\alpha w = 2 * \frac{0.5010 + 0.1792}{10 + 20} * 0.3640 + 0.01490438 = 0.0314061$$

Dalle tabelle di conversione aw = 25,3712°

Interasse originale a = 2.5*(10+20)/2 = 37.5

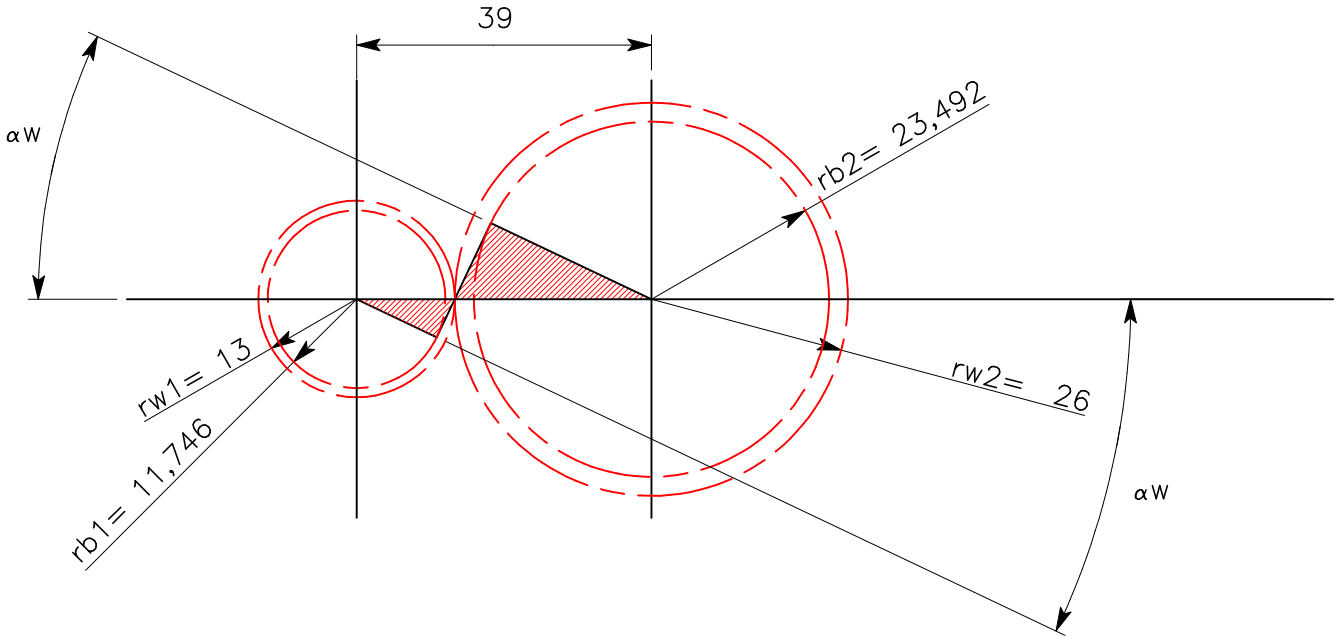
nuovo interasse aw= 37.5* (cos 20° / cos 25,3712°) = 39

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

PROBLEMA INVERSO
CALCOLO DELLA SOMMA DEGLI SPOSTAMENTI Xm1 E Xm2 CONOSCENDO L'INTERASSE
Interasse a imposto = 39
i =z1/z2 = 10/20 = 0.5

$R1 = a * \frac{i}{i+1}$	R1= 39 *0.5/(0.5+1) =13 R2 sarà= 39−13= 26

Dai 2 triangoli rappresentati cos aw = rb1/rw1 = rb2/rw2
αw = arcos 11.746/13 = 25.3712°



Se invece fosse noto αw: a1= a * (cos α / cos αw)

infatti 39= 37.5* (cos 20°/cos 25.3712)

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Possiamo anche definire che abbiamo un modulo di funzionamento nel punto di tangenza dei cerchi di funzionamento mw = a/(z1+z2)*2
mw= 39/(10+20)*2= 2.6
In breve si potrebbe dire che abbiamo un ingranaggio speciale con
mn =2.6 e αn = 25.3712°

Di conseguenza abbiamo anche degli spessori dente sul diametro di funzionamento dw:
Sw= π*mw/2 =3.14*2.6/2=4.0841

Avevamo originariamente Spessore circolare normale denti sul dp (mn*Z)
S1 e S2 =3.9270

Noi conosciamo lo spessore che dovrebbe avere una coppia analoga senza correzioni sul diametro dw =4.0841

dw1 = 26 e lo spessore su quel diametro =4.0841, quanto vale ora lo spessore dente sul dp1 =(mn*Z1)?

$$S1=dp1*(Sw1/dw1+inv\ \alpha w-inv\ \alpha)$$
S1= 25*(4.0841/26 +inv 25.3712−inv 20°)
S1=25*(0.1571+0.03139031−0.01490438)= 4.3395

delta, ΔS1 = 4.3395 −3.9270=0.4125
Un ΔS1 come questo si può ottenere arretrando la cremagliera generatrice di:

$$xm1=\frac{\Delta S1}{2*tg\ \alpha n}=0.4125/(2*tg\ 20°)=0.5667$$

dw2 = 52 e lo spessore su quel diametro =4.0841, quanto vale ora lo spessore dente sul dp2 =(mn*Z2)?

$$S2=dp2*(Sw2/dw2+inv\ \alpha w-inv\ \alpha)$$
S2= 50*(4.0841/52 +inv 25.3712−inv 20°)
S2= 50*(0.0785+0.03139031−0.01490438)= 4.752

ΔS2 = 4.752 −3.9270=0.825

$$xm2=\frac{\Delta S2}{2*tg\ \alpha n}=0.825/(2*tg\ 20°)=1.1334$$

xm1+xm2= 0.5667+1.1334=1.7001

$$\Sigma xm=\frac{0.4125+0.825}{2*tg\ \alpha n}=1.7001 \qquad \Sigma x=\frac{\Sigma xm}{mn}=\frac{1.7}{2.5}=0.6800$$

$$\Sigma xm=\frac{(\Delta S1+\Delta S2)}{2*tg\ \alpha n}$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Nelle pagine precedenti abbiamo voluto dare una dimostrazione utilizzando gli spessori del dente.
Esiste un'altra formula più breve e diretta che da gli stessi risultati.

Angolo pressione utensile α

Angolo pressione su dp $\alpha n = \alpha$ (Ingranaggi a denti diritti)

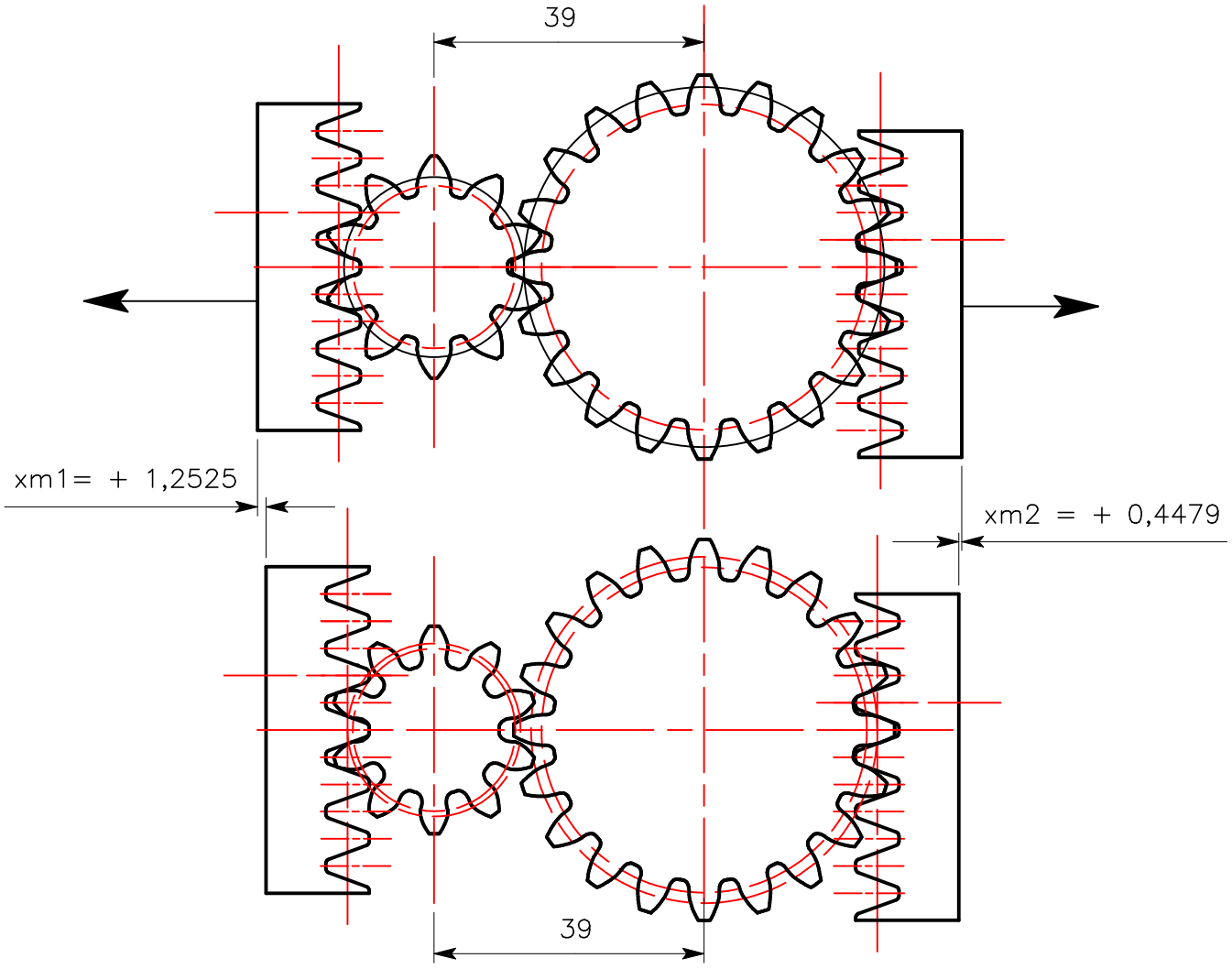
$\alpha t = \text{Arctg}(\text{Tg}\ \alpha / \cos \beta)$ (Ingranaggi a denti elicoidali)

$$\Sigma xm = \frac{(Z1+Z2) * (\text{nv}\ \alpha w - \text{inv}\ \alpha t)}{2 * \text{tg}\ \alpha n} * mn$$

Nel nostro caso:

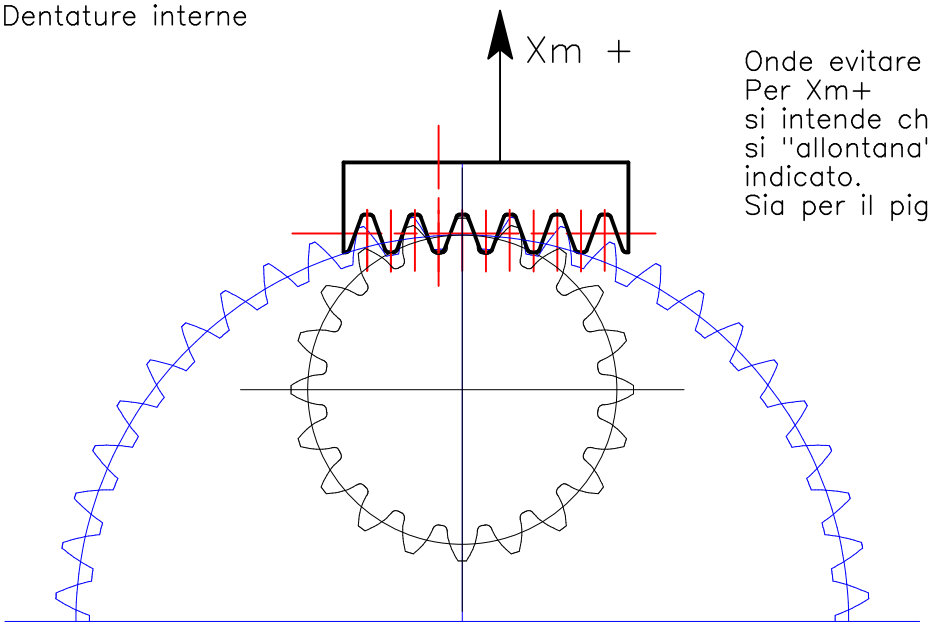
$$\Sigma xm = \frac{(10+20) * (0.03139031 - 0.01490438)}{2 * 0.363970} * 2.5 = 1.700$$

Per equilibrare lo sctrisciamento Gear−1 ha scelto:
+1.252 su Z1 e+0.4479 su Z2 1.2525+10.449 = 1.700



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dentature interne



Onde evitare equivoci:
Per Xm+
si intende che la cremagliera generatrice si "allontana" di un valore Xm nel senso indicato.
Sia per il pignone che per la corona.

Si considera la DIFFERENZA tra le correzioni

$$Xm2-Xm1 = \frac{(Z2-Z1)*(nv\ \alpha w-inv\ \alpha t)}{2*tg\ \alpha n} * mn$$

Conoscendo Xm1 trovo Xm2:

$$Xm2 = \frac{(Z2 - Z1) * (nv\ \alpha w-inv\ \alpha t)}{2 * Tg\ \alpha n} * mn+ Xm1$$

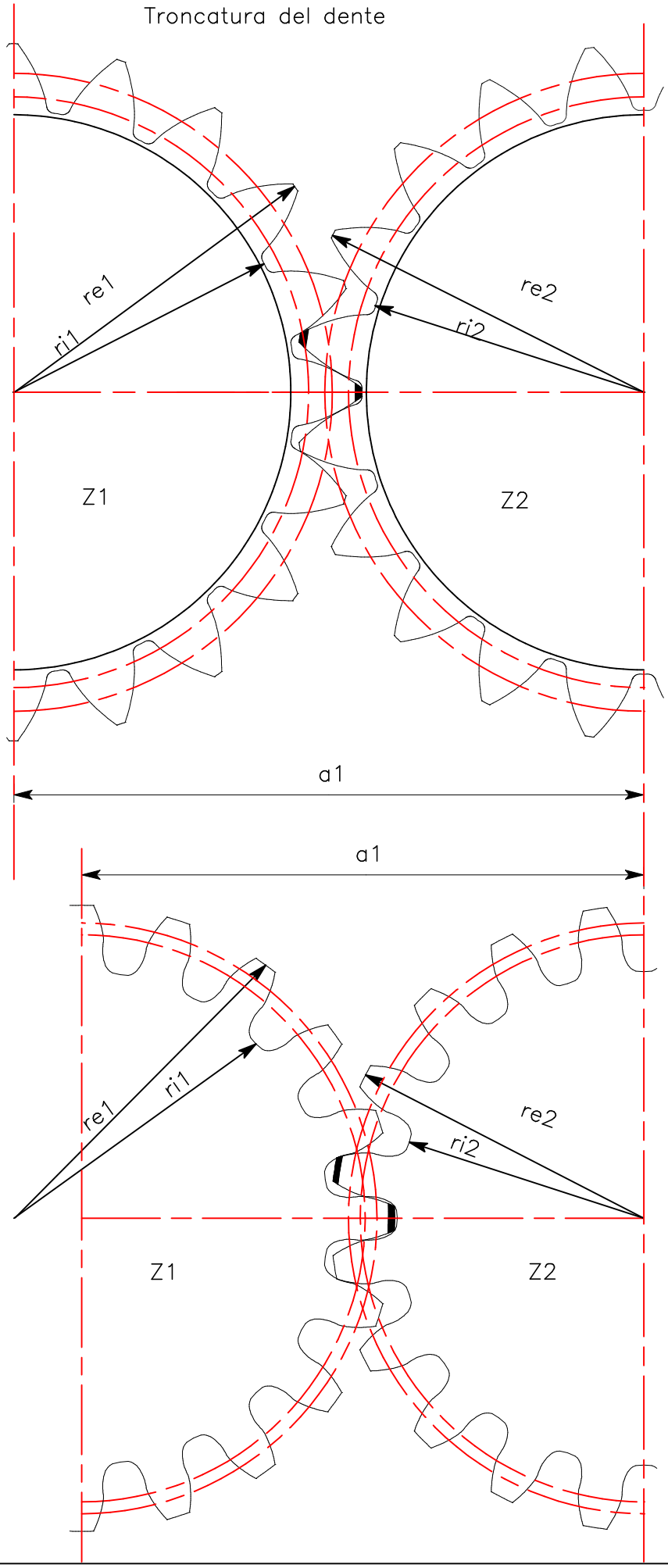
conoscendo Xm2 trovo Xm1:

$$Xm1 = Xm2 - \frac{(Z2 - Z1) * (nv\ \alpha w-inv\ \alpha t)}{2 * Tg\ \alpha n} * mn$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

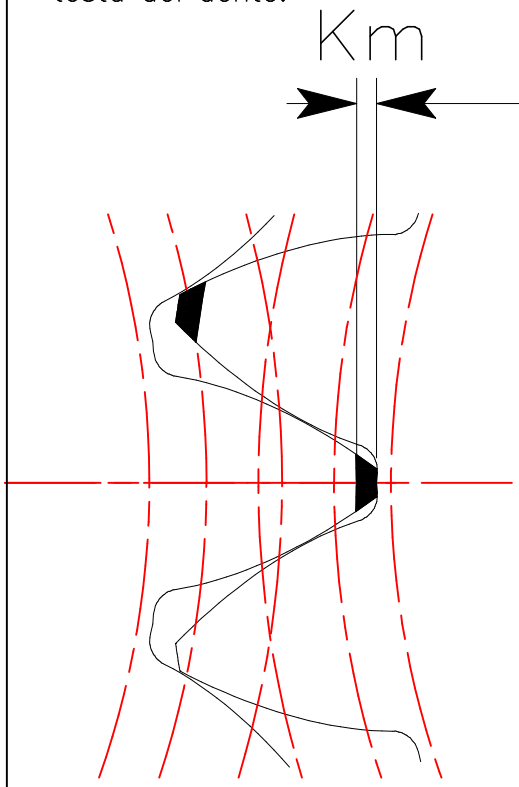
Quandi la somma delle correzioni >< 0 Bisogna fare attenzione ach se si tenta di ingranarli insieme il diametro esterno dell'una va a toccare o quasi sul fondo dell'altra creando interferenza.

Pertanto le ruote vanno "troncate" sul diametro esterno di una quantà delta sul raggio.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Troncatura del dente:
Si può fare in 2 modi
a= interasse prima della correzione
a1 Interasse calcolato o imposto dopo la correzione.
Calcoliamo un valore Km (in mm) che è il valore di troncatura della testa del dente.



$$Km = a1 - a - \Sigma xm$$

Nel nostro caso: Km = 39−37.5−1.7 = − 0.2

Quindi il diametro esterno di un ingranaggio che ingrana con un altro e dove

$\Sigma xm >< 0$

Diam. esterno denti diritti

de= (mn*z)+(2*mn)+(2*xm)−(2*Km)

denti elicoidali

de= (mt*z)+(2*mn)+(2*xm)−(2*Km)

ALTRO METODO + PRATICO E + EFFICACE (è certo che con questo metodo non ci sarà mai interferenza sul piede di un ingranaggio con la cresta dell'altro.

Calcolare il diametro interno come al solito (come non ci fosse variazione d'interasse)

Diam. interno denti diritti

di= (mn*z)−(2.5*mn)+(2*xm)

denti elicoidali

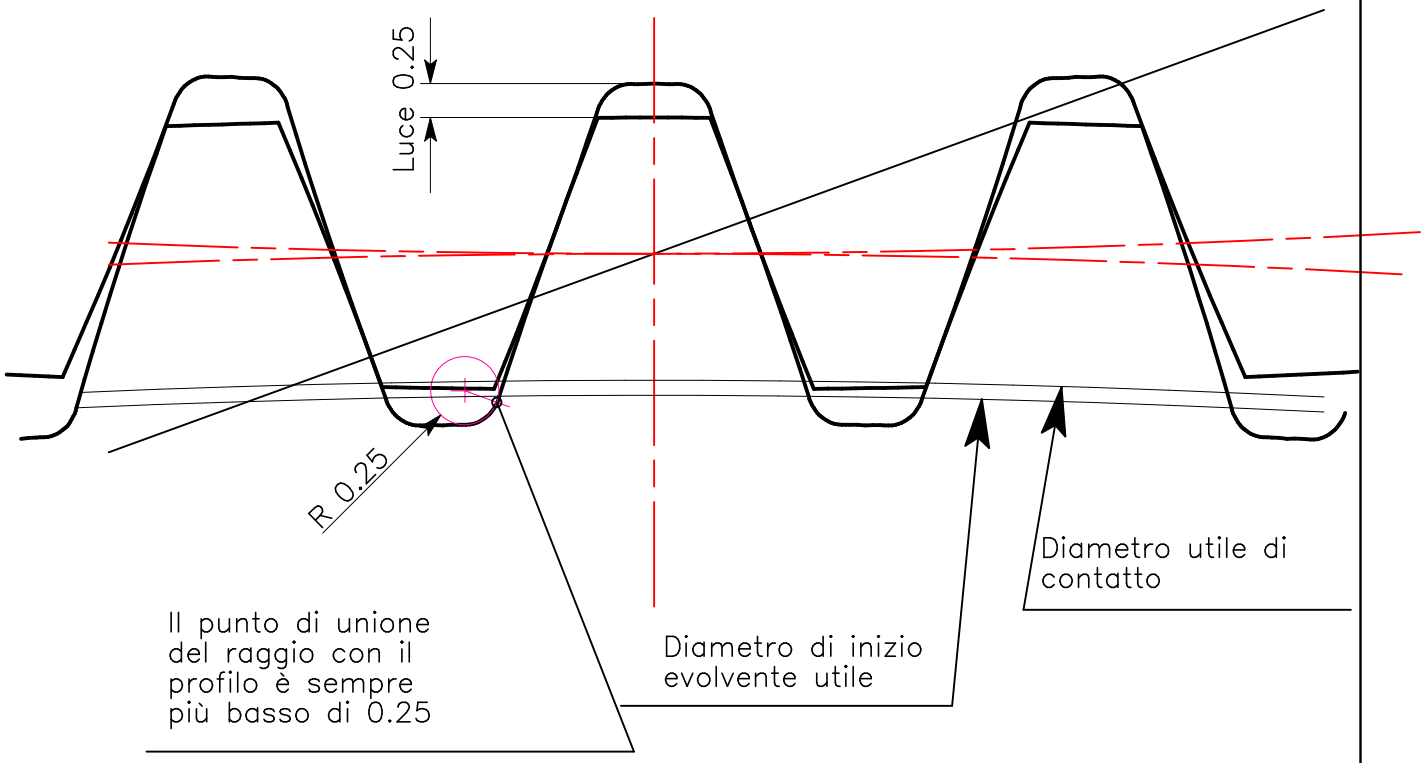
di= (mn*z)−(2.5*mn)+(2*xm)

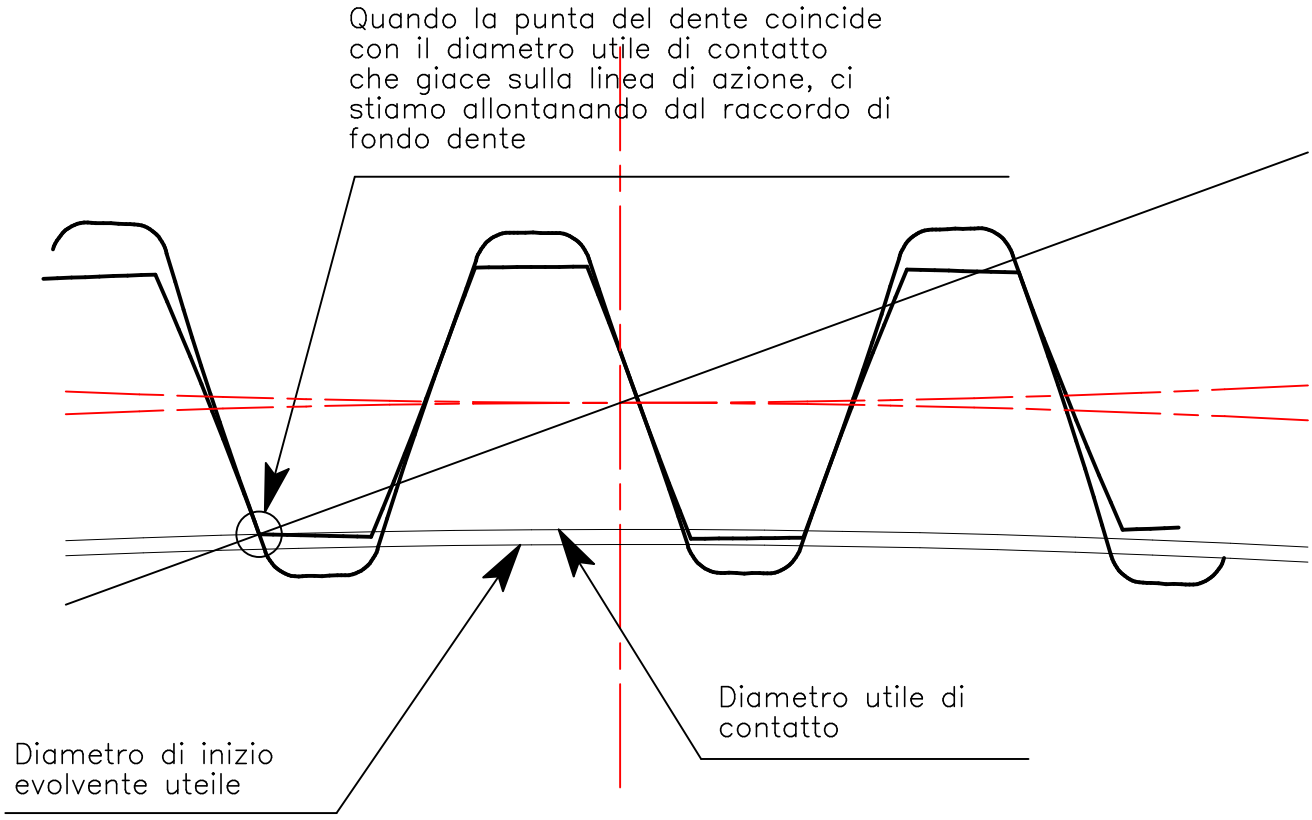
Considerare il nuovo interasse di montaggio e funzionamento a1
de1 pignone de2 corona.
Consideriamo un raggio di raccordo a norme DIN = 0.25*mn

Pignone	Corona
de1= (2*a1)−(di2)−(2*0.25*mn)	de2= (2*a1)−(di1)−(2*0.25*mn)

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

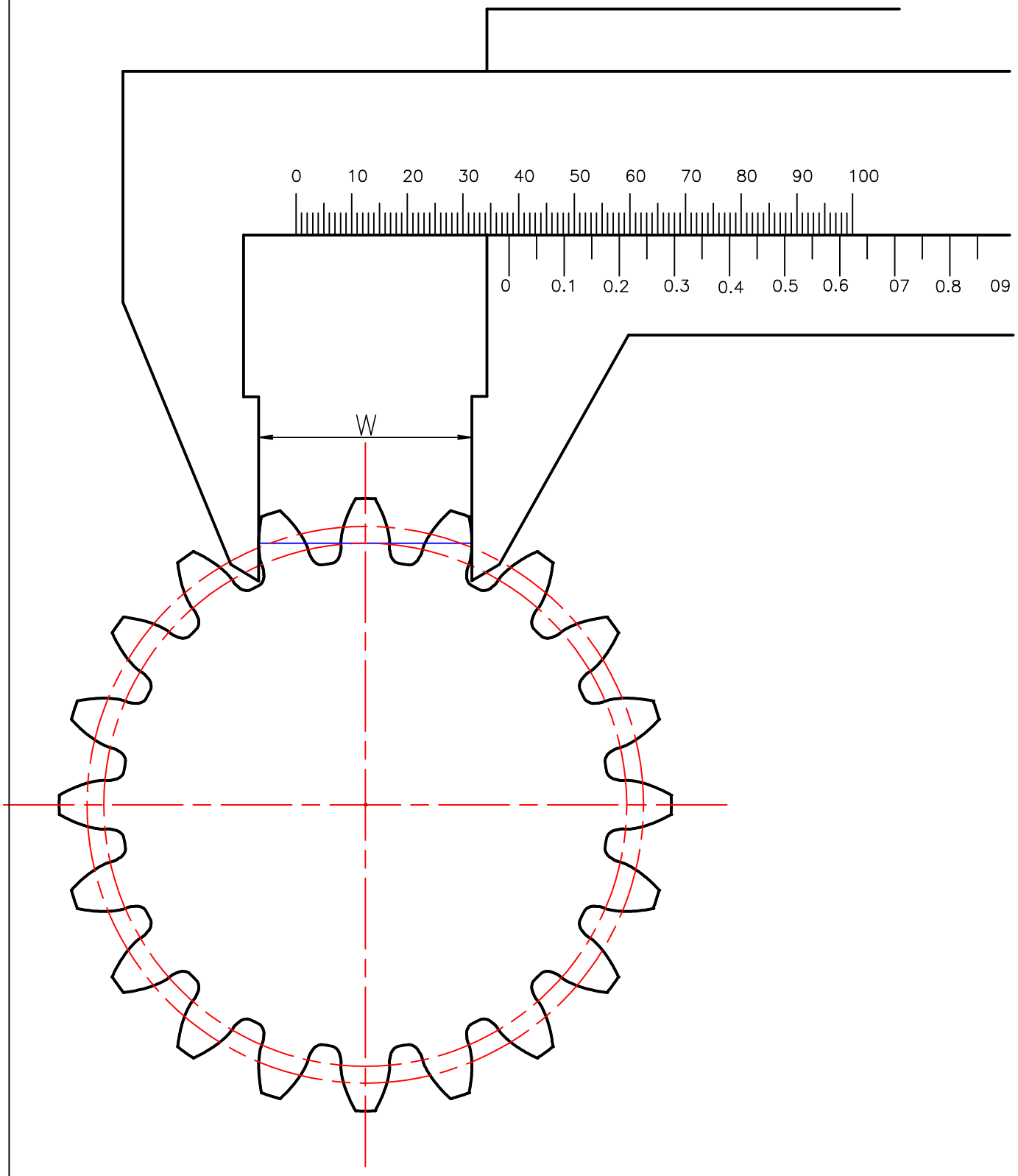
Le fifure sottostanti illustrano che se babbiamo un raggio di raccordo a norme DIN di 0.25 * mn, la luce di 0.25 * mn, non non crea interferenza.





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CALCOLO MISURA WILDHABER



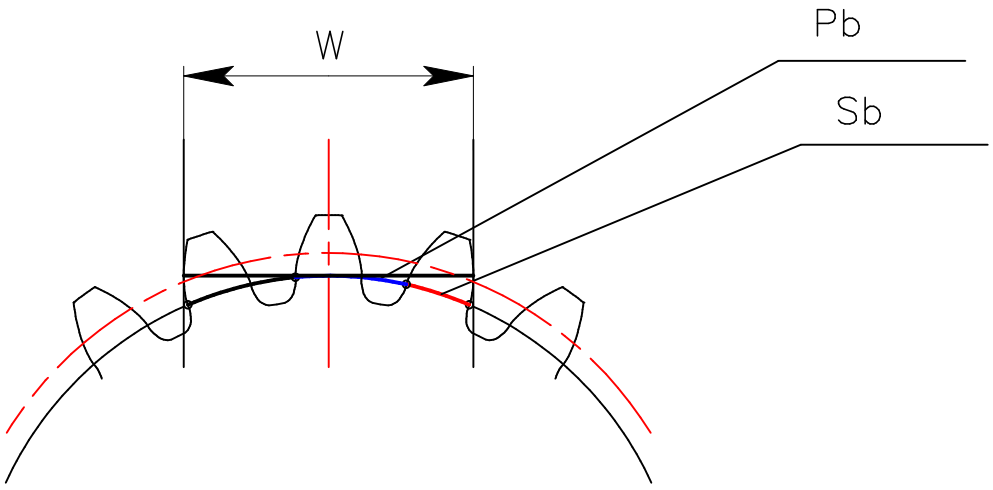
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Prendiamo come esempio i dati della ruota esterna descritta all'inizio del capitolo "Evolvente" e paragoniamola ad una dentatura interna con gi stessi parametri.

		Dentat. esterna	Dentat. interna
INPUT			
Modulo normale	Mn	5	
N° denti	Z	20	
Algolo di pressione	α	20°	
OUTPUT			
Modulo normale base	Mb	4.6988	
Diametro primitivo	Dp	100	
Diametro di base	Db	93.9692	
Diametro esterno	De	110	112.5
Diametro interno	Di	87.5	94.1
Diam. est.con dente a punta	D	115.3834	
Diam. inizio evolvente utile	Du	94.0016	94.1002
Raggio raccordo	ri	1.25	0
Addendum	a	5	6.25
Dedendum	d	6.25	5
Spessore circ. sul diam. di base	Scb	8.7808	
Spessore circ. sul diam. prim.	Sc	7.854	
Spessore cordale sul diam. prim	S	7.5458	
Altezza di misura	a1	5.154	
Spessore circ. sul diam. est	Sce	3.4744	
N° denti in misurazione	n	3	
Misura Wildhaber	W	38.3022	
Diametrro rullo	dr	8	
Qut a rulli	Qr	101.7078	90.0302

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Il segmento W è la sommatoria di un certo numero di Pb (passi base) + Sb(1 spessore base)



$Pb = Db * \pi / Z$

$Sc = \pi * M / 2$

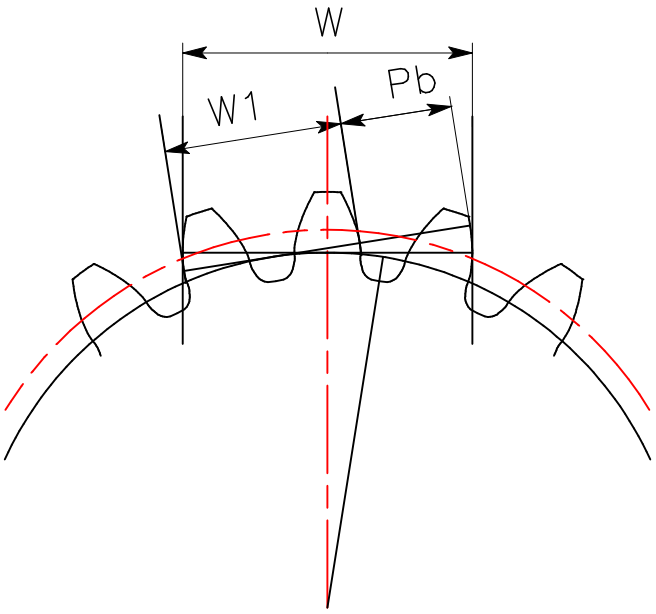
Per dentature normali, ma potrebbe essere diverso.

$Sb = \cos \alpha * (Sc + M * Z * \text{inv}\ \alpha)$

N = numero denti in misurazione (vedi tabelle)
Oppure intero di = $Z * \alpha / 180 + 0.5$

Arco (quindi W) = $Pb * (N-1) + Sb$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Si può immaginare di fare un calcolo inverso per verificare un ingranaggio campione.
In virtù delle evolventi parallele la misura W−W1 da come risultato il passo base.

Conoscendo Z = 20
e:
Misura W= 38.3022
Misura W1= 23.5415

38.3022−23.5415= Pb=14.7607

Pb*20/π = Db = 93.9692

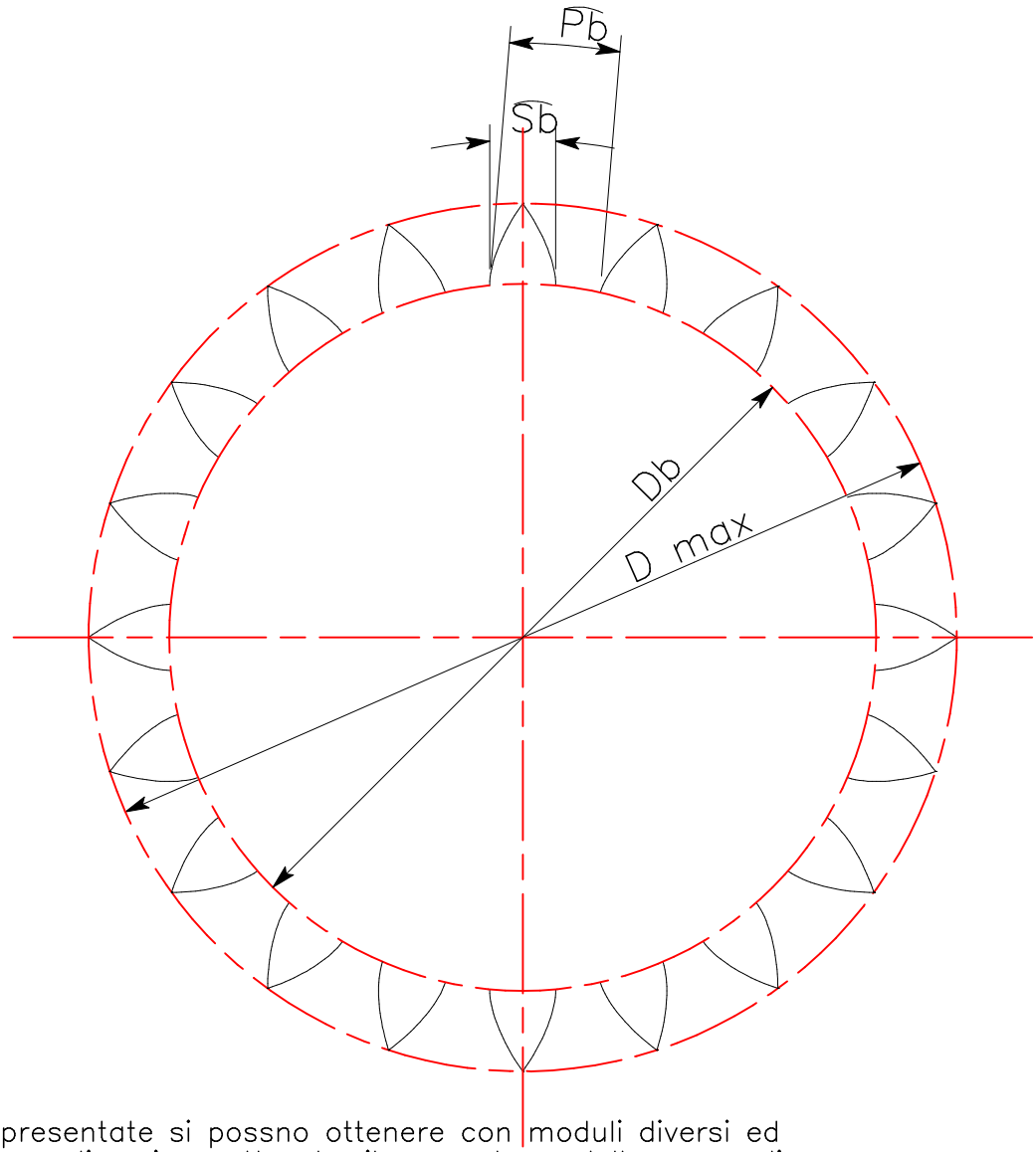
Conoscere il diametro di base è già un discreto risultato.

Essendo W = Pb* (N−1)+Sb
e N−1 = N° vani Nv
W = Pb* Nv +Sb
W−Pb*Nv = Sb :

Sb=38.3022−14.7607*2 = 8.7808

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

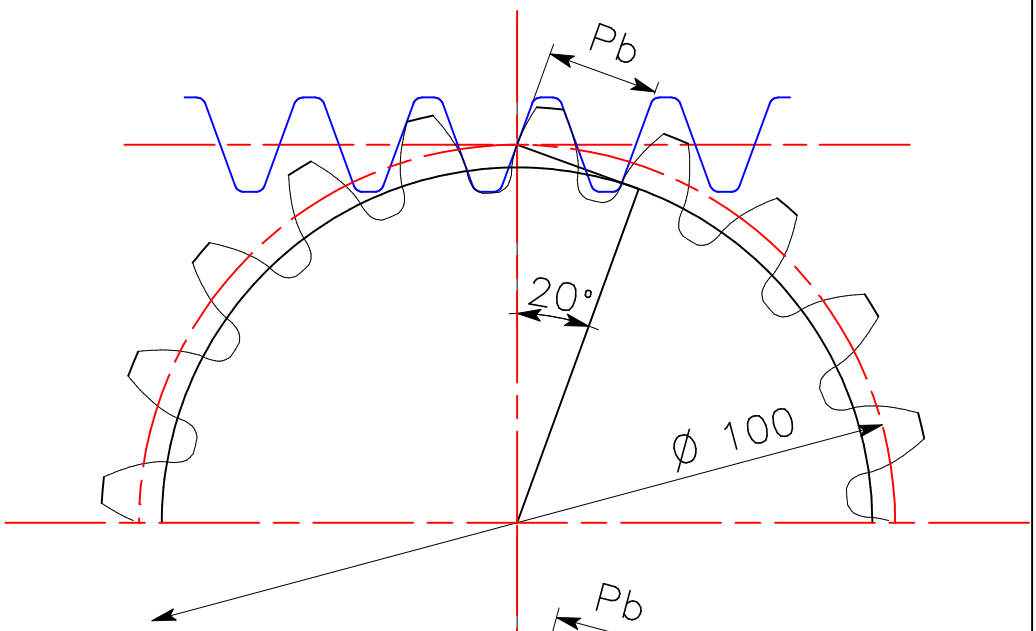
A questo punto noi siamo a conoscenza di una figura come indicata sotto.
Conosciamo Db, Dmax, Pb ed Sb
Non sappiamo quale sia il modulo poichè non conosciamo lo spessore del dente sul primitivo, diametro primitivo che a sua volta non conosciamo.
Conosciamo il diametro interno e diametro esterno del campione, quindi tracciamo i due diametri per delimitare l'altezza del dente.



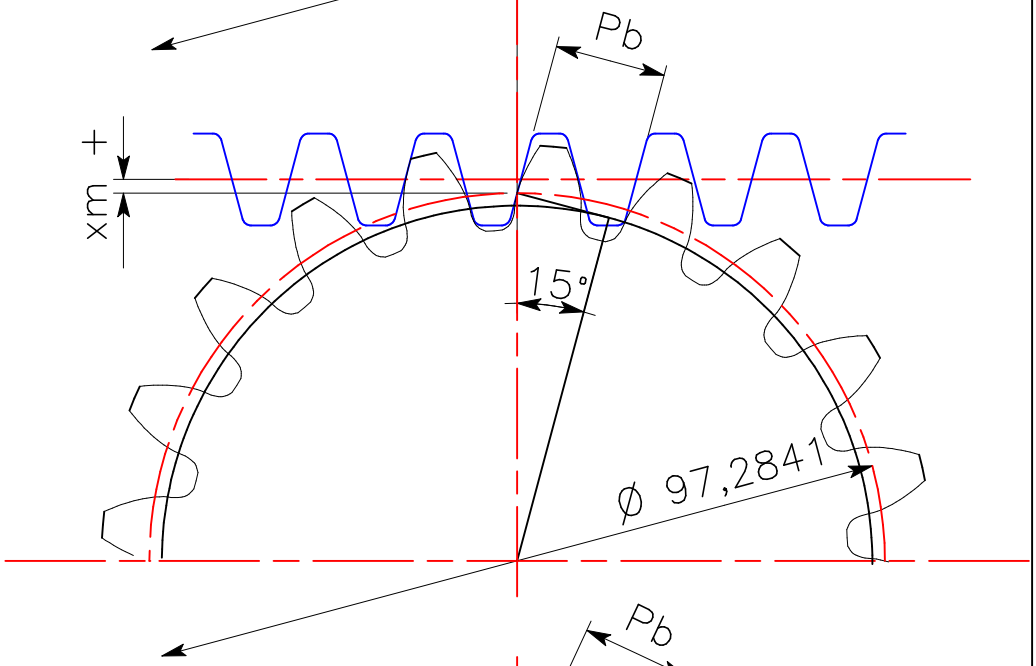
le evolventi rappresentate si possno ottenere con moduli diversi ed angoli di pressione diversi a patto che il passo base della cremagliera generatrice abbia un Passo base = 14.7607

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

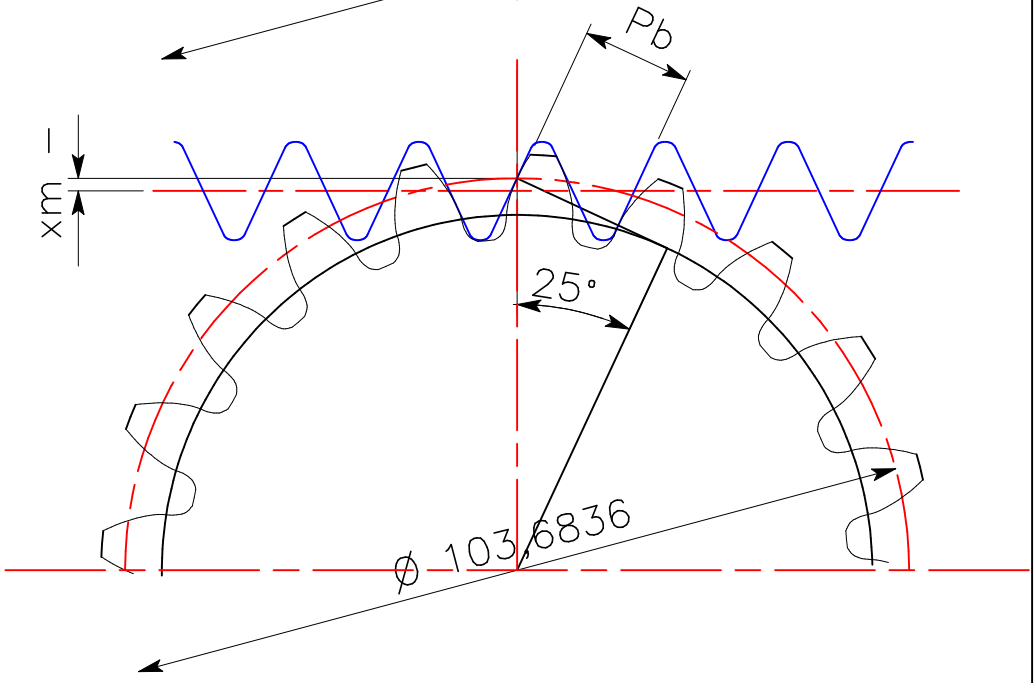
Pb= 14.7607
m =5
α=20°
Pn=15.7080
Dp =100
xm =0



Pb= 14.7607
m =4.8642
α=15°
Pn=15.2814
Dp =97.2844
xm= 1.6

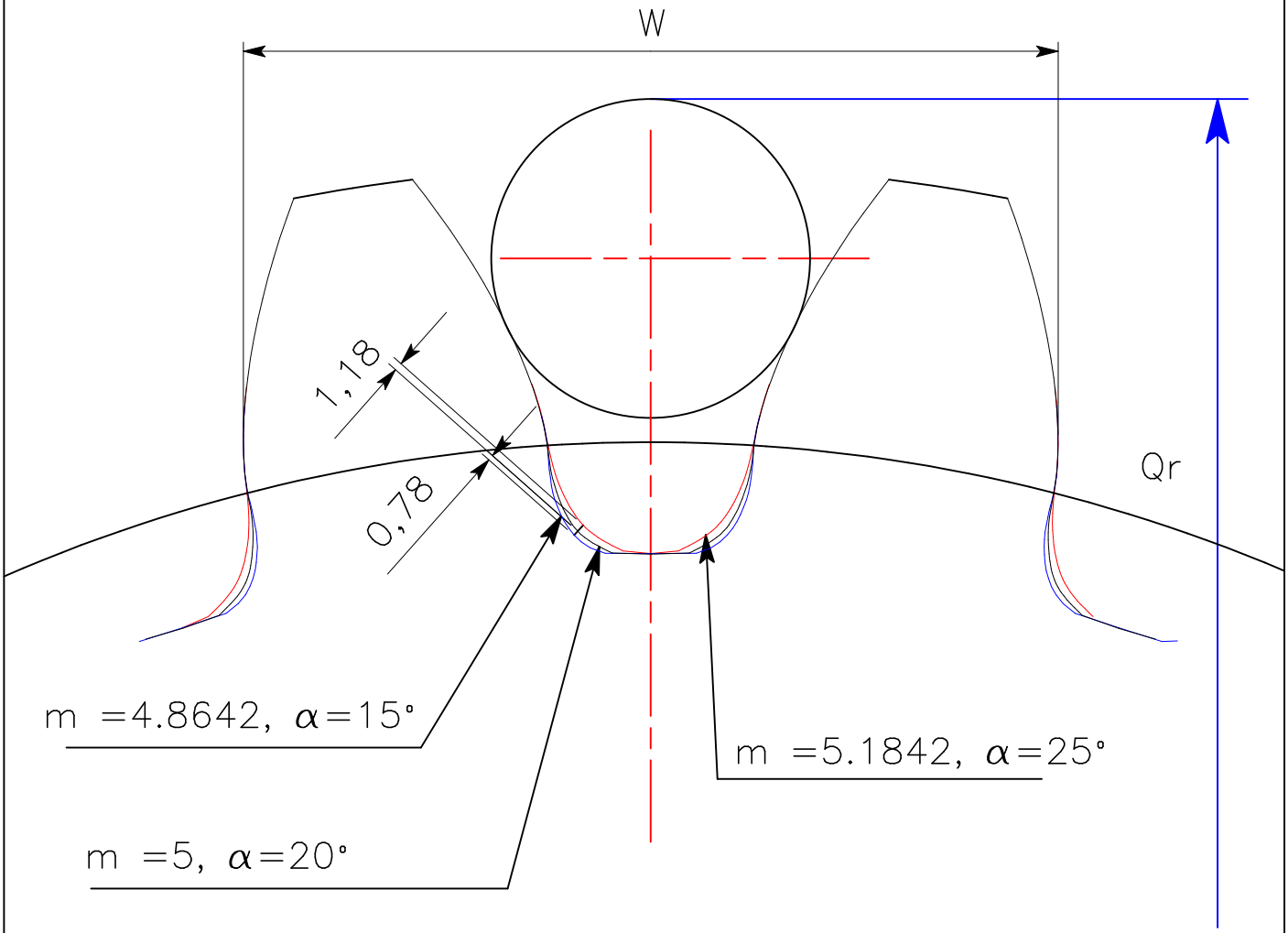


Pb= 14.7607
m =5.1842
α=25°
Pn=16.2866
Dp =103.6839
xm=− 1.67



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Le evolventi sono perfettamente sovrapponibili
Il raccordo di fondo è diverso per i 3 esempi presentati prima.
In questi casi bisogna controllare se il raggio di fondo non crea problemi di interferenza con la controruota ingranata, o modificare il raggio di raccordo dell'utensile generatore.
La quota Wildhaber e la misura rulli sono uguali per i tre casi esaminati



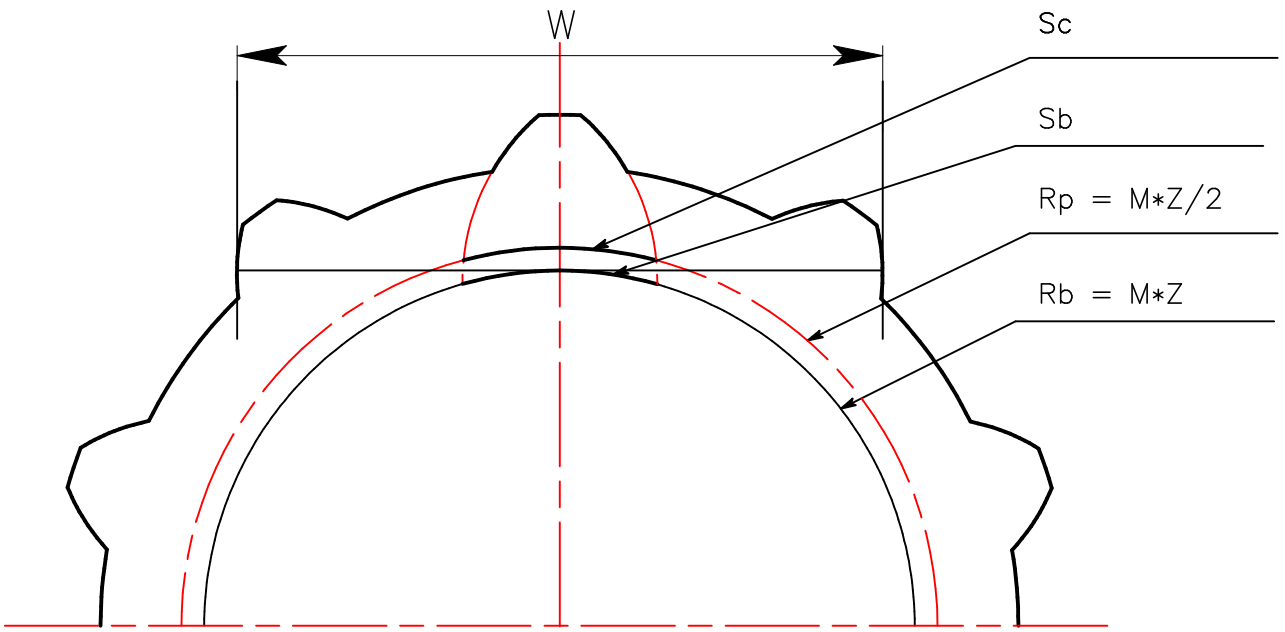
Le cremagliere generatrici che possono realizzare l'ingranaggio sono moltissime.
Il presupposto é che il passo base sia lo stesso.

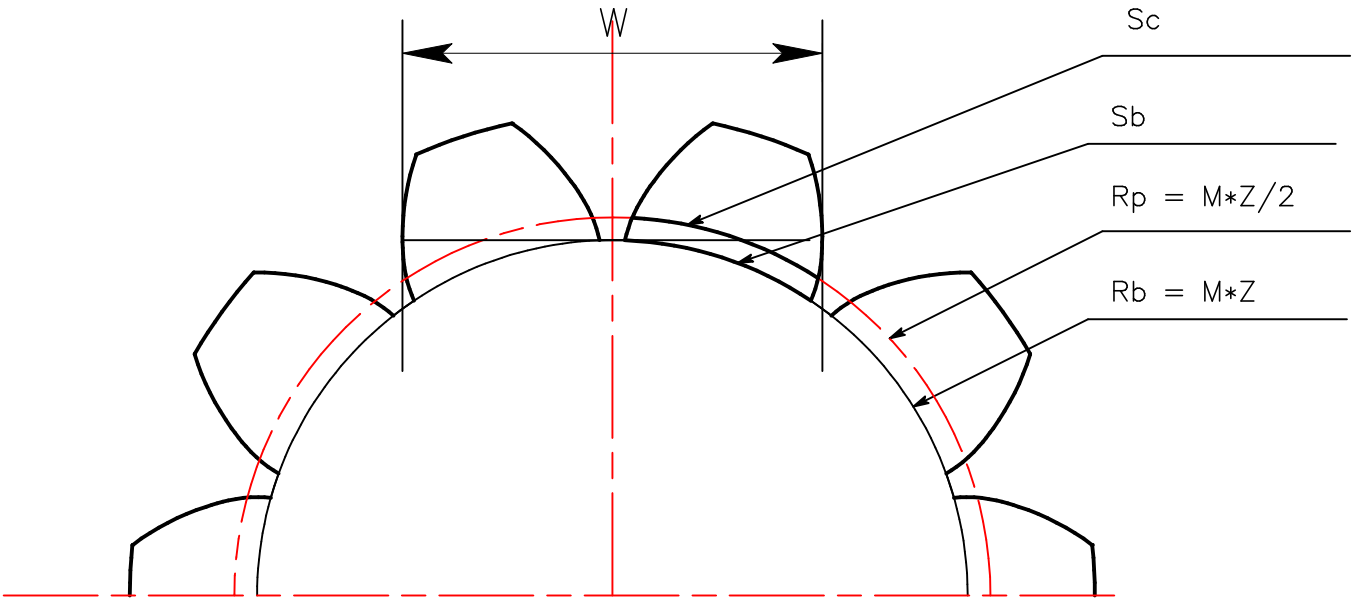
Quindi: m * π * cos α = Pb rilevato
E anche semplificando: m.base = Pb/3.1415

Si può utilizzare un utensile dove m*cos α = m.base

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Ricordarsi che Sb è funzione di Sc e Sc non è detto sia sempre M*π/2
Ci possono essere dei casi particolari come illustrato sotto





Nel caso normale SC = M*π/2

Per dentature corrette Sc = (M*π/2) + (2* Xm * tang α)

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

$Sb = Rb * ((Sc/Rp)+2 \text{ inv } \alpha)$

$46.9846*((7.854/50)+2*0.014904) = 8.78$

oppure:

$Sb = Db * ((Sc/Dp)+ \text{ inv } \alpha)$

$93.9692*((7.854/100)+0.014904) = 8.78$

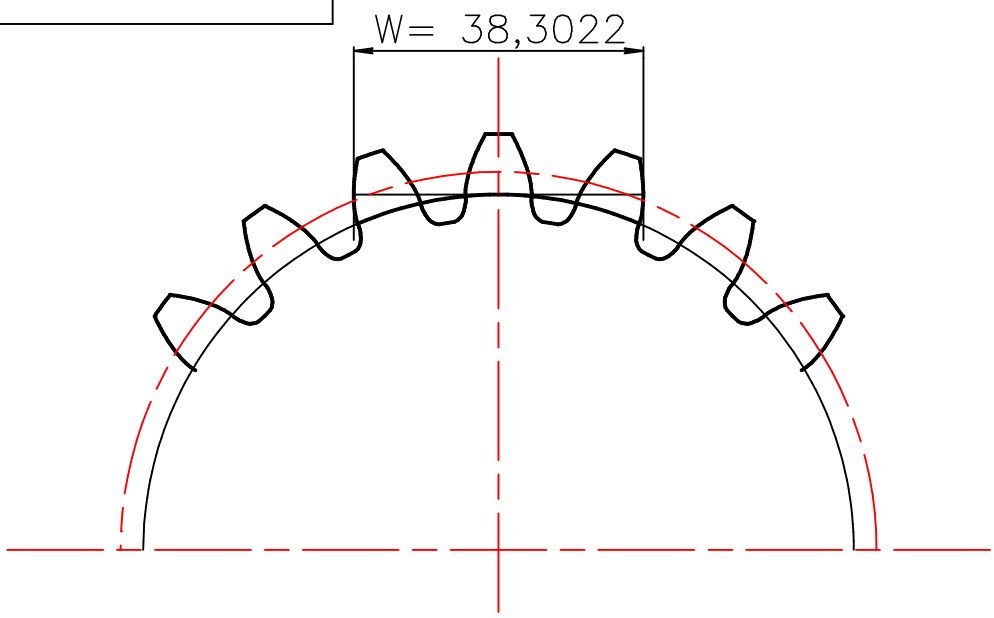
oppure essendo $Db = Dp * \cos \alpha$
e $Dp = M*Z$:

$Sb = \cos \alpha * (Sc + M*Z*\text{inv } \alpha)$

$0.9397*(7.854+5*20*0.014904) = 8.78$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Xm =0 non corretto



Es.
M = 5
α = 20°
Z = 20

N= int (20*20/180+0.5) = 3

Db =5*20*cos 20°= 93.9693

Pb= π*93.9693/20 =14.7607

Sc = π*5/2= 7.854

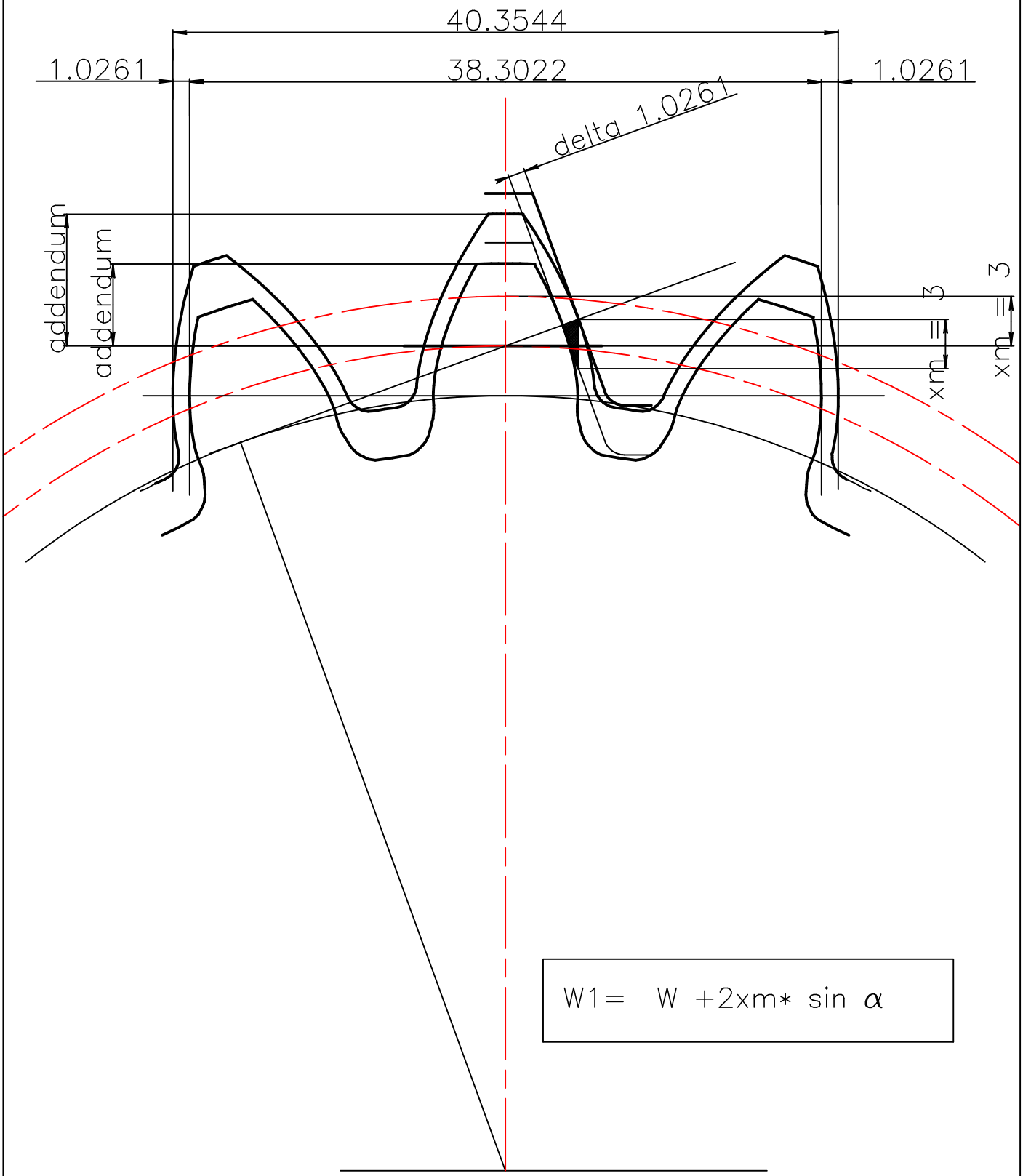
Sb= 0.9397*(7.854+5*20*0.014904)= 8.7808)

Misura Wildhaber

W= (14.7607*(3−1)+8.7808) =38.3022

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Stesso ingranaggio ma corretto: xm =3



$$W1 = W + 2xm * \sin \alpha$$

$$W1 = (14.7607*(3-1)+8.7808) + (2xm * \sin \alpha)$$

$$W1 = (14.7607*(3-1)+8.7808) + (2*3 * 0.3420) = 40.3544$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

la quota cordale Wildhaber precedentemente descritta vale (con buona precisione) anche pe ingranaggi elicoidali, considerando come Z il numero immaginario di denti.

$$Znw = Z * \frac{\text{inv } \alpha t}{\text{inv } \alpha}$$

Es.
M = 5
α = 20° αt =Arctg(Tg α / cos β) =22°.7959
Z = 20
β = 30°

$$Zi = 20 * \frac{0.02242622}{0.01490438} = 30.0935$$

Dalle tabelle delle misure calcolate per denti diritti si prende il valore più prossimo in difettoe simoltiplica per il modulo

per Z 30 W = 10.7526

10.7526*5 = 53.7630

La procedura esatta sarebbe stata un interpolazione tra
Z30 e Z31

Z30, W =10.7526*5 = 53.763
Z31, W = 10.7666 *5 = 53.833

si fa la differenza 53.833−53.763=0.0700

30.0935−30= 0.0935 denti

0.0935*0.0700=0.0065

53.763+0.0065= 53.7695

NB. da "Gear1" la quota esatta è 53.7685

Se la dentatura elicoidale è anche corretta di un valore Xm, si procede come per i denti diritti:
Se Xm=3 come nell'esempio precedente si avrà:

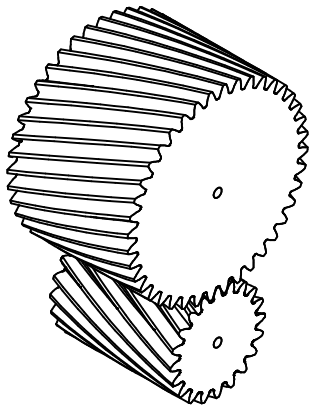
W= 53.7695 +2*Xm*sin α = 53.7695 +2*3*0.3420
W= 55.825

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esempio di coppia elicoidale

Modulo normale	2
Modulo normale base	1,8794
Modulo circonferenziale	2,1284
Modulo circonferenziale di base	1,9847
Modulo circonferenziale di funzionamento	2,155
Modulo normale di funzionamento	2,0222
Angolo di pressione utensile	20°
Angolo di pressione di funzionamento	22,8711°
Angolo di pressione circonferenziale	21,1728°
Angolo elica sul diametro primitivo	20°
Angolo elica sul diametro di base	18,7472°
Angolo elica sul diametro di funzionamento	20,2218°
Interasse di funzionamento e di montaggio	64,6208
Somma delle correzioni	0,8
Gioco impostato	0,2

	PIGNONE	CORONA
N° denti	20	40
N° denti immaginari	24,1031	48,2062
Correzione sul raggio primitivo Xm	0,4	0,4
Diametro esterno	47,3075	89,8746
Diametro primitivo di funzionamento	43,0806	86,1611
Diametro primitivo	42,5671	85,1342
Diametro di base	39,6936	79,3873
Diametro interno	38,3671	80,9342
Diametro utile di contatto	40,5115	83,0799
Diametro di inizio evolvente utile	40,0822	82,1031
Angolo elica sul diametro esterno	22,0235	21,0186
Passo elica	367,4161	734,8322
Spessore circ front dente sul diametro di base	4,0195	4,7258
Spessore circ norm dente sul diametro di base	3,8063	4,4751
Spessore circ front dente sul diametro esterno	1,33	1,5036
Spessore circ norm dente sul diametro esterno	1,2329	1,4036
Spessore cordale sul diametro esterno	1,2327	1,4035
N° denti in misurazione	3	6
Misura Wildhaber	15,6148	33,9964
Diametro di contatto piattelli	42,3582	85,6663
Quota rulli	49.5821	92.3717
Diametro rullo	4	4



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Rimane valido quanto discusso nelle tavole precedenti (che spiegano i concetti)
Arriviamo comunque ad una formula riepilogativa e pratica che comprenda tutti i casi.

Dentature diritte

N = numero denti in misurazione (vedi tabelle)
Oppure intero di = Z* α/180 +0.5
Arco (quindi W) = Pb * (N−1)+Sb

Essendo che N−1 = Nv, (n° vani) per facilità prendiamo in considerazione il numero dei vani

Nv = (intero di:) Z*α/180−0.5

Arco (quindi W) = Pb* Nv+Sb

Dentature a denti diritti

W = cos α (Mn *(Z * inv α+Nv*π)+Sn)

Nel nostro esempio:

M = 5
α = 20°
Z = 20

N= int (20*20/180+0.5) = 3

Db =5*20*cos 20°= 93.9693
Pb= π*93.9693/20 =14.7607

Sc (Sn)= π*5/2= 7.854

Sb= 0.9397*(7.854+5*20*0.014904)= 8.7808)

Misura Wildhaber

W= 0.93969*(5*(20*0.0149043+2*3.1415) +8.7808

W= 38.3022

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dentature elicoidali
Per il numero di denti da comprendere nella misurazione , si devono considerare il numero di denti immaginari:

$$Znw = Z * \frac{\text{inv } \alpha t}{\text{inv } \alpha}$$

N = numero denti in misurazione (vedi tabelle)

Oppure intero di = $Znw * \alpha / 180 + 0.5$

Essendo che N−1 = Nv, (n° vani) per facilità prendiamo in considerazione il numero dei vani.

Nv = (intero di:) $Znw * \alpha / 180 - 0.5$

Dentature a denti elicoidali

$$W = \cos \alpha \ (Mn * (Z * \text{inv } \alpha t + Nv * \pi) + Sn)$$

Notare che tra la formula sopra e la precedente per denti diritti cambia solo inv α

inv α per ingranaggi a denti diritti

inv αt per ingranaggi a denti elicoidali

Nel nostro esempio
Pignone:

Nv = 20* 20/180 −0.5 =1.72 assumiamo un intero di 2

abbiamo una dentatura corretta+0.4

ed un gioco sula copia di 0.2 quindi 0.1 sul pignone e 0.1 sulla corona

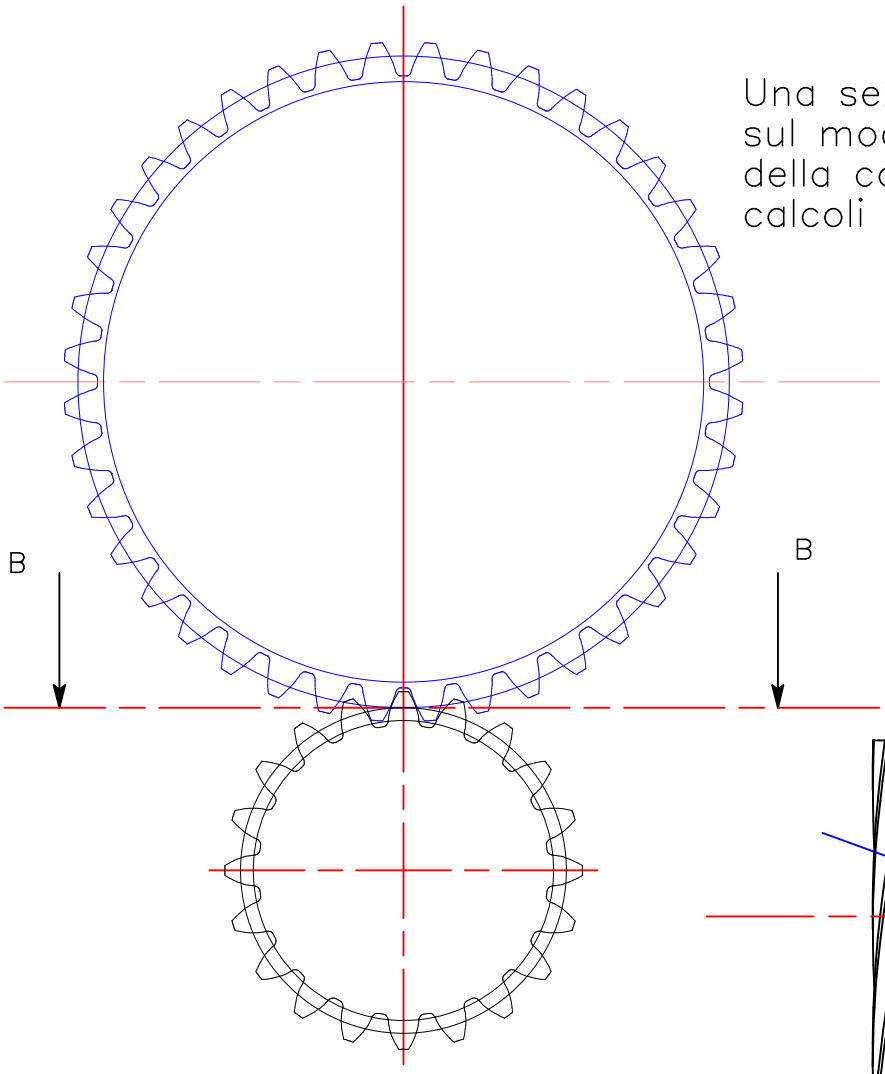
$Sn = Mn * \pi / 2 + 2 * Xm * Tang \ \alpha - gioco$

Sn = (2*3.14/2) +(2*0.4*0.3640)−0.1) =3.3328

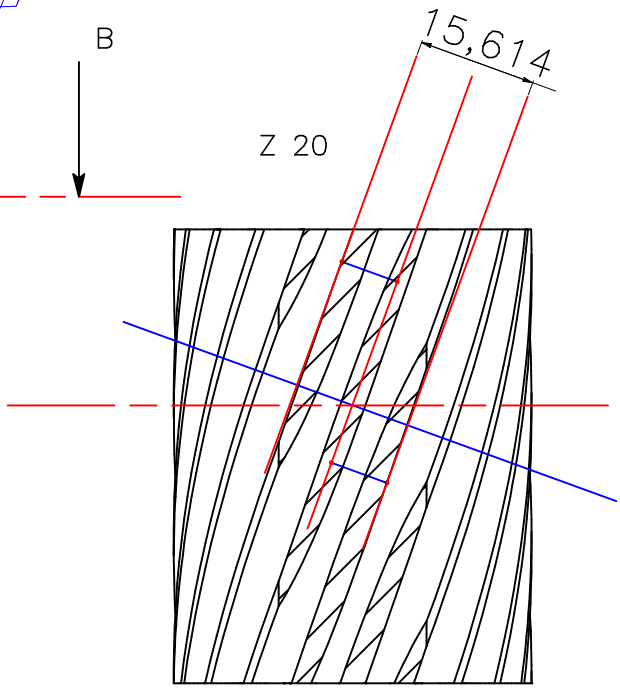
W = 0.93969*(2*(20* 0.0178 +2*3.1415)+3.3328)

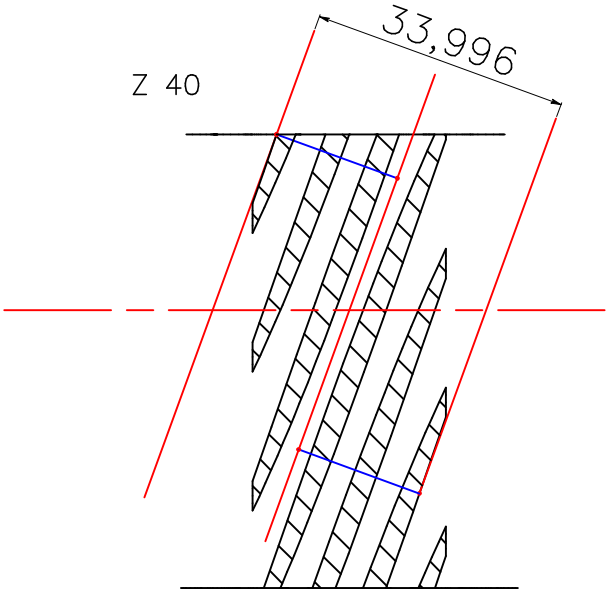
W= 15.6148

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



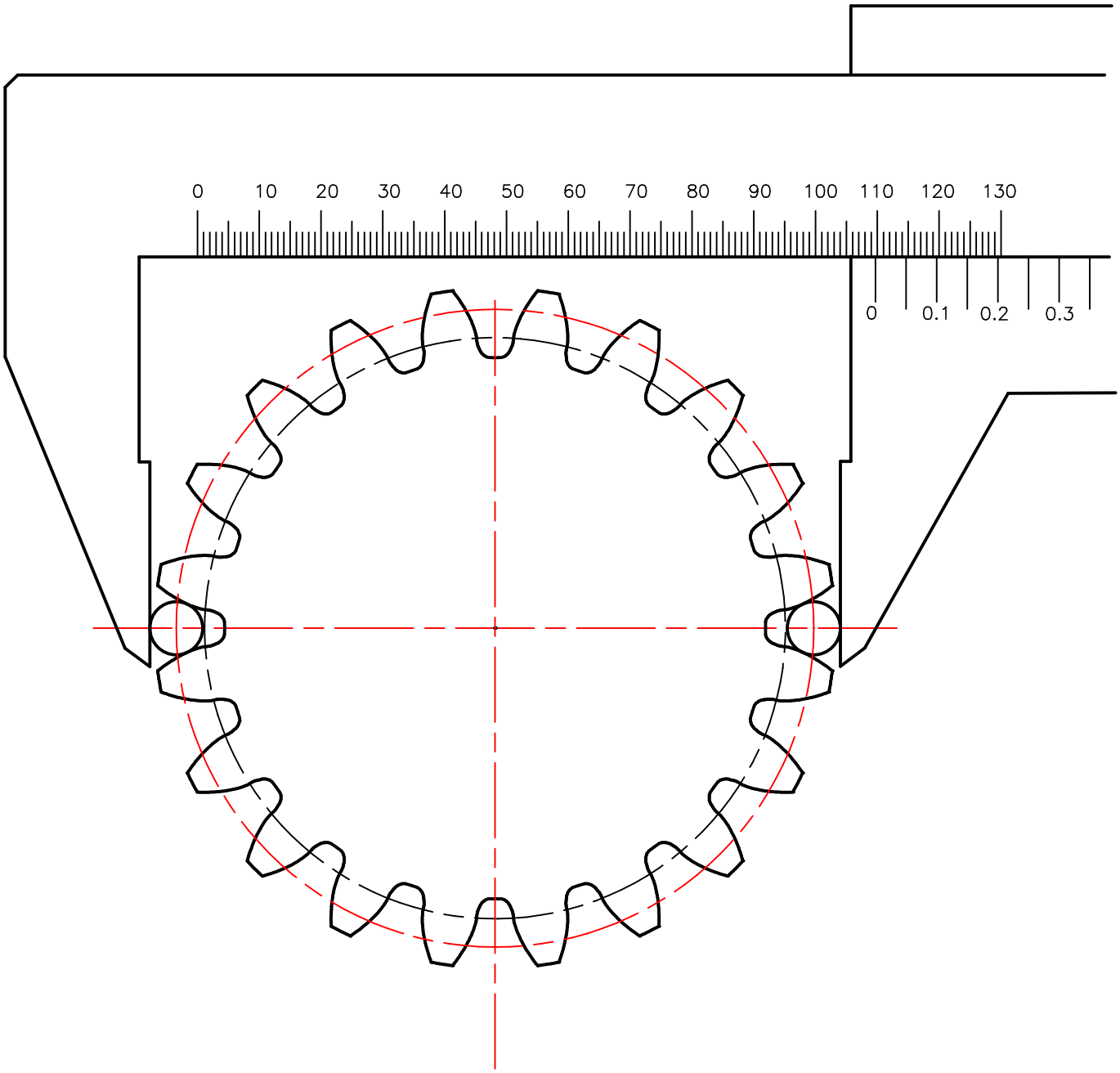
Una sezione B–B sul modello tridimensionale della coppia evidenzia che i calcoli sono esatti





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CALCOLO QUOTA RULLI



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Prendiamo come esempio i dati della ruota esterna descritta all'inizio del capitolo "Evolvente" e paragoniamola ad una dentatura interna con gi stessi parametri.

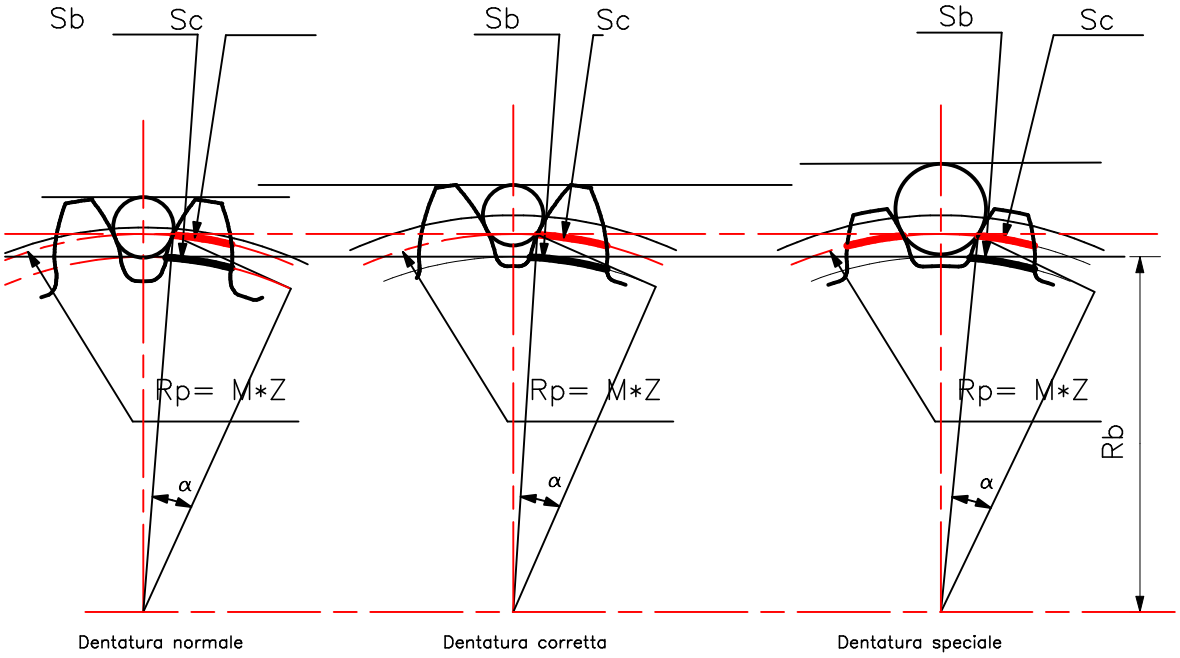
		Dentat. esterna	Dentat. interna
INPUT			
Modulo normale	Mn	5	
N° denti	Z	20	
Algolo di pressione	α	20°	
OUTPUT			
Modulo normale base	Mb	4.6988	
Diametro primitivo	Dp	100	
Diametro di base	Db	93.9692	
Diametro esterno	De	110	112.5
Diametro interno	Di	87.5	94.1
Diam. est.con dente a punta	D	115.3834	
Diam. inizio evolvente utile	Du	94.0016	94.1002
Raggio raccordo	ri	1.25	0
Addendum	a	5	6.25
Dedendum	d	6.25	5
Spessore circ. sul diam. di base	Scb	8.7808	
Spessore circ. sul diam. prim.	Sc	7.854	
Spessore cordale sul diam. prim	S	7.5458	
Altezza di misura	a1	5.154	
Spessore circ. sul diam. est	Sce	3.4744	
N° denti in misurazione	n	3	
Misura Wildhaber	W	38.3022	
Diametrro rullo	dr	8	
Qut a rulli	Qr	101.7078	90.0302

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Premessa
Il calcolo esatto si fa con il presupposto di conoscere un Sc (Spessore circolare del dente) su un raggio noto.
Il raggio potrebbe esse anche il raggio primitivo M*Z/2, e si può impiegare nei calcoli ma non è detto che sia sempre così.

Diffidare dalle formule semplifivate:

Sc potrebbe essere uno spessore maggiore dovuto alla correzione Xm, o potrebbe tenere conto di una riduzione per ottenere del gioco tra i denti.



Cme si vede dalle figure sopra, Sc cambia a secoda dei casi, idem dicasi per Sb

Il passo circonferenziale di una dentatura è SEMPRE e solamente uguale a : M*π e non cambia mai.
Tale posso giace su una SOLA circonferenza= M*Z
Per similitudine nemmeno il diametro base non cambia mai = M*Z*cos α
Per conseguenza il passo base si può ricavare per proporzione:

Pb:Db = Pc:M*Z
Pb = Db * m*Z /Pc

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo dello spessore base

$Sb = Rb * ((Sc/Rp)+2 \text{ inv } \alpha)$ — $46.9846*((7.854/50)+2*0.014904) = 8.78$

oppure:

$Sb = Db * ((Sc/Dp)+ \text{ inv } \alpha)$ — $93.9692*((7.854/100)+0.014904) = 8.78$

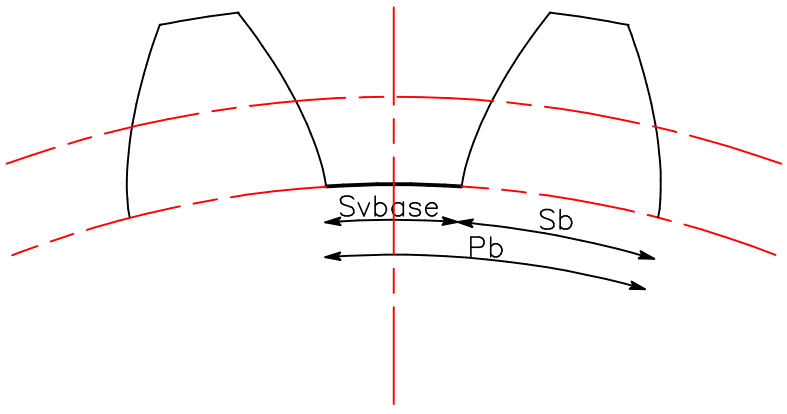
oppure essendo $Db = Dp * \cos \alpha$
e $Dp = m*Z$:

$Sb = \cos \alpha * (Sc + m*Z*\text{inv } \alpha)$ — $0.9397*(7.854+5*20*0.014904) = 8.78$

oppure conoscendo un raggio Rx qualsiasi,
Rx = 55
Sx relativo = 3.4744
αx relativo = arcos (Rb/Rx) =31.3213°
inv αx = 0.0619

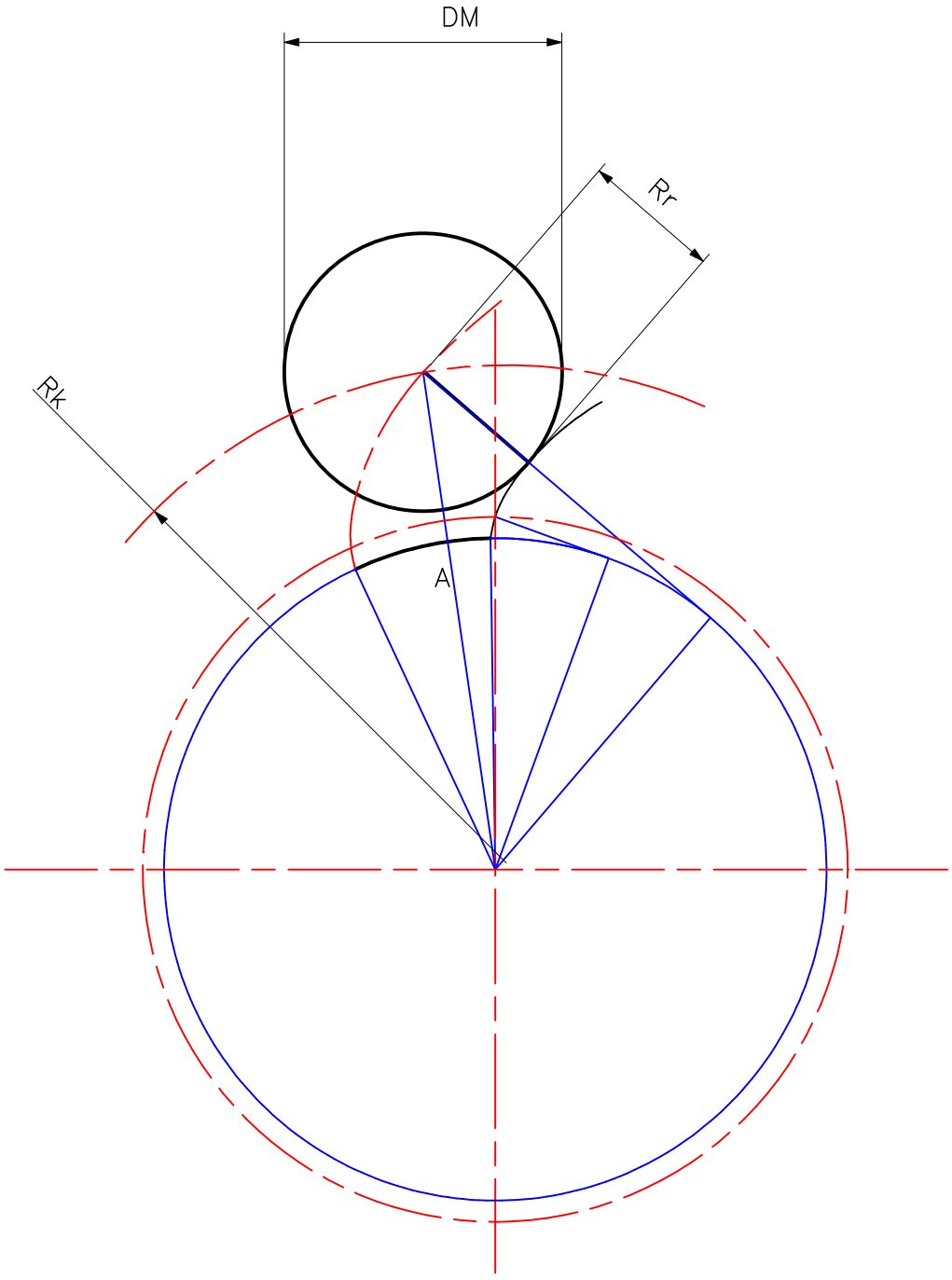
$Sb = Db*(Sx/Dx)+\text{inv } \alpha x)$ — $93.9692*(3.4744/110)+0.0619 = 8.78$

Lo spessore circolare del vano sarà: Svbase = Pb−Sb



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La proprietà delle evolventi prallele ci permette di calcolare la posizione di un rulo che appoggia con l'evolvente.
La lunghezza del rtaggio del rullo è = all'arco '' A'' da dove nascono le due evoldventi.

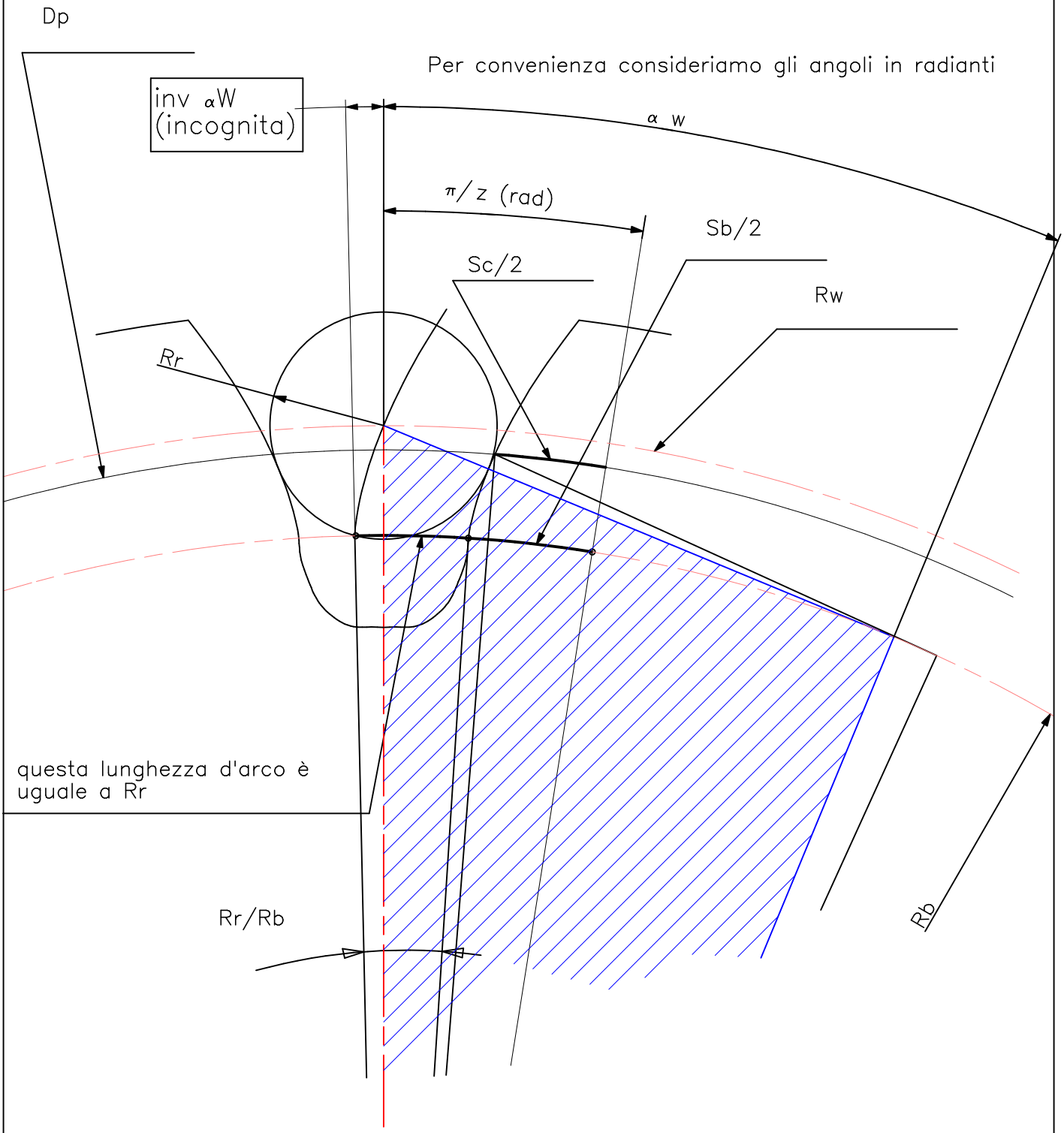


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

In virtù della proprietà delle evoleventi di essere parallele, esiste una evolvente che passa per il centro del rullo.

Si deve calcolare αW per poi risolvere con:

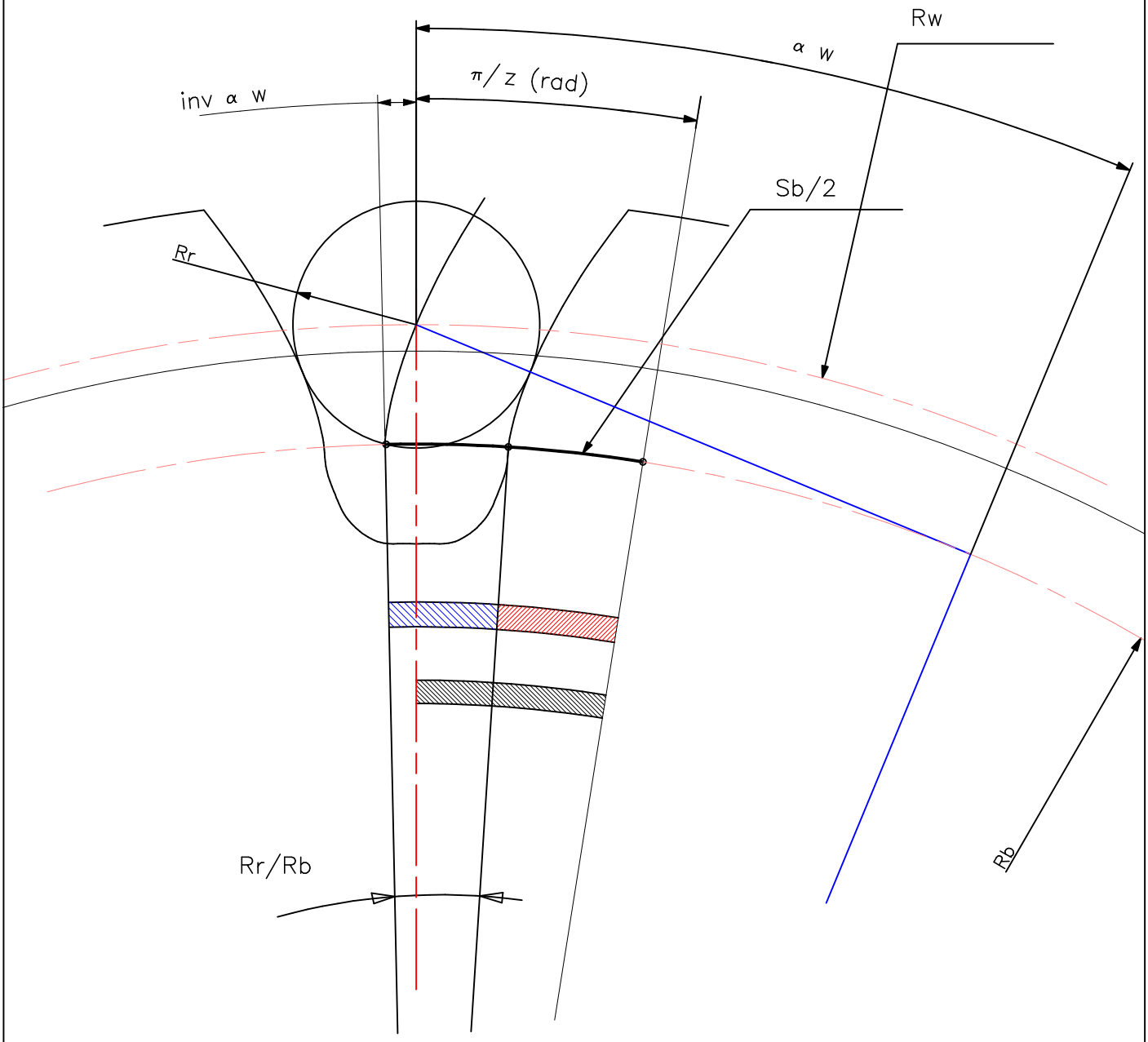
$$Rw = Rb/\cos \alpha W$$



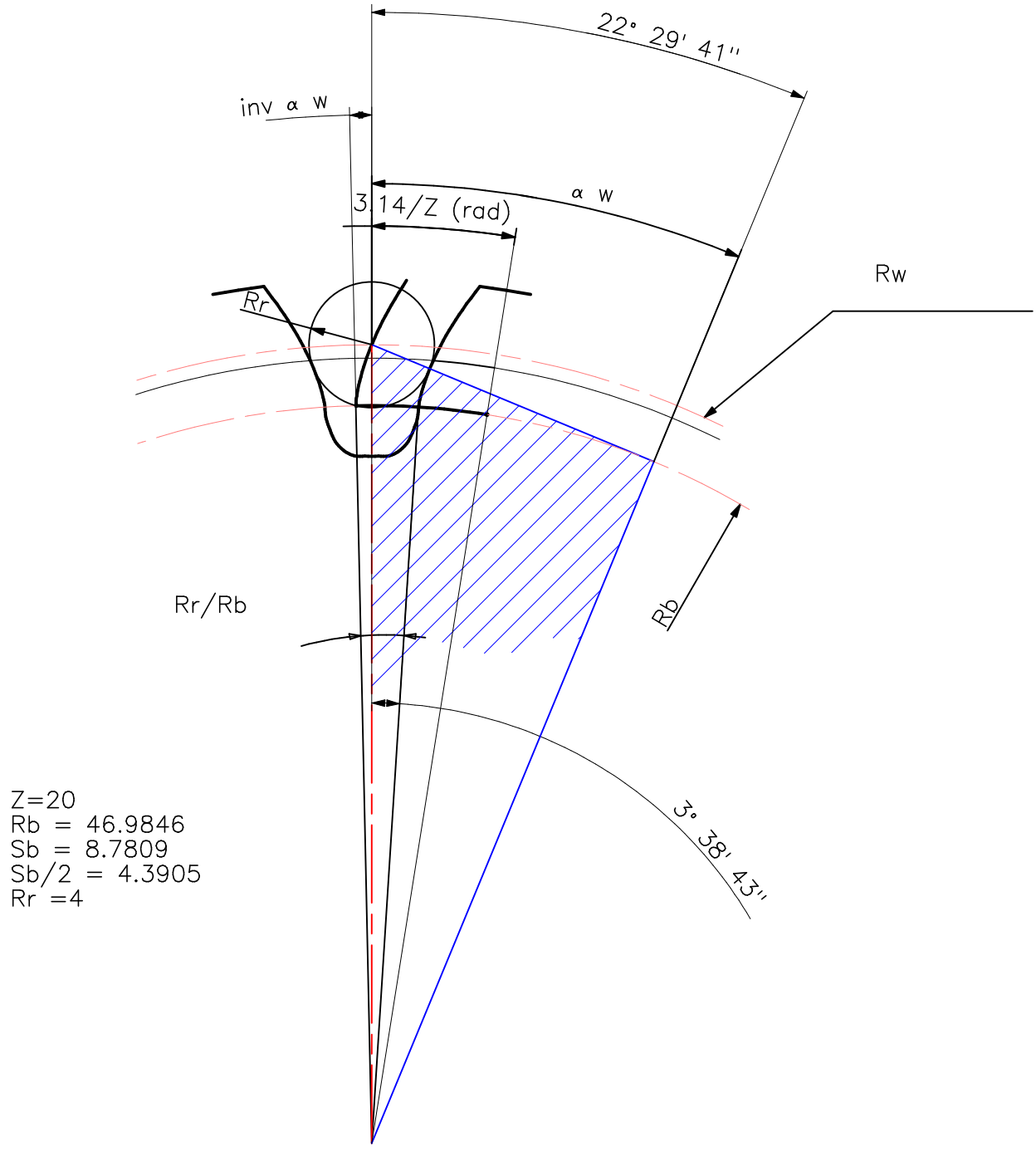
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

$$\text{inv}\ \alpha W = (Sb/2/Rb) + (Rr/Rb) - \pi/Z$$

(=Rad) (=Rad) (=Rad)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Z=20
Rb = 46.9846
Sb = 8.7809
Sb/2 = 4.3905
Rr =4

inv αW= ((4.3905/46.9846+(4/46.9846)))−3.14/Z

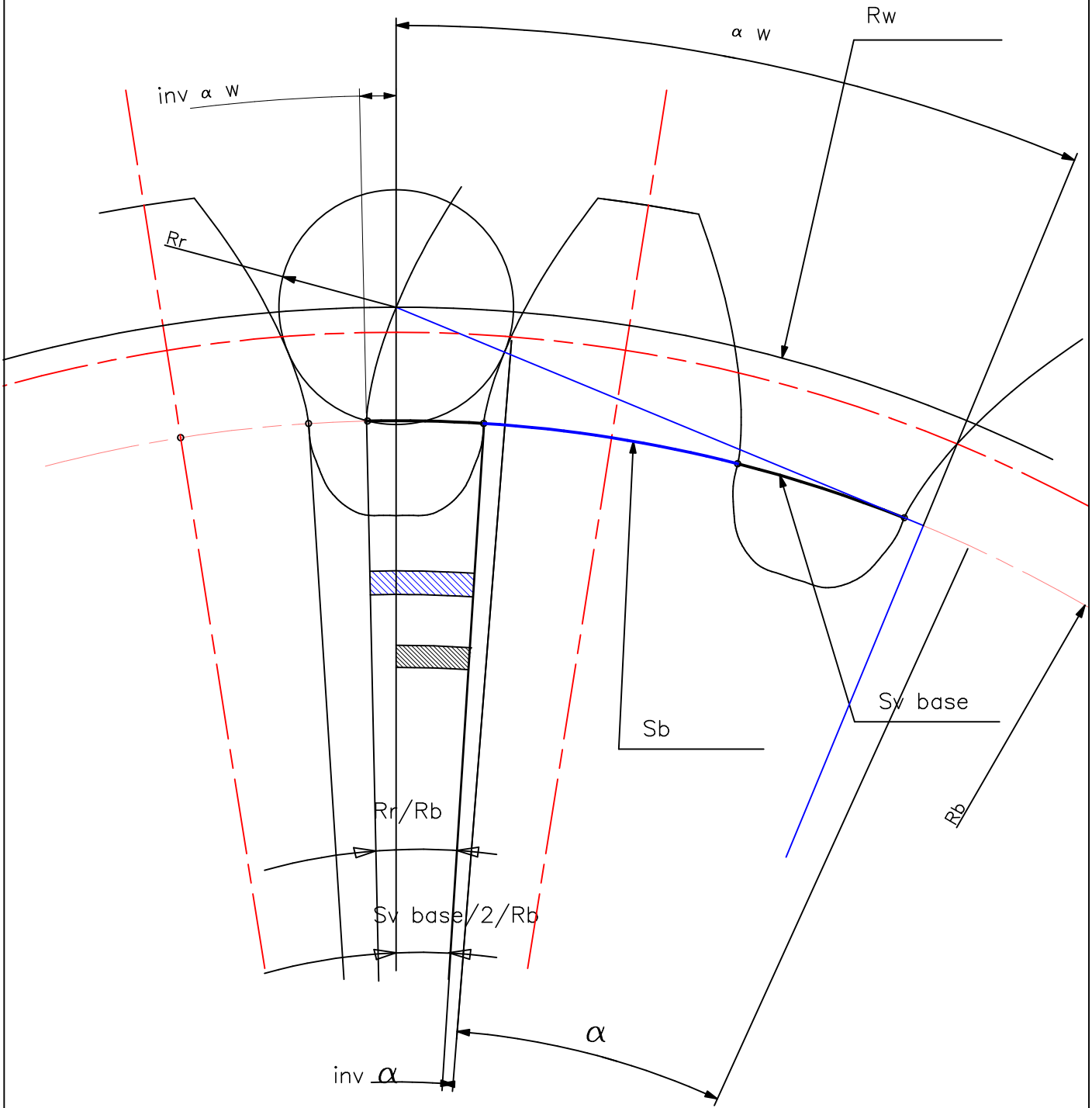
= 0.0934+0.0851−0.1571 = 0.0214

dalle tabelle: αW = 22°29'41''

Rw = Rb/cos αW = 46.9846/cos 22°29'41'' =50.8539
Se invece si vuole considerare il diam prim. dei centri dei rulli si moltiplica tutto per 2
Dw =Db/cos αW

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

$$\text{inv } \alpha W = (Rr - Svbase/2)/Rb$$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

ESEMPIO:

Pc = M * 3.14 = 5* 3.1415 = 15.708
Sv = Pc/− Sc = 15.708−7.85 = 7.85
Pb = Pc * cos alfa = 15.708 *0.9397 = 14.7607
oppure Pb = Pc * Db/Dp = 15.708*46.9846/50 = 14.7607

Sb = Rb * (Sc/Rp)+2 inv α)

= 46.9846*(7.85/50+2*0.014904) =8.7771

Sv base =Pb− Sb = 14.7607−8.7771= 5.9836

inv αW = (Rr−Sv base/2)/rb = (4−5.9836/2)/46.9846 = 0.0214

dalle tabelle: αW = 22°29'41''

Altre formule inseriscono lo spessore dente Sc al posto di Sb e la formula si può scrivere anche in quest modo

=Sb/2

inv αW = (Sc/2)/(M*Z/2)+inv α +(Rr/Rb)−π/Z

Sc = 7.8540
M=5
Z=20
Rb = 46.9846
Rr =4
α =20°

inv αW = 3.9270/50+0.014904+0.0851−0.1571=0.0214

dalle tabelle: αW = 22°29'41''

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se invece abbiamo un ingranagio corretto sul raggio di una entià Xm= 2
Cambieranno gli spessori circolari sial sul primitivo che sul diam di base

Xm =2
Sc = 9.3099
M=5
Z=20
Rb = 46.9846
Rr =4

α =20°

inv αW = 9.3099/100+0.014904+0.0851−0.1571=0.0360

dalle tabelle: αW = 26°30'

Rw = 46.9846/cos 26° 30' = 52.5006
Mdk= 52.5*2+8= 113.002

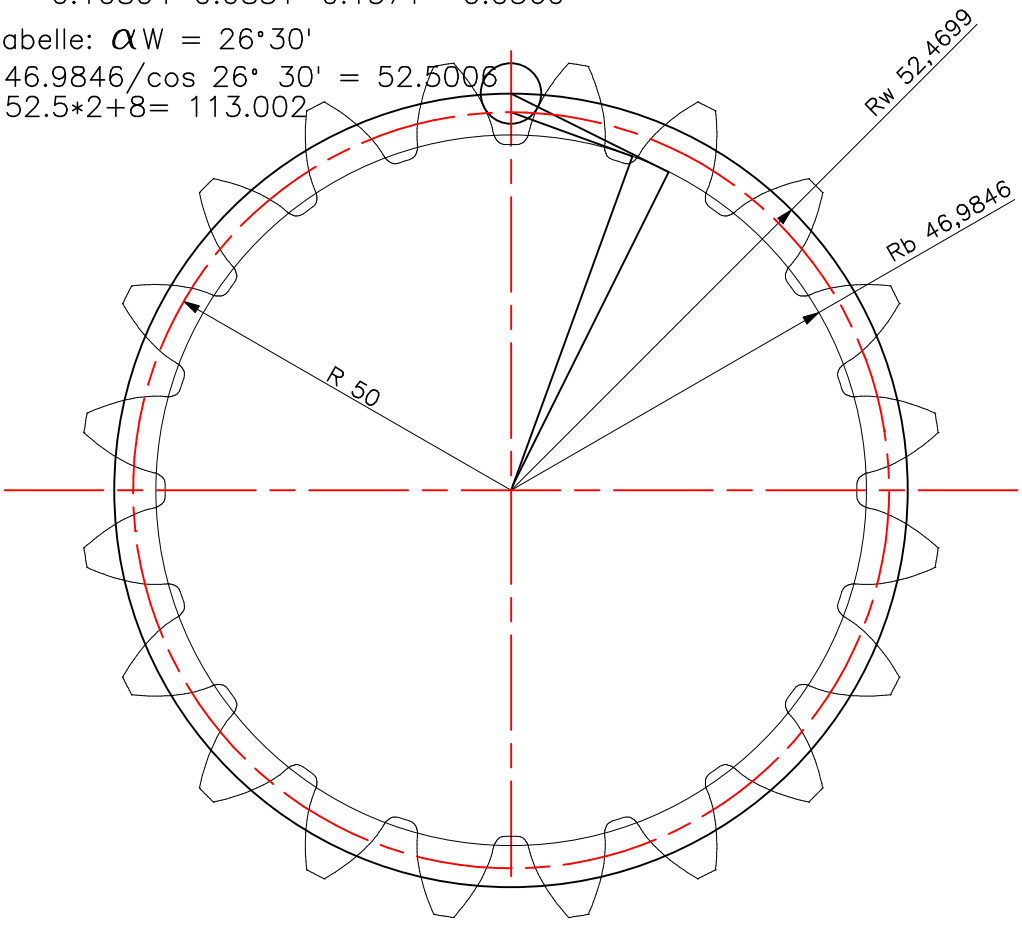
Conoscendo e lavorando invece solo sul diam base:

Sb = Rb * ((Sc/Rp)+2 inv α)

=46.9846*(9.3099/50) +2 *0.014904)=10.1342

inv aW = (Sb/2/Rb)+(Rr/Rb)−3.14/Z
inv aW = (10.149/2/46.9846)+(4/46.9846)−3.14/20
inv aW = 0.1080+ 0.0851−0.1571= 0.0360

dalle tabelle: αW = 26°30'
Rw = 46.9846/cos 26° 30' = 52.5006
Mdk= 52.5*2+8= 113.002



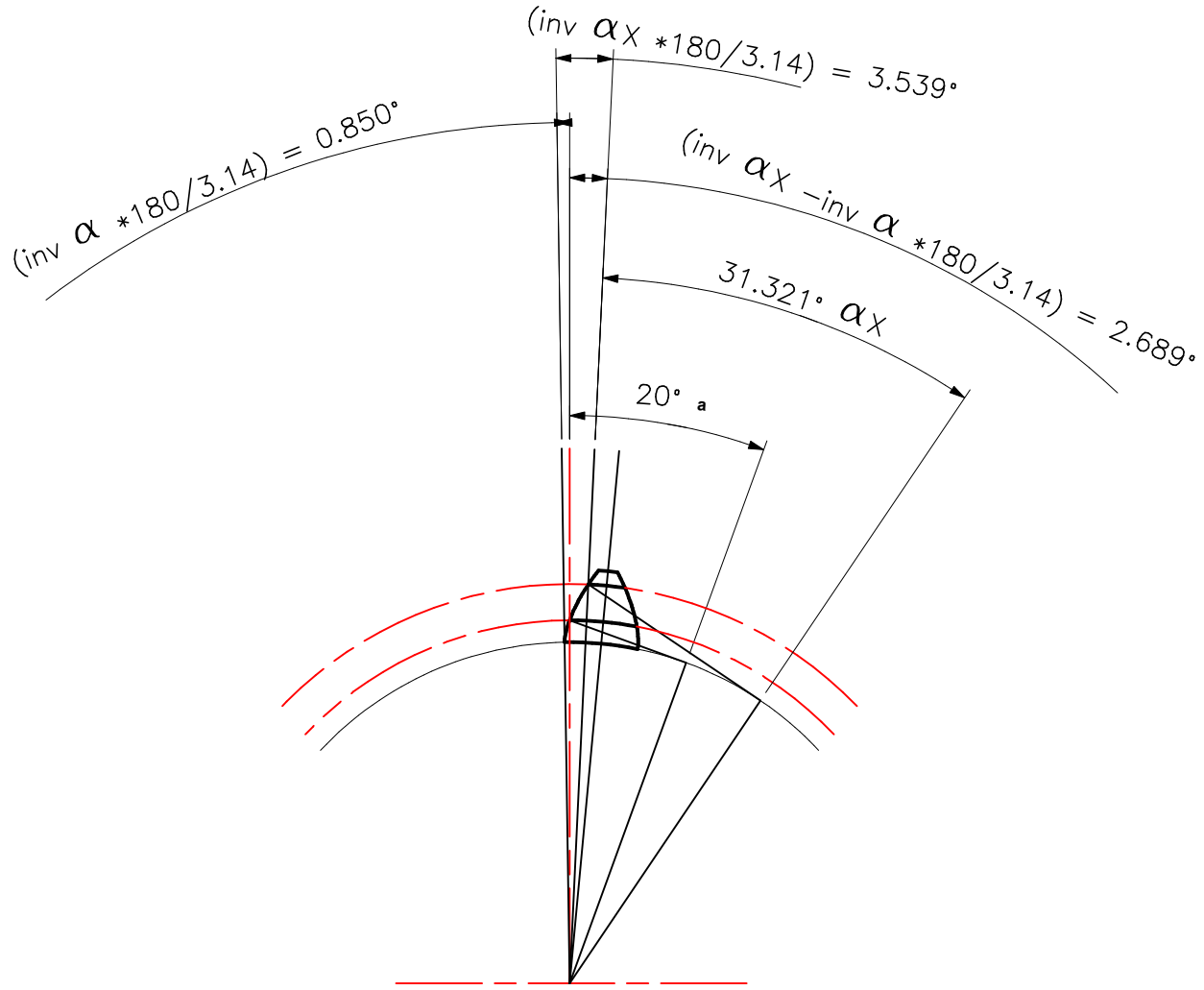
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se consideriamo un raggo Rx qualsiasi , abbiamo le seguenti relazioni:

$Sx = Rx*((Sc/Rp)-2*(\text{inv}\ \alpha x-\text{inv}\ \alpha))$

Oppure se si considera il diametro di base:

$Sx = Rx*(Sb/Rb - 2*\text{inv}\ \alpha x)$



Sx =Rx*((9.3099/50)-2*(0.0619-0.014904)) =55* (0.1862 - 2*0.0470)=
= 55* 0.0923= 5.076

Oppure se si considera il diametro di base:

Sx= 55*(10.1342/46.9846)-2*0.0619)= 55*(0.2157-0.1233)=
= 55* 0.0923 = 5.076

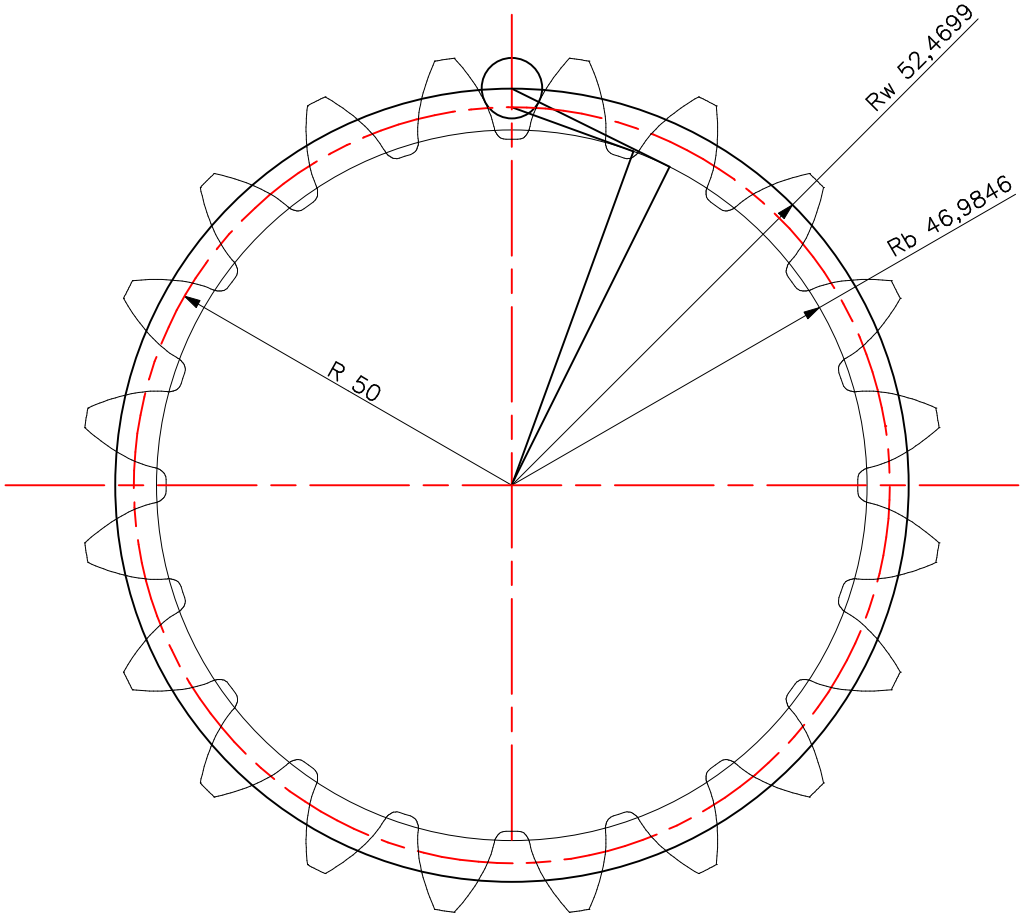
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La pagina precedente è servita per dimostrare che si può calcolare la quota rulli conoscendo uno spssore circolare su un raggio arbitrario e l'anglo di incidenza

Con i dati precedenti: si possono introdurre Sx , Rx , αx nella formula ed i risultati non cambiano essendo il primo termine =Sb/2
Questo dimostra che è sempre più conveniente partire dai dati sul cerchio di base.

=Sb/2

$$\text{inv}\ \alpha W = (Sx/2)/(Rx) + \text{inv}\ \alpha x + (Rr/Rb) - \pi/Z$$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dove è possibile scegliere , è sempr meglio utilizzare tutti i dati disponibili sul diametro di base (Sc di base , passo base etc)per i calcoli, poichè tutto diventa più semplice e comprensivo

La formula precedente si può ancora semplificare moltiplicando per 2 i valori tra parentesi in quanto rappresentano un rapporto fra diametri.

$$\text{inv}\,\alpha W = \underset{(=\text{Rad})}{(Sb/2/Rb)} + \underset{(=\text{Rad})}{(Rr/Rb)} - \underset{(=\text{Rad})}{\pi/Z}$$

Semplificando:

$$\text{inv}\,\alpha W = \underset{(=\text{Rad})}{(Sb/Db)} + \underset{(=\text{Rad})}{(Dr/Db)} - \underset{(=\text{Rad})}{\pi/Z}$$

Ricaviamo αW in gradi (°) dalle tabelle di conversione

$$Rw = Rb/\cos\alpha W$$

Formule valide per ingranaggi a denti diritti sia normali che con correzione.
Per gli ingranaggi a denti interni ed elicoidali vedremo più avanti

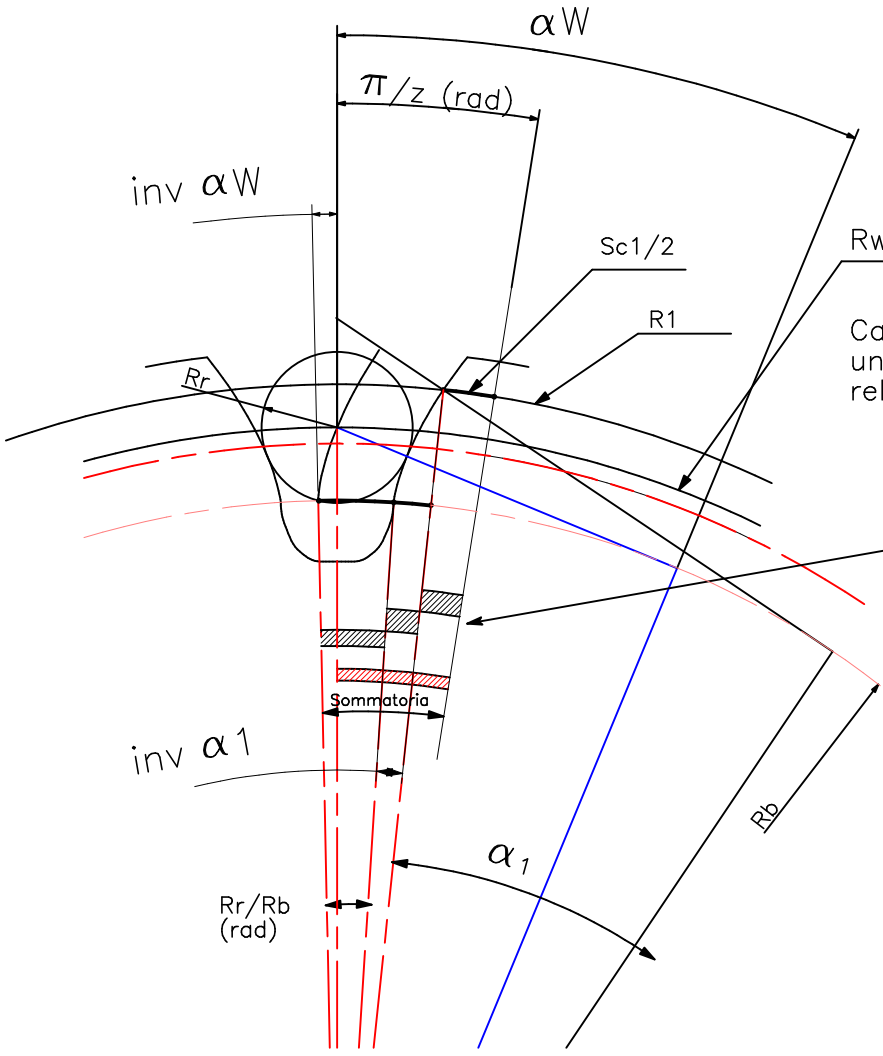
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo conoscendo SC e non Sb

1) Diam. qualsiasi
2) Angolo di incidenza $\alpha 1$
3) Sc su quel diametro

Nel calcolo saranno usati i radianti.

NB.
Diffidare dalle formule semplifivate:
Lo spessore Sc non è escluso sia diverso da $M*\pi/2$
Potrebbe essere uno spessore maggiore dovuto alla correzione Xm, o potrebbe tenere conto di una riduzione per ottenere del gioco tra i denti.

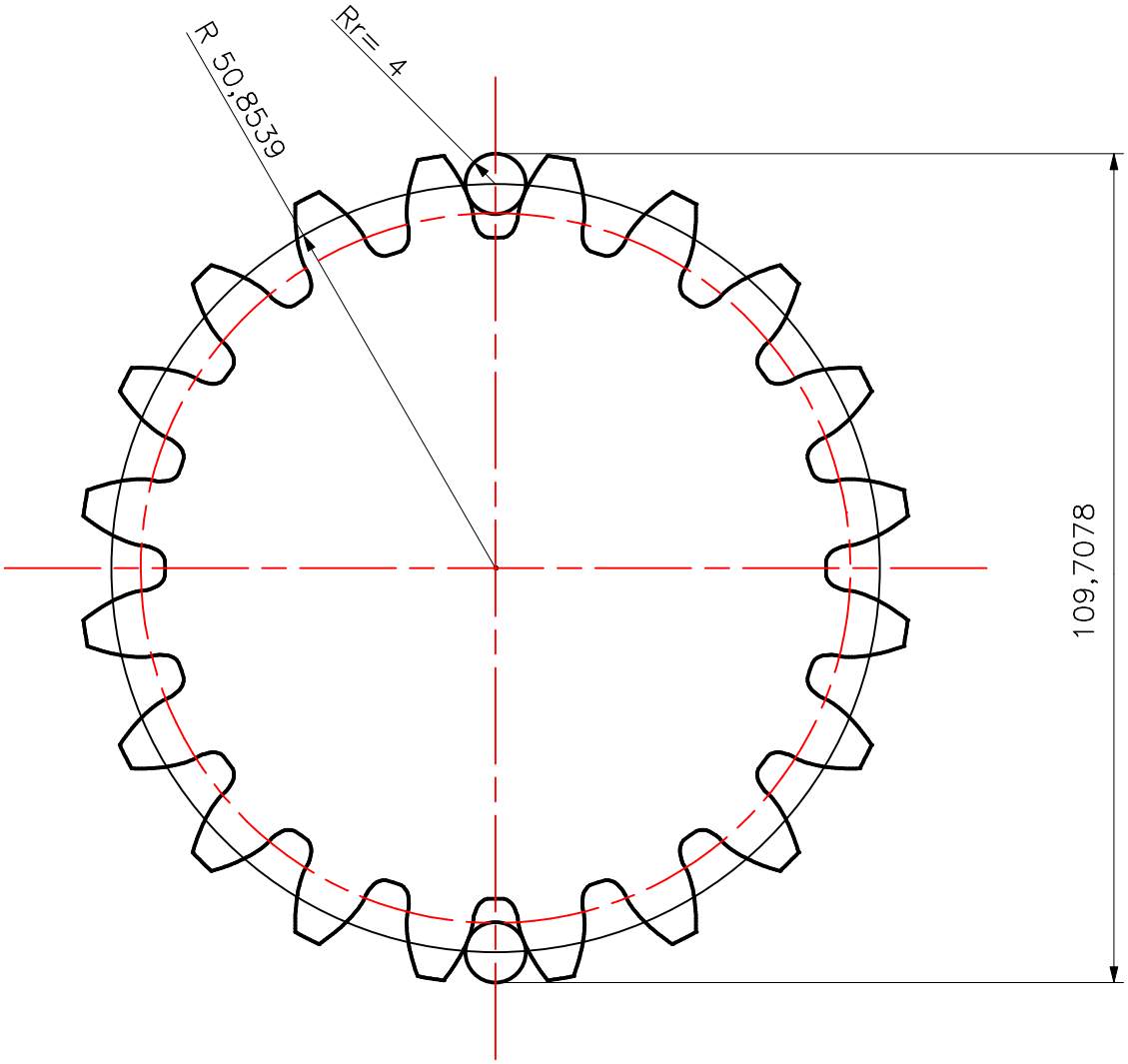


Caso in cui si può scegliere un diametro arbitrario con relativo spessore circolare

inv αW sarà la sommatoria degli archi – l'arco π/Z
Il risutato è in radianti

Se il umero dei denti sia pari,la quota rulli Mdk= 2*Rw+2*Rr

Nel nostro caso: 2* 50.8539+2*4=109.7077

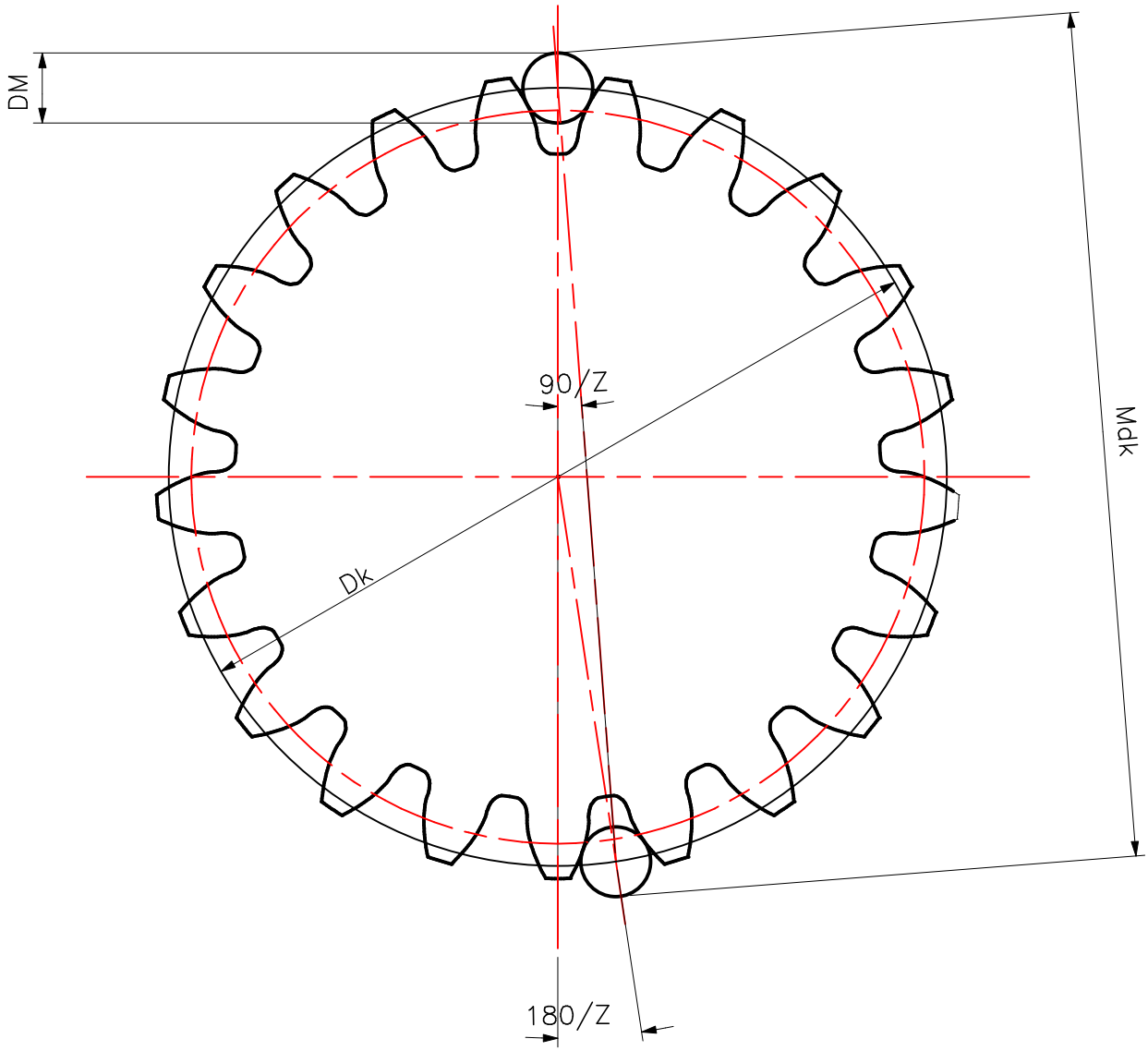


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se il umero dei denti è dispari, e come avevamo visto in precedenza

Dw =Db/cos αW

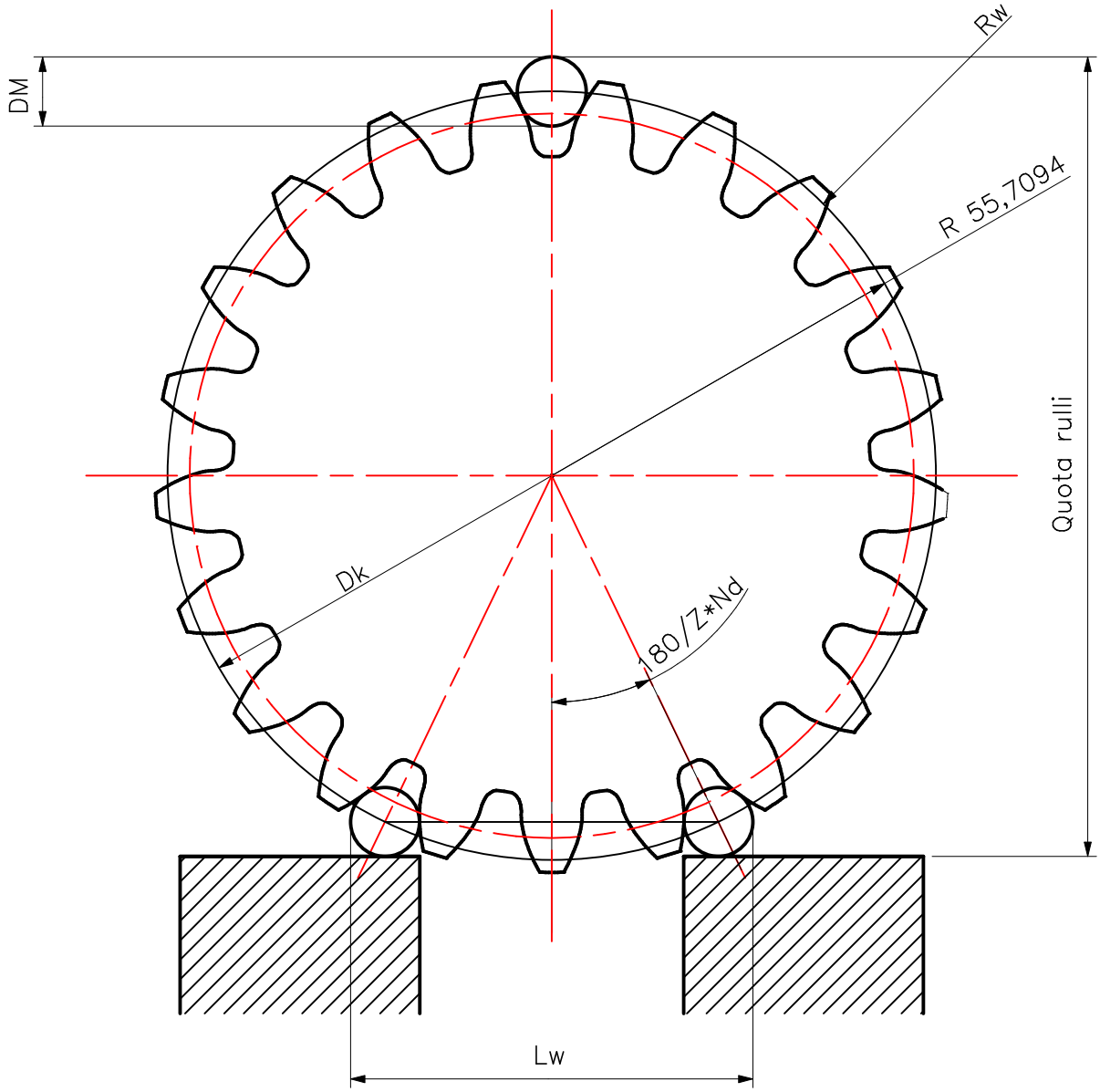
la quota rulli Mdk sarà = Db/cos αW *cos 90/Z+DM



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

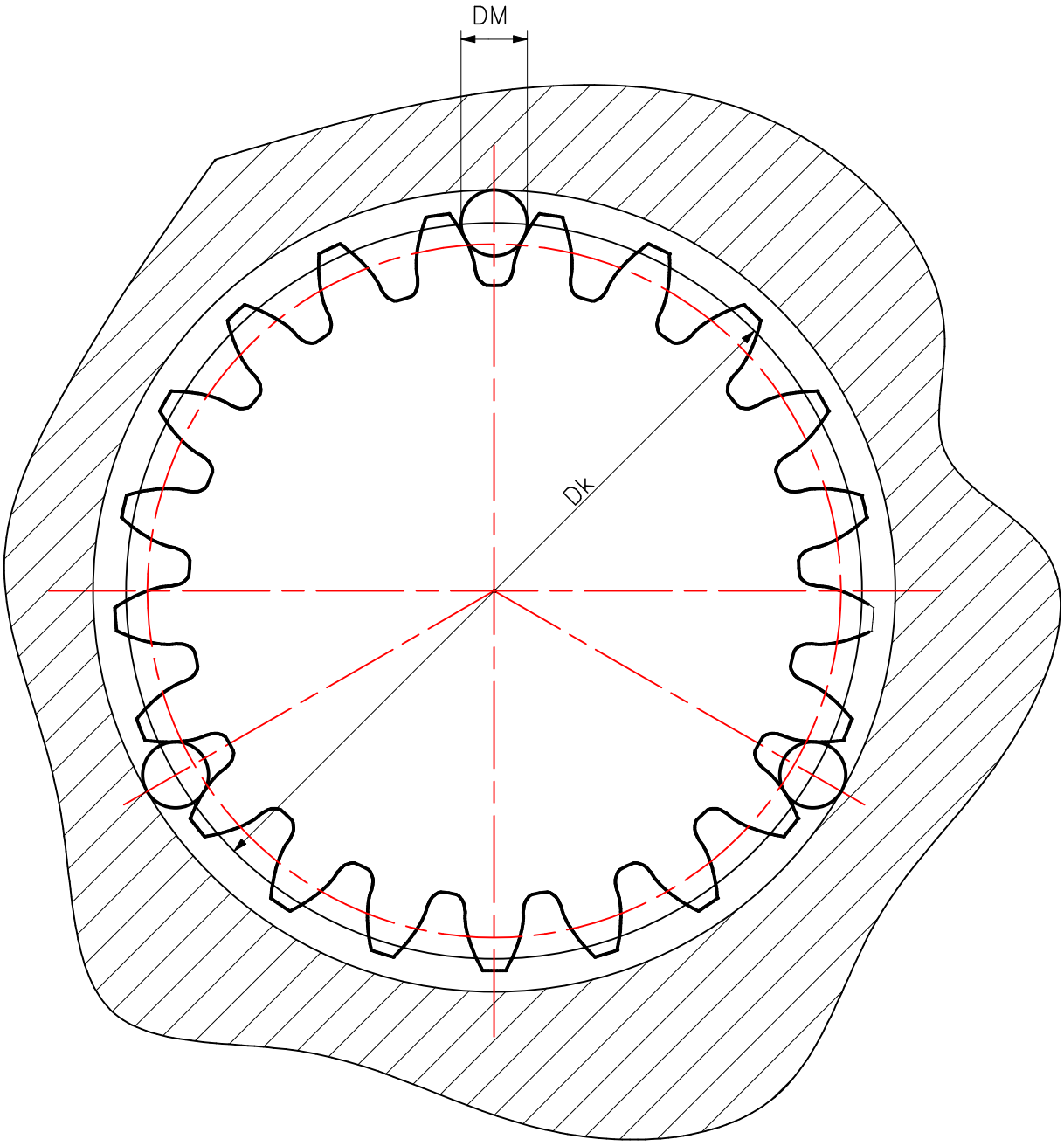
Se si volesse misurare secondo lo schema sottostante:
Quota che tra i rulli comprende un nummero di denti Nd

Quora rulli = Rw+Rw* Cos (180/Z/*Nd)+DM
Se serve:
Lw= 2*Rw* sin(180/Z/*Nd)+Dr



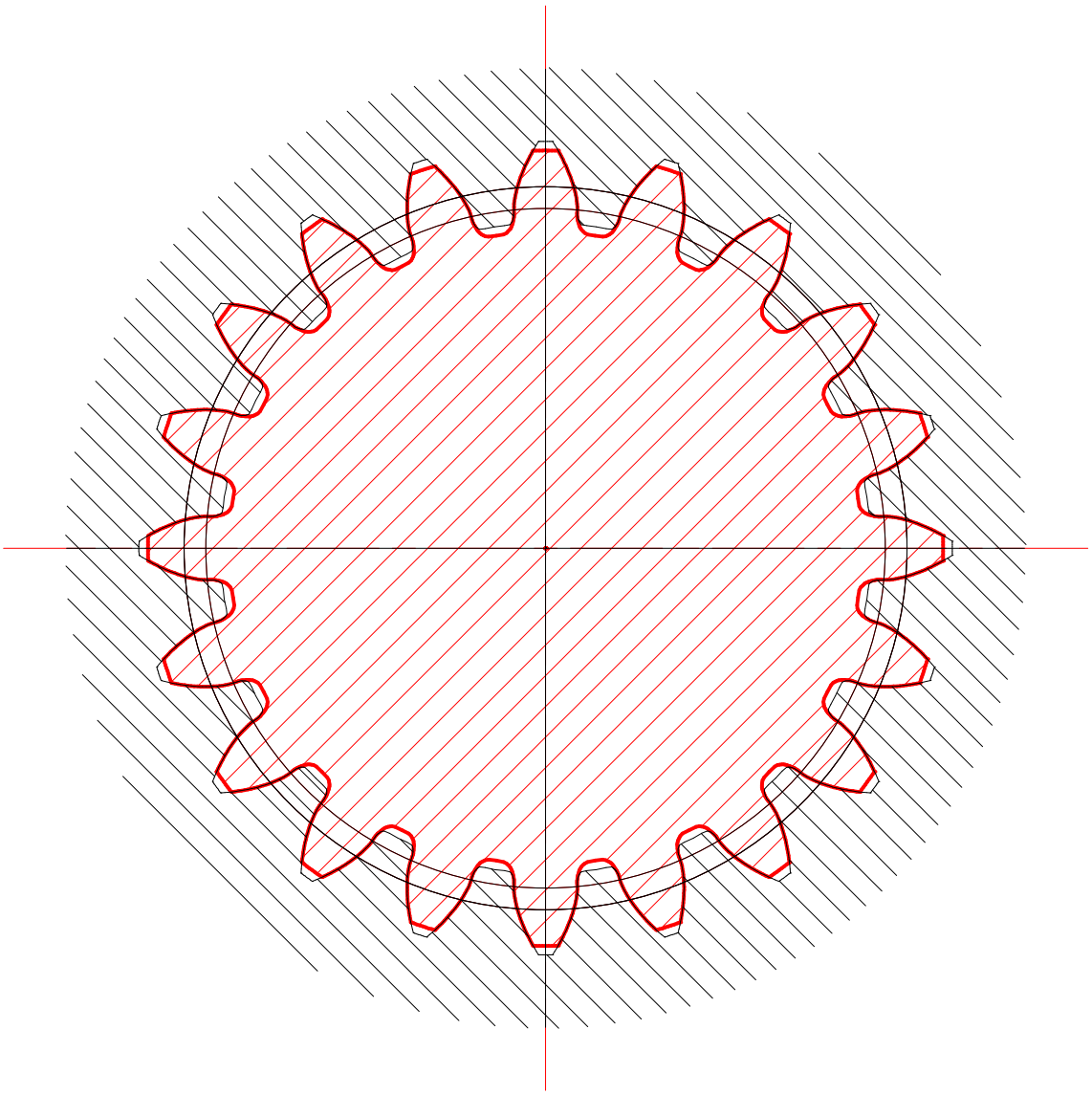
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se si volesse misurare secondo lo schema sottostante:
Quota rulli con un calibro "passa–non passa"
il diamtro nominale del calibro è uguale a :
Dk +DM
(NB se l'ingranaggio è a denti diritti si possono usare sia sfere che rulli, se l'ingranaggio è elicoidale si possono utilizzare solo le sfere)

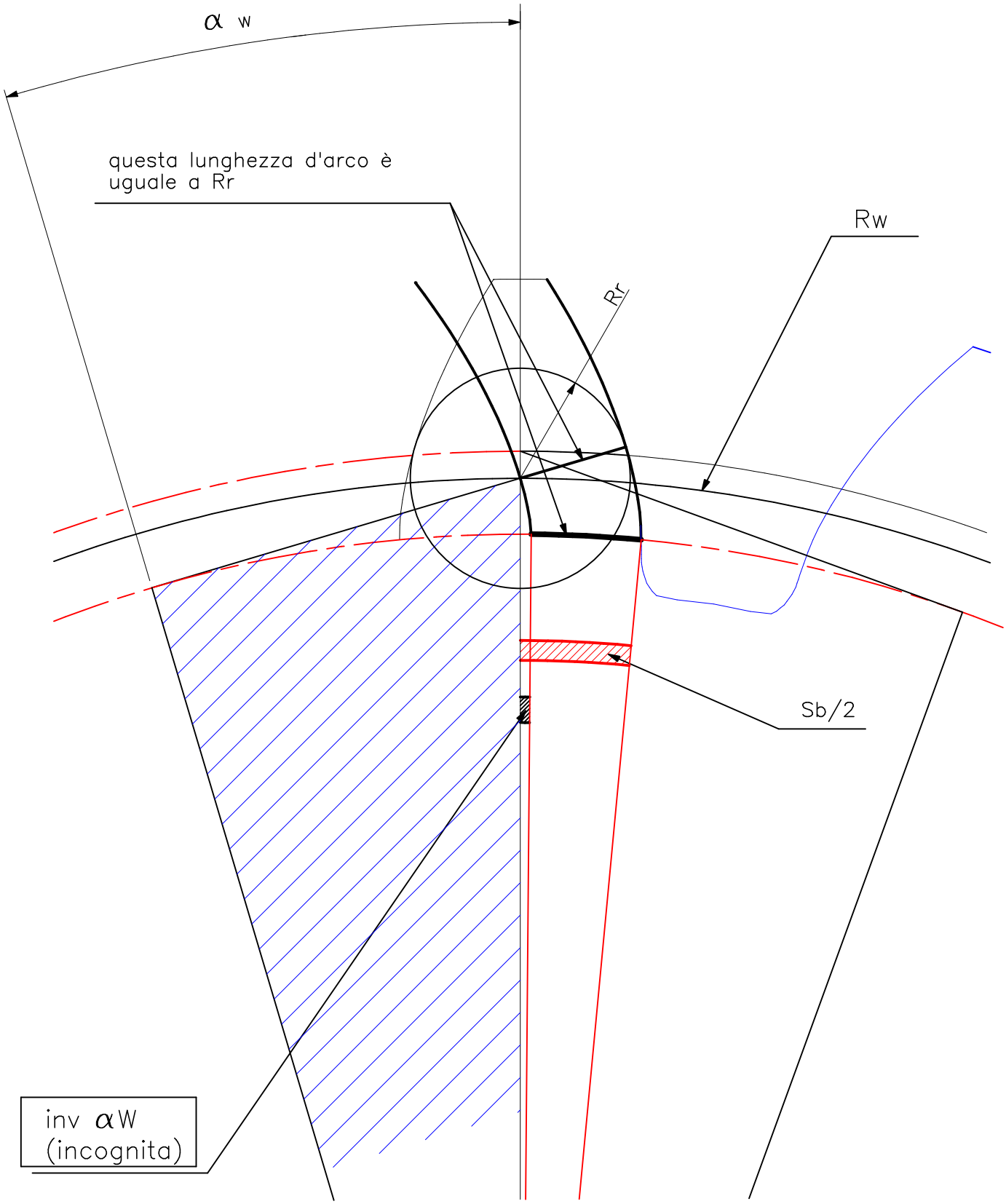


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

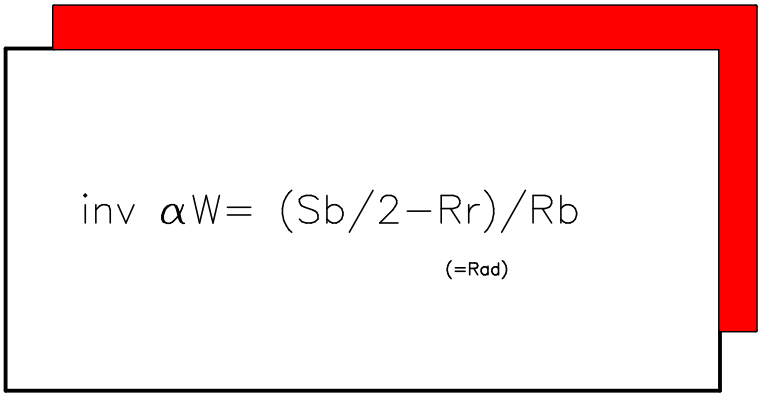
le due figure sono perfettamente sovrapponibili tranne l'addendum e il dedendum.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



inv αW = (4.3905 −4) / 46.9846 =0.0083

dalle tabelle: αW = 2=16° 32' 56'' (16°.549)

Rw = Rb/cos αW = 46.9846/cos 16° 32' 56''=49.015

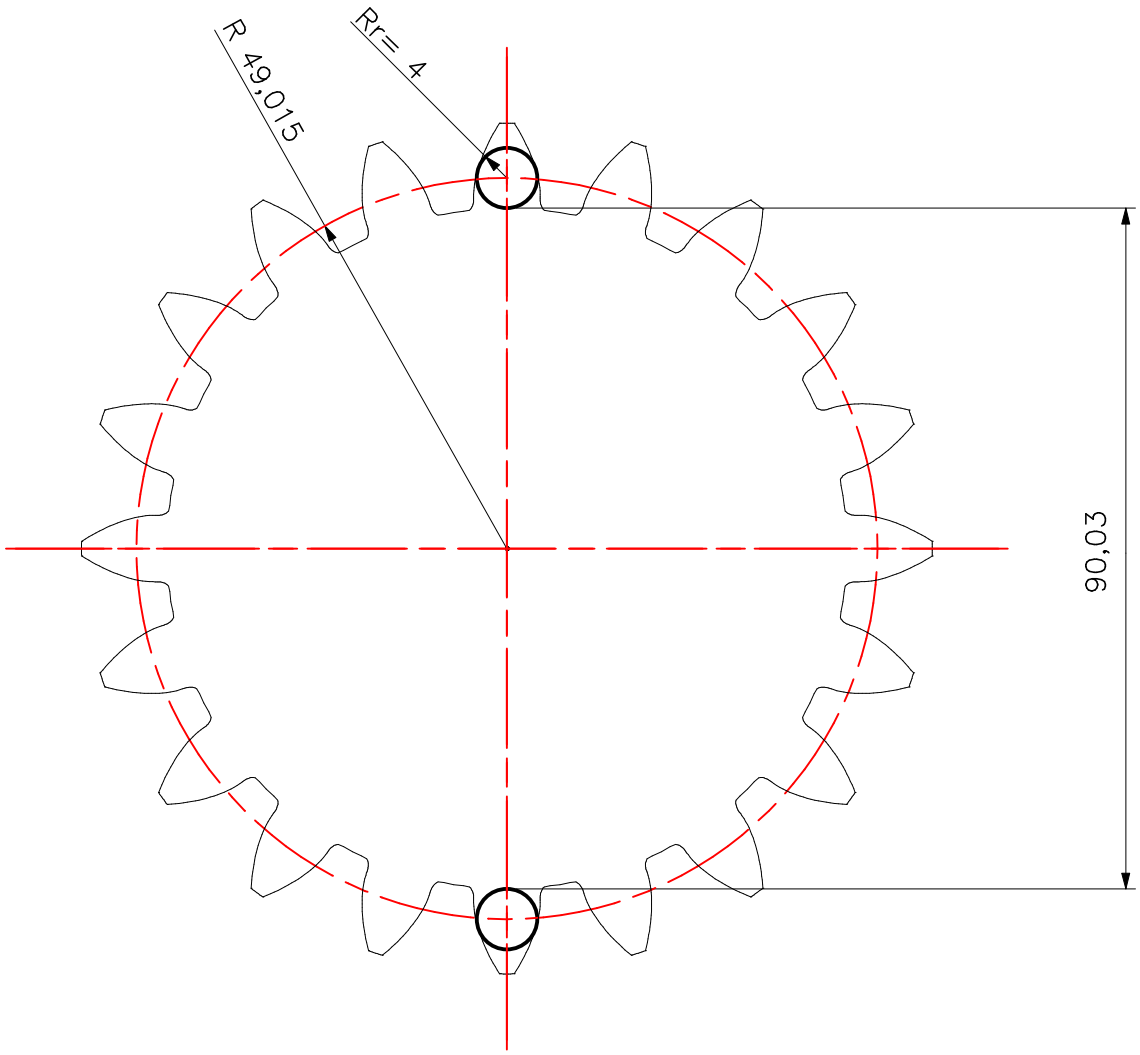
Quota rulli Mdk (denti pari) = (49.015∗2)−8=90.032

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se il umero dei denti sia pari,la quota rulli Mdk=

2*Rw−2*Rr

nel nostro caso: 2* 49.015−2*4 = 90.032

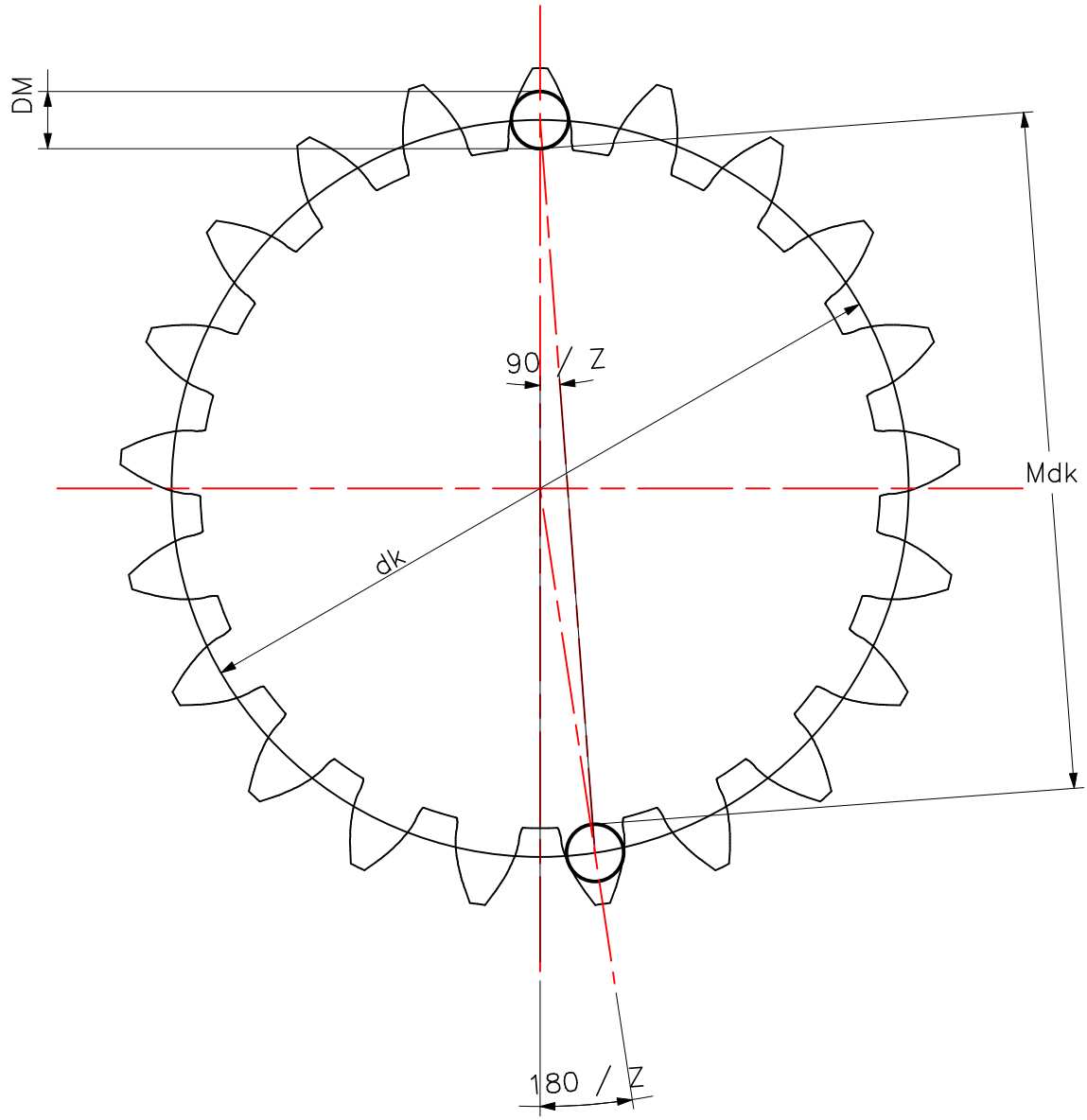


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se il umero dei denti è dispari, e come avevamo visto in precedenza

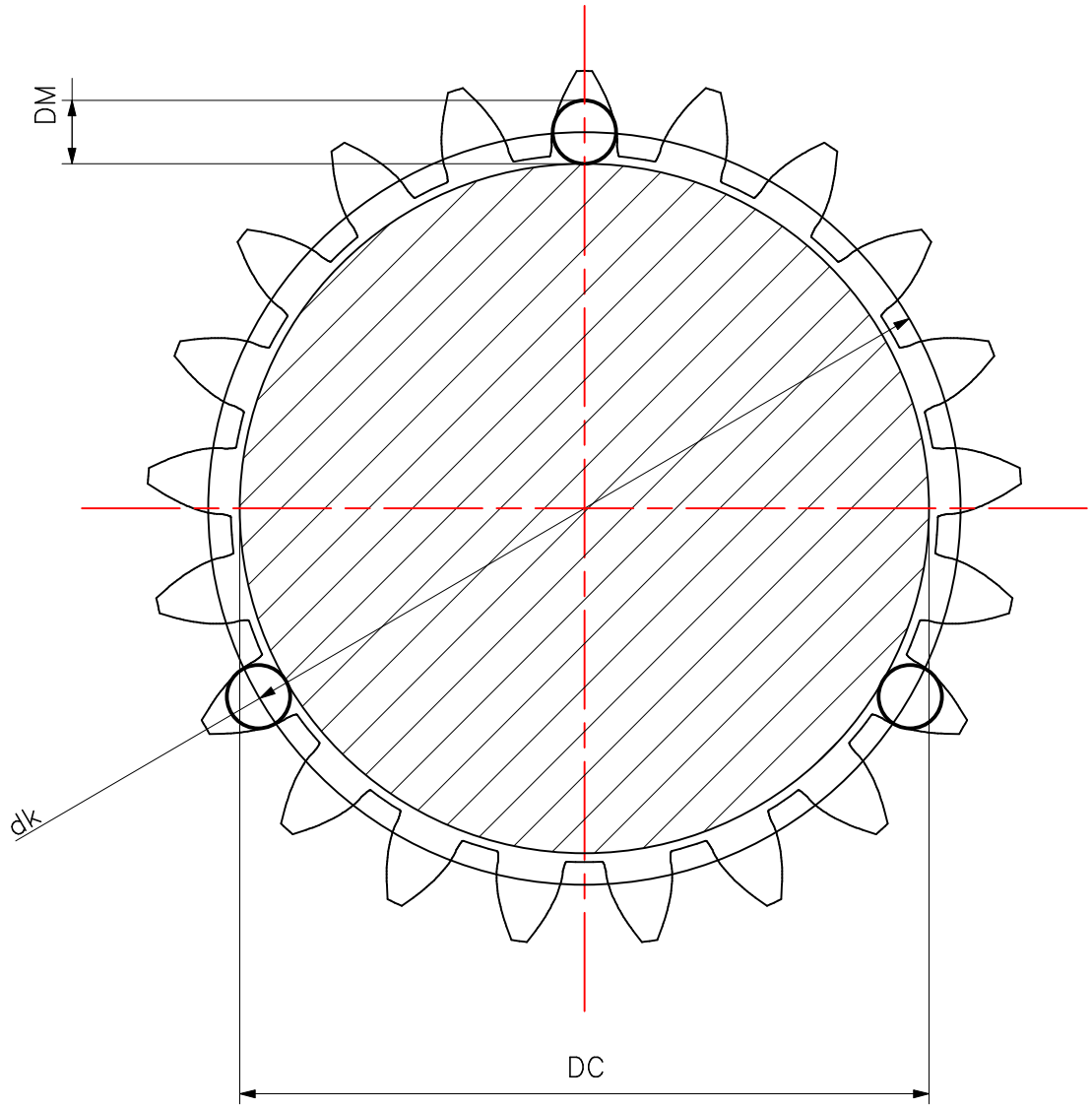
dk =Db/cos αW

la quota rulli Mdk sarà = Db/cos αW *cos 90/Z−DM



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se si volesse misurare secondo lo schema sottostante:
Quota rulli con un calibro "passa–non passa"
il diamtro nominale del calibro è uguale a :
DC= dk –DM
(NB se l'ingranaggio è a denti diritti si possono usare sia sfere che rulli, se l'ingranaggio è elicoidale si possono utilizzare solo le sfere)



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DENTATURA ESTERNA NORMALE O CORRETTA CON DENTI DIRITTI

1) Definire Sc sul diametro = M*Z

Su una dentatura normale Sc =M*π/2

Su una dentatura corretta Sc = M*π/2 + 2*Xm* tang α

Su una dentatura speciale (es. ruote per puleggie dentate) va definito

2) Calcolare Sb

Sb = Rb * ((Sc/Rp)+2 inv α)

3) Calcolare inv αW

inv αW = (Sb/2/Rb)+(Rr/Rb)−π/Z

4) Calcolare Rw

Rw = Rb/cos αW

Denti pari

Mdk= 2*Rw+DM

2*Rw*cos 90/Z+DM

Es.
M =5 Z=20
Rb = 46.9846
Sb = 8.7809 Sb/2 = 4.3905
Rr =4

inv alfaW= ((4.3905/46.9846+(4/46.9846)))−3.14/Z = 0.0214
dalle tabelle: AlfaW = 22°29'41''

Rw = Rb/cos αW = 46.9846/cos 22°29'41'' =50.8539
Mdk (denti pari) = 2* 50.8539+2*4=109.7077

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DENTATURA INTERNA NORMALE O CORRETTA CON DENTI DIRITTI

1) Definire Sc sul diametro = M*Z
Sc = spessore circolare del "vuoto" di denti

Su una dentatura normale Sc = $M*\pi/2$

Su una dentatura corretta Sc = $M*\pi/2 + 2*Xm*\tan\alpha$

Su una dentatura speciale (es. ruote per puleggie dentate) va definito

2) Calcolare Sb

Sb = Rb * ((Sc/Rp)+2 inv α)

3) Calcolare inv αW

inv αW= (Sb/2−Rr)/Rb

4) Calcolare Rw

Rw = Rb/cos αW

Denti pari

Mdk = 2*Rw−DM

Denti dispari

Mdk=2*Rw*cos 90/Z−DM

Es.
M=5 Z=20
Rb = 46.9846
Sb = 8.7809 Sb/2 = 4.3905
Rr =4

inv $_a$W= inv αW = (4.3905 −4) / 46.9846 =0.0083

dalle tabelle: αW = 2=16° 32' 56" (16°.549)

Rw = Rb/cos αW = 46.9846/cos 16° 32' 56"=49.015
Mdk (denti pari) = (49.015*2)−8=90.032

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DENTATURA ELICOIDALE ESTERNA NORMALE O CORRETTA

1) Definire Scc sul diametro Dp= Mc*Z

Su una dentatura normale Scc =Mc*π/2

Su una dentatura corretta Scc = Mc*π/2 + 2*Xm* tang αt

Su una dentatura speciale (es. ruote per puleggie dentate) va definito

2) Calcolare l'angolo di pess. circonfernziale αt

αt = arctang (Tang* α / cos β)

3) Calcolare l'angolo dell'elica sul diametro di base

βb = Arctan (Tang β* cos αt)

4) Calcolare inv $_{\alpha}$W

$$\text{inv}_{\alpha}w = \left(\frac{Scc}{Dp} + \text{inv}_{\alpha}t\right) + \left(\frac{DM}{Db * \cos\beta b}\right) - \frac{\pi}{Z}$$

Denti pari

Mdk = (Db/cos αW) + DM

Denti dispari

Mdk=(Db/cos αW)*(cos 90/Z)+DM

Mn =5 Beta = 30° Mc = 5.7735 α =20° $_{at}$ =22°.7959, βb = 28.0243
Db = 106.4508 , DM =10

Scc = 5.7735*3.1415/2+2*2* tang 22.7959 = 10.69

inv αW = (10.69/115.4701 +0.022375)+(10/106.4508/0.8827) – 3.1415/20

=(0.1150)+(0.1064)– 0.1571 =0.0639

αW = 31°38'
Mdk= 106.4508/0.8517+10= 135

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DENTATURA ELICOIDALE INTERNA NORMALE O CORRETTA

1) Definire Sc sul diametro Dp = Mc*Z
Sc = spessore circolare del "vuoto" di denti

Su una dentatura normale Scc =M*π/2
Su una dentatura corretta Scc = M*π/2 + 2*Xm* tang alfac
Su una dentatura speciale (es. ruote per puleggie dentate) va definito

2) Calcolare l'angolo di pess. circonfernziale Alfac

$\alpha t = \arctan(\text{Tang}* \alpha / \cos \beta)$

3) Calcolare l'angolo dell'elica sul diametro di base

$\beta b = \text{Arctan}(\text{Tang}\ \beta * \cos \alpha t)$

4) Calcolare inv AlfaW

$$\text{inv}\ \alpha w = \left(\frac{Scc}{Dp} + \text{inv}\ \alpha t\right) + \left(\frac{DM}{Db * \cos \beta b}\right)$$

4) Calcolare Rw

$Rw = Rb/\cos \alpha W$

Denti pari

Mdk = 2*Rw−DM

Denti dispari

Mdk=2*Rw*cos 90/Z−DM

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

RIEPILOGO

Dentatura esterna

$$\text{inv}\,\alpha W = \text{inv}\,\alpha t + \left(\frac{Scc}{Dp}\right) + \left(\frac{DM}{Db * \cos\beta b}\right) - \frac{\pi}{Z}$$

Con $\beta = 0$:

Cos β e Cos βb =1 e la formula è valida anche per ingranaggi diritti

Scc = Sc/1 = Sc
Dp = Dp/1 =Dp
Db = Db/1 =Db

$$\text{inv}\,\alpha W = \text{inv}\,\alpha t + \left(\frac{Sc}{Dp}\right) - \left(\frac{DM}{Db}\right) - \frac{\pi}{Z}$$

Dentatura interna

$$\text{inv}\,\alpha W = \text{inv}\,\alpha t + \left(\frac{Scc}{Dp}\right) - \left(\frac{DM}{Db * \cos\beta b}\right)$$

Con beta = 0 Cos beta =1 e la formula è valida anche per ingranaggi diritti

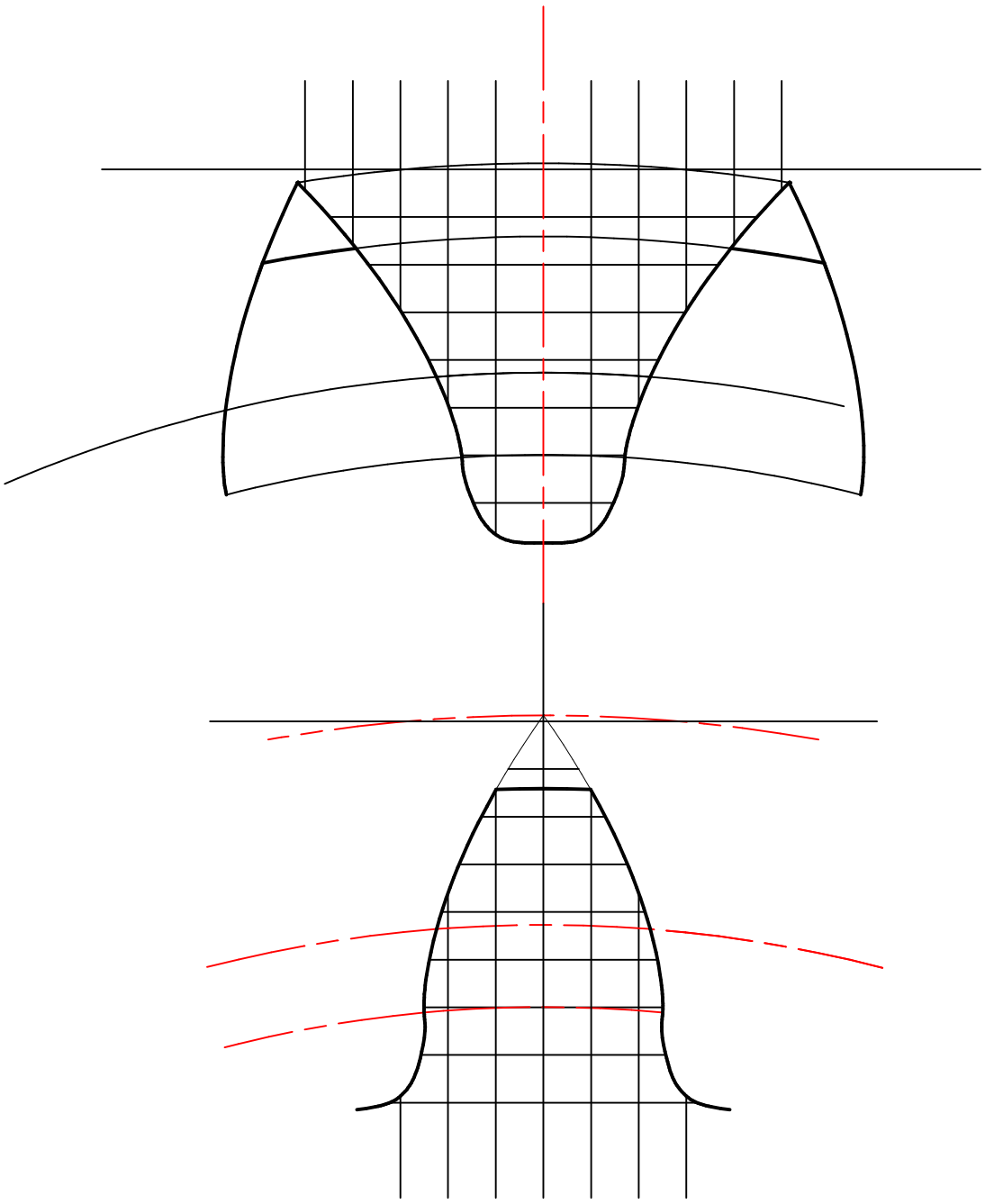
Scc = Sc/1 = Sc
Dp= Dp/1 =Dp
Db = Db/1 =Db

$$\text{inv}\,\alpha W = \text{inv}\,\alpha + \left(\frac{Sc}{Dp}\right) - \left(\frac{DM}{Db}\right)$$

Pertanto se le formule sono solo le due rapresentate sopra e vengono inserite in un programma di calcolo su computer, le formule sono valide sia per denti diritti che elicoidali, poichè quando $\beta = 0$ cos $\beta = 1$ e non ha nessuna influenza nel calcolo.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

COORDINATE DEL DENTE

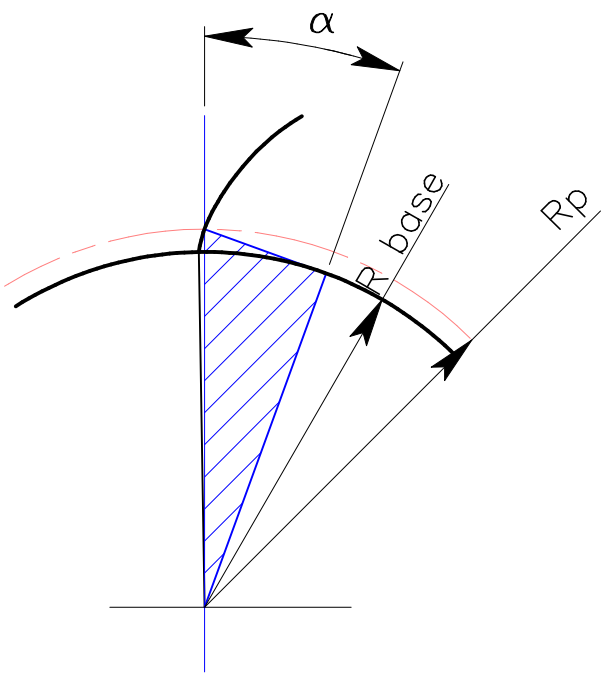


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

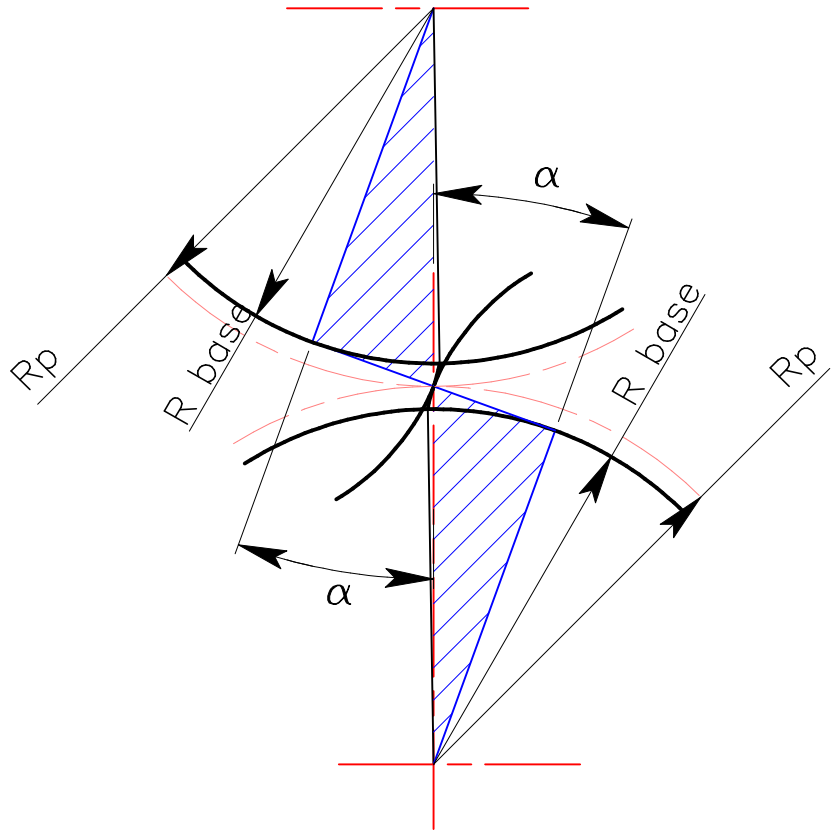
Di qualsiasi punto che giace sull'evolvente si possono calcolarne le coordinate rispetto al centro ingranaggio in virtù della proprietò dell'evolvente.

Il primo passagio è quello di calcolare dove si trova il primo punto sul cerchio di base.
la base di partenza è la fig. qui sotto, dove
Rp =m*z/2

Rb= Rp*cos α (o ancor meglio m*z/2*cos α)

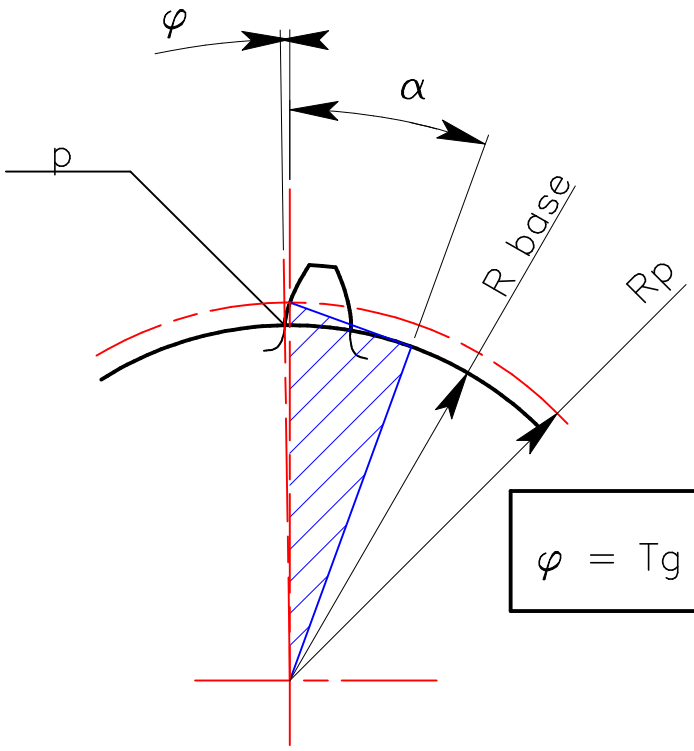


La posizione disegnata dell'evolvente in figura, è quella che si presta meglio per il calcolo di tutti gli elementi di un ingranamento con la contro–ruota.
Per l'analisi di un siglo dente è meglio compiere una rotazione e centrare il dente.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Proprietà dell'evolvente.



$$\varphi = \text{Tg}\ \alpha - \alpha\ \text{(rad.)} = \text{Inv}\ \alpha)$$

Tg $\alpha - \alpha$ (rad.) è la funzione dell'involuta di α

(inv α) che si trova nelle tabelle precalcolate.
La funzione è trascendente, quindi non si può fare l'inverso, si devono usare le tabelle.

Es.

m = 5
Z = 20

$\alpha°$ = 20°

α rad.= 20*3.14/180 = 0.3491

Rp=5*20/2=50

Rb=5*20/2*cos α =46.9846

Inv φ = 0.3640 − 0.3491=0.014904

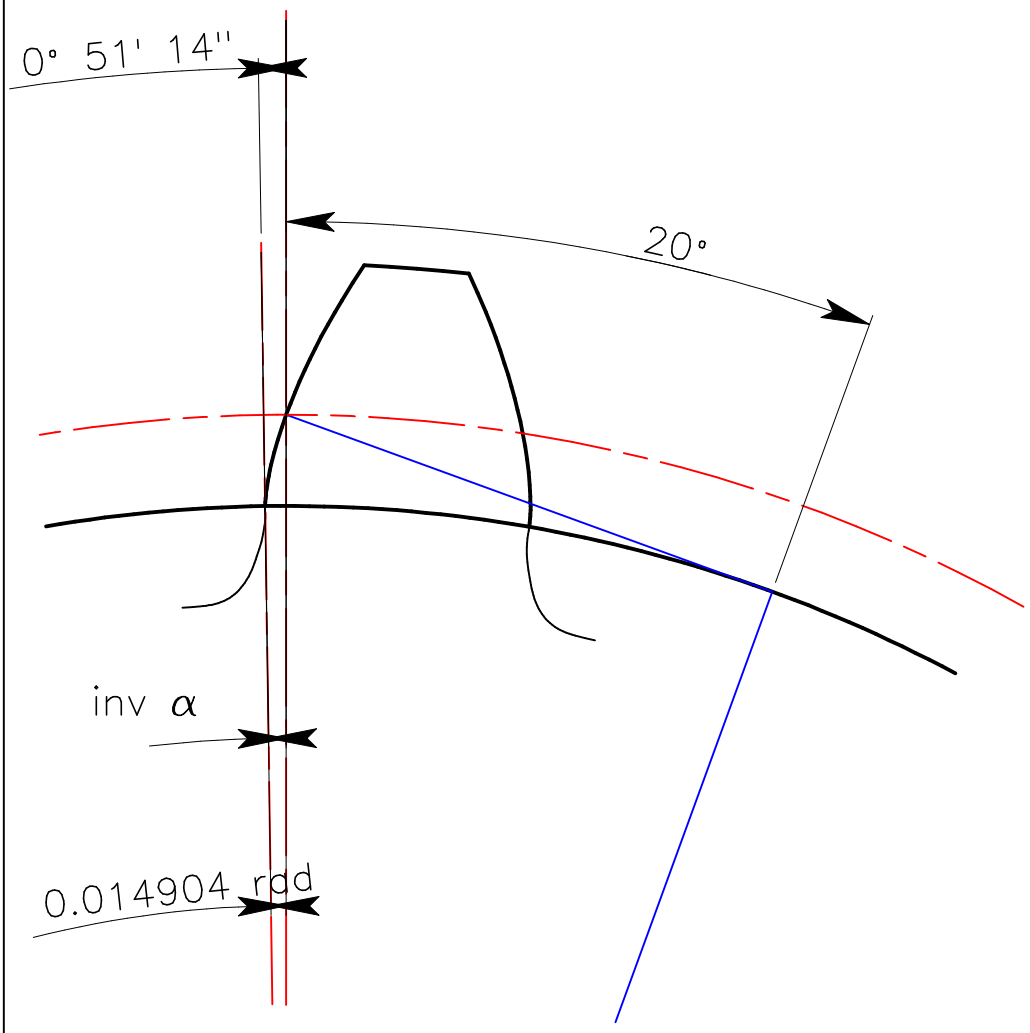
0.014904 = angolo φ in radianti

Di conseguenza il piccolo arco di cerchio che sottintende φ é= φ*Rb =0.014904*46.9842= 0.7003

L'angolo corrispondente in gradi di φ= 0.014904*180/3.14

= 0°.8539= 0° 51' 14''

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Molto semplicemente: l'angolo di sinistra rappresenta IN RADIANTI una funzione dell'angolo di destra ed è chiamato: inv α

Se si conosce inv α si può determinare α in gradi

Se si conosce α in gradi si può determinare inv α

inv α = Tg $\alpha - \alpha$ rad.

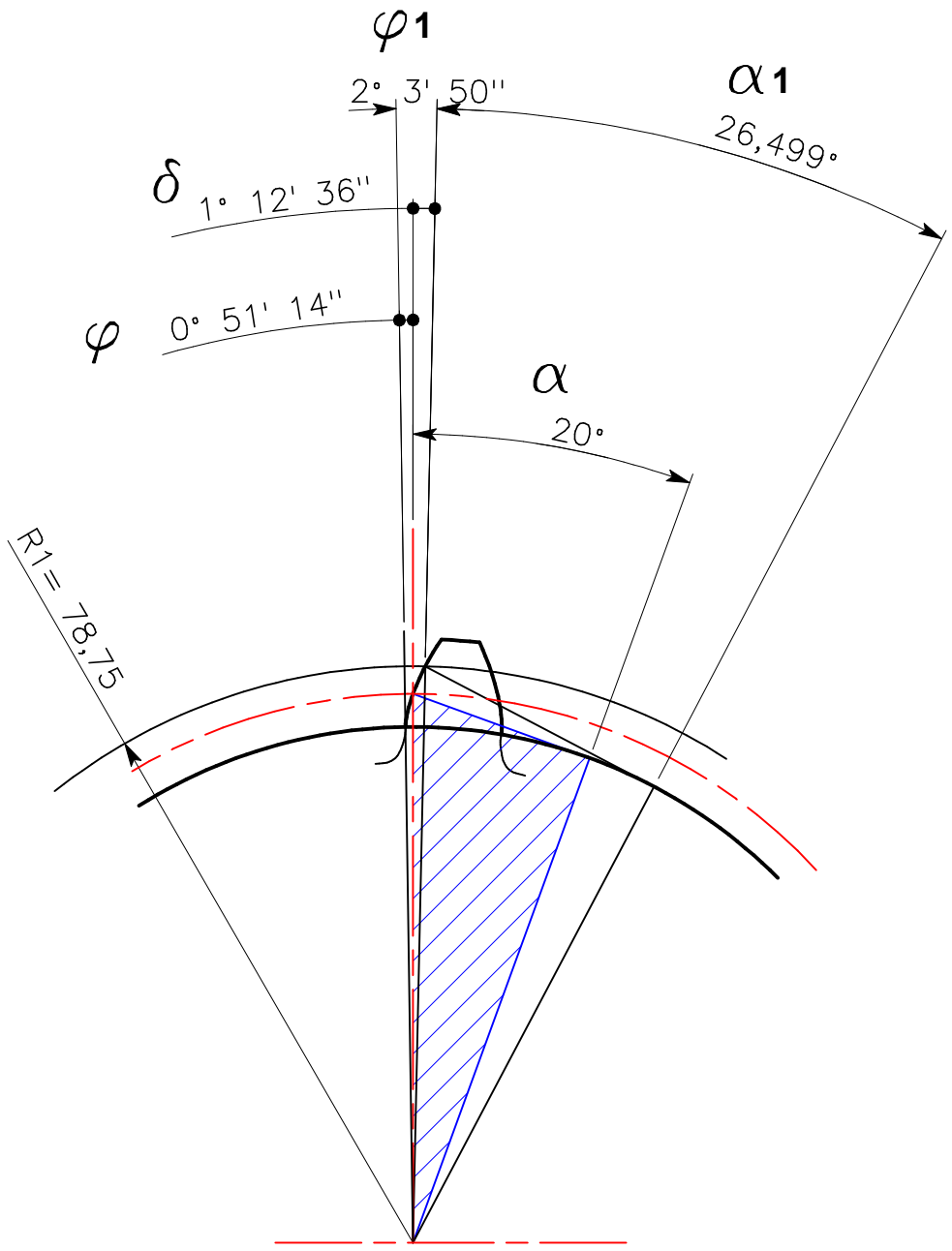
Con α =20°

Inv α = 0.3640−(20*3.14/180)

Inv α = 0.3640−0.3491=0.0149 rad.

L'angolo in gradi = 0.0149*180/3.14=0.8539° = 0°51' 14''

Utilizzando la funzione Inv α si ottengono le coordinate polari di un punto qualsiasi sull'evolvente



R1 = 52.5

α1° Arcos Rb/R1 = arcos 46.9846/52.5=26.4987

α_1 rad.= 26.4987*3.14/180 = 0.4625

φ1 rad = inv α1= 0.4985 − 0.4625 = 0.0360

φ1° = 0.0360*180/3.14= 2°3'53''

A questo punto possiamo calcolare δ

Sappiamo che φ era 0°51'14''

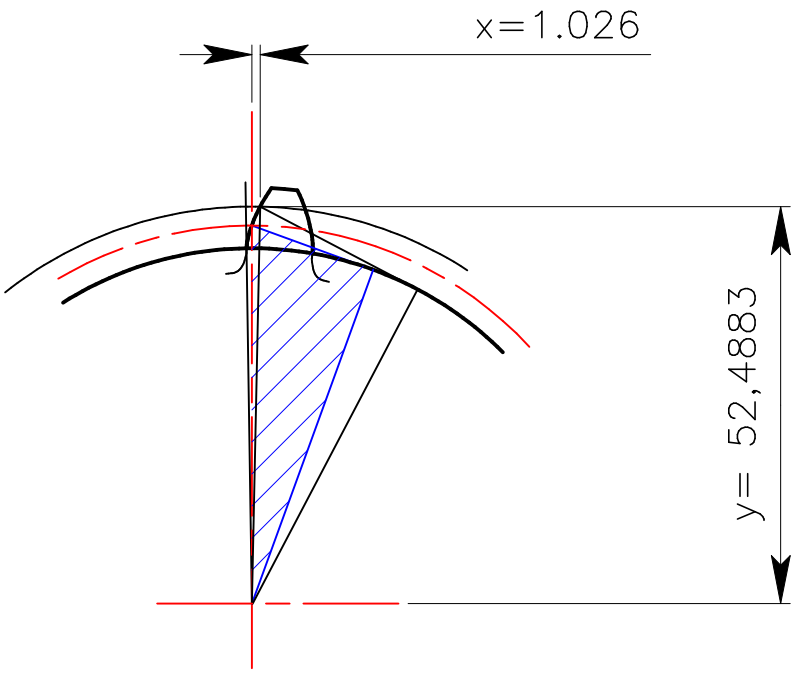
Quindi δ = φ1−φ= 2°3'50''−0°51'14''= 1°12'36''

Oppure più semplicemente :

inv δ = inv φ1−inv α =0.0360−0.014904=0.0211

δ° =0.0211*180/3.14=1°12'36''

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Le coordinate polari del punto sono:

R1= 52.5
delta = 1°12'36'' (1°.21)

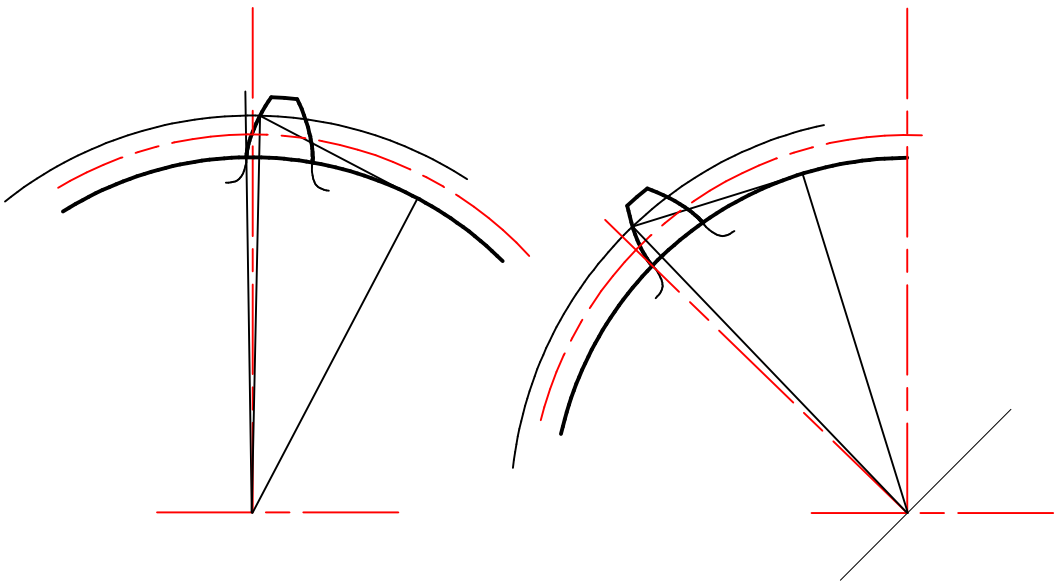
Le coordinate rettangolari sono:

X=R1*sin δ = 52.5*0.0211= 1.026

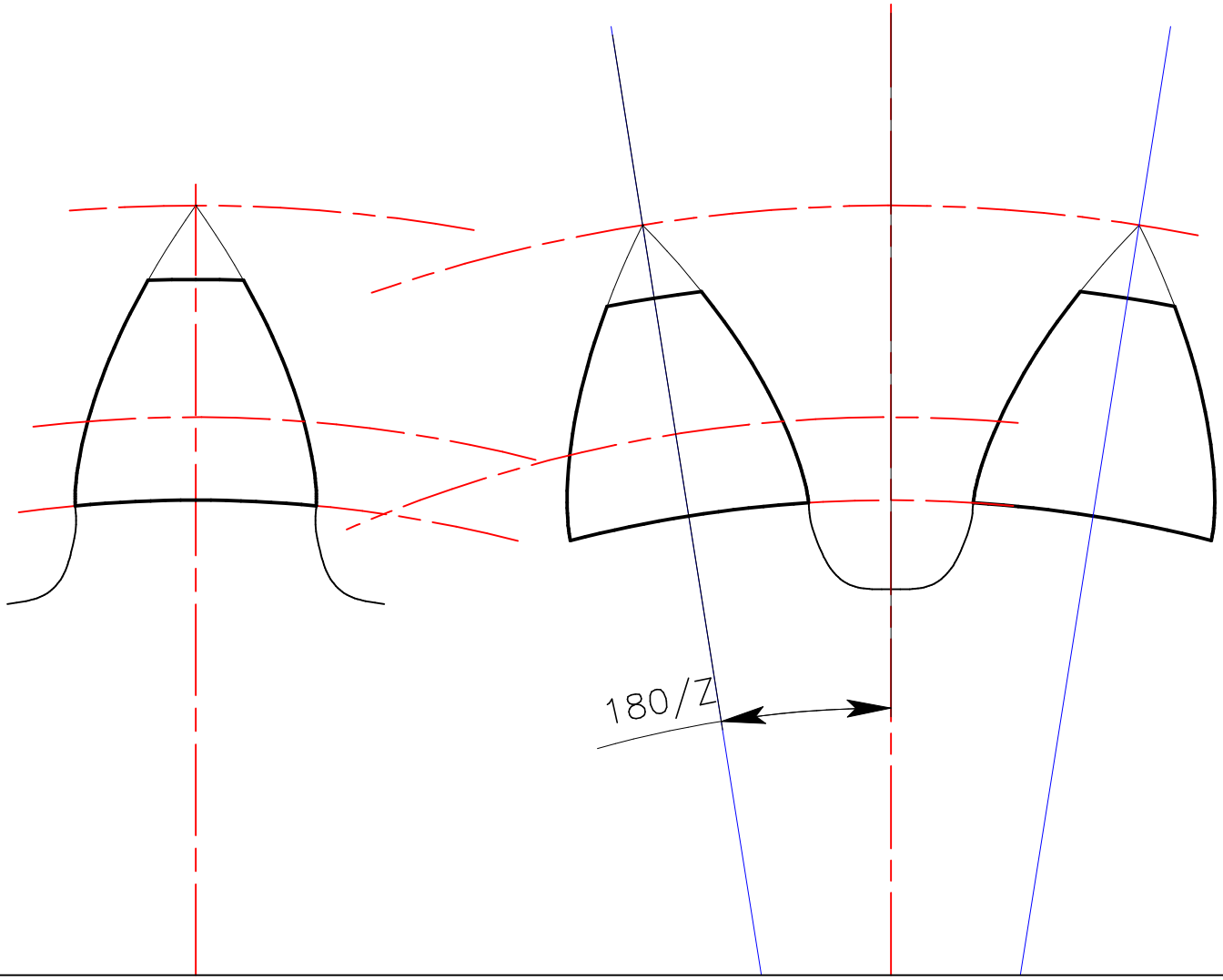
Y=R1*cos δ = 52.5*0.9998 = 52.4883

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La relazione che esiste di inv α è valida qualsiasi sia la posizione relativa degli angoli esaminati



Meglio se centriamo la figura in modo da calcolare le coordinate del profilo del dente o del vano



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Si possono calcolare le coordinate del dente (polari e rettangolari) e calcolare il vano per sottrazione di coordinate polari.
Noto Sc:

$Sb = \cos\alpha * (Sc + m * Z * \text{inv}\,\alpha)$

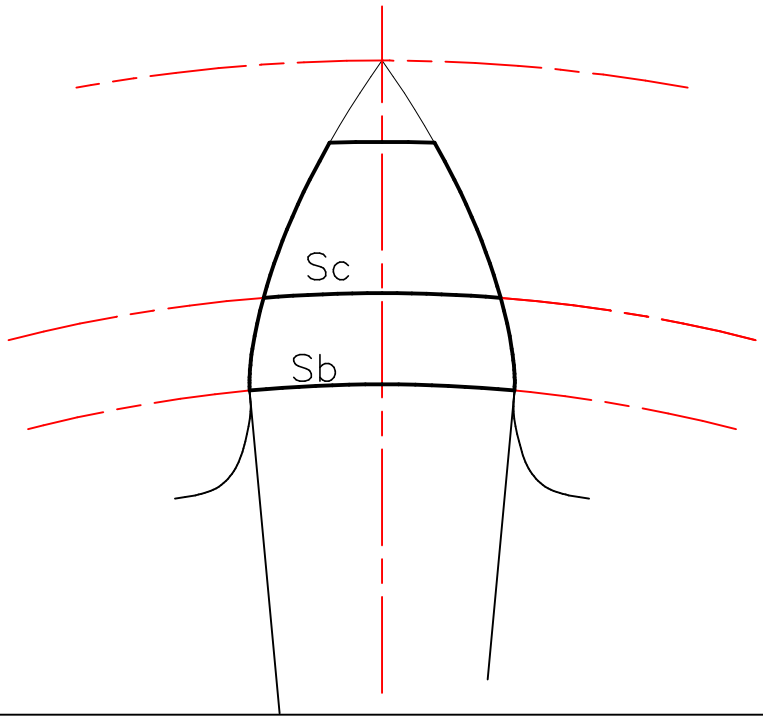
Seguendo l'esempio con i dati precedenti, noi conosciamo
M = 5
Z = 20
$\alpha° = 20°$

$Sc = M * \pi / 2 = 7.8540$
(ma potrebbe essere diverso)

$Sb = \cos 20 * (7.8540 + 5 * 20 * 0.014904)$
$Sb = 8.7809$

Si calcoleranno i vari spessori circolari ai vari raggi voluti e si trasformeranno le coordinate polari in cartesiane.

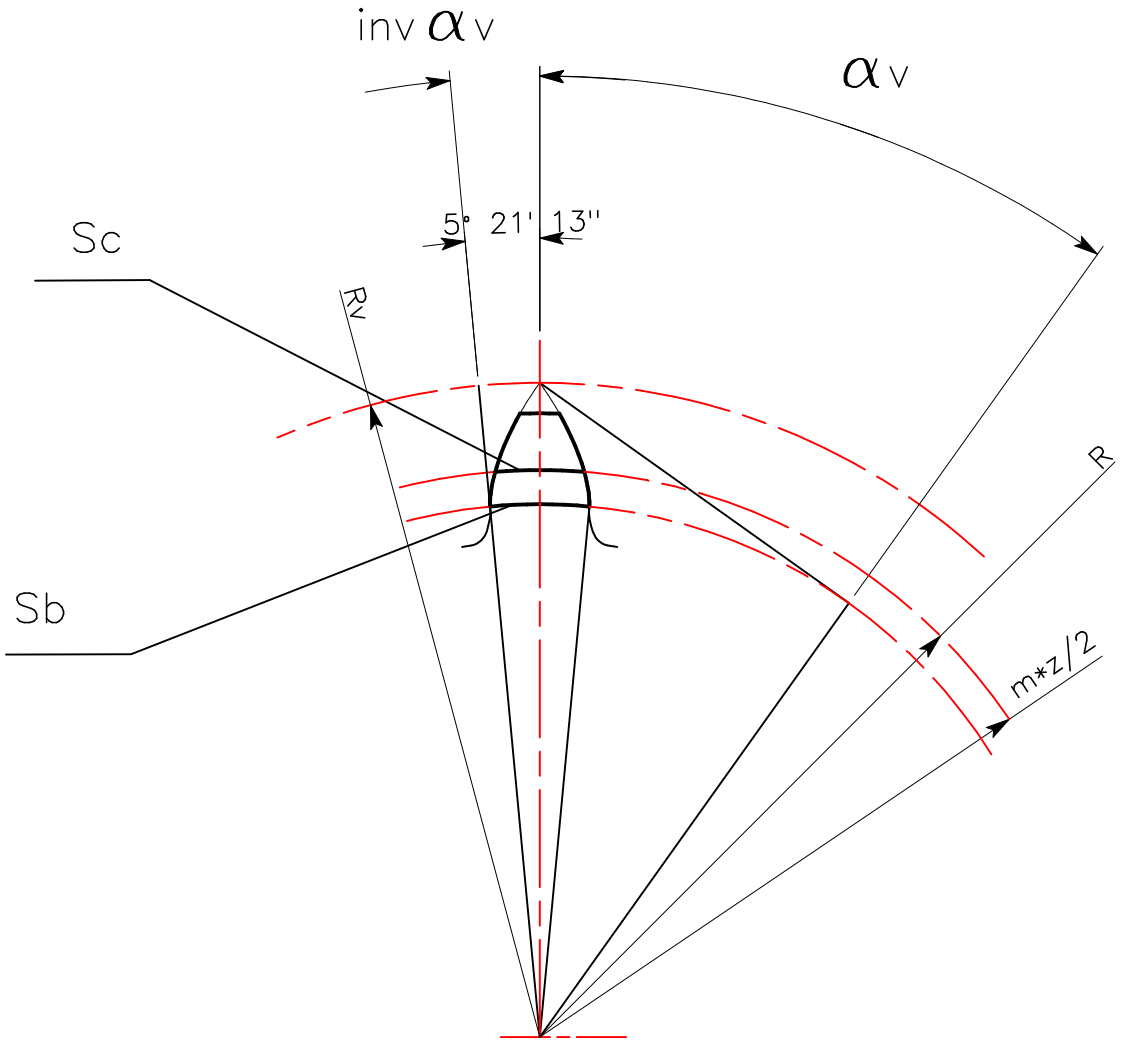
Il campo di calcolo va dal raggio base al diametro a punta, le coordinate del resto del dente nella parte inferiore sono oggetto di altri calcoli a parte.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo del diametro con dente a punta

α = 20°
Sc = 7.8540
Sb = 8.7809



$$\text{inv } \alpha = Sc/(2*R) + \text{inv } \alpha$$

$$Rv = Rb/\cos \alpha v$$

inv αv = 7.8540/100+0.014904=0.0934

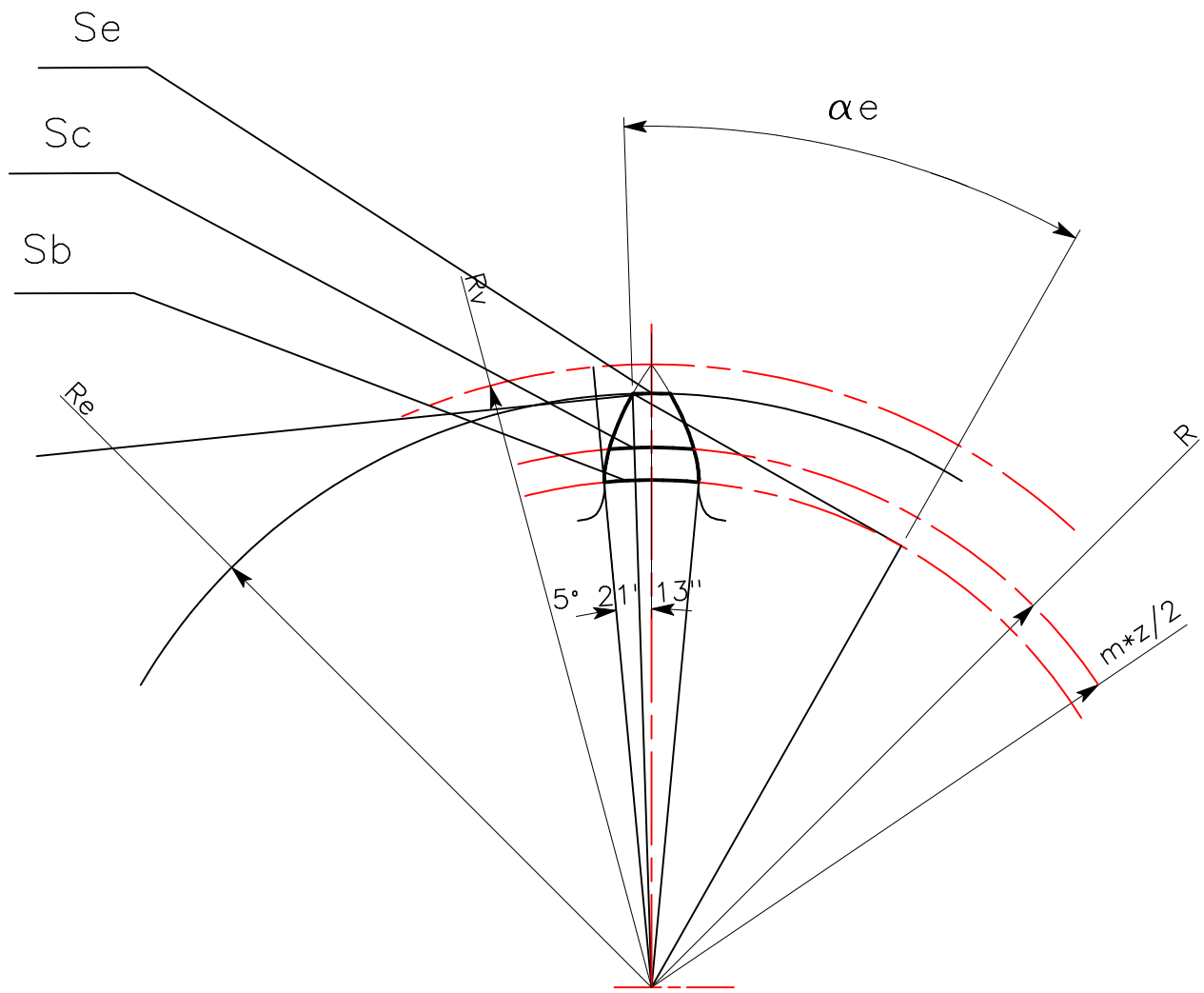
(L'angolo di αv = 0.0934*180/3.14=5°.35=5°21'13'')

Dalle tabelle αv= 35° 28'
Rv = 46.9846/ cos 35° 28'= 57.6885
Diam con dente a punta = 2*57.6885 =115.38
Quindi conosciamo il campo dove calcolare i vari spessori circolari che vanno da:
Rb= 46.9846 a Rv= 57.6885

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo dello spessore circolare sul raggio esterno.

α = 20°
Sc = 7.8540
Sb = 8.7809
Re= 55



arcos αe= Rb/Re =46.9846/55= 31°.3213 = 31°19'16"

dalle tabelle: inv αe= 0.061829

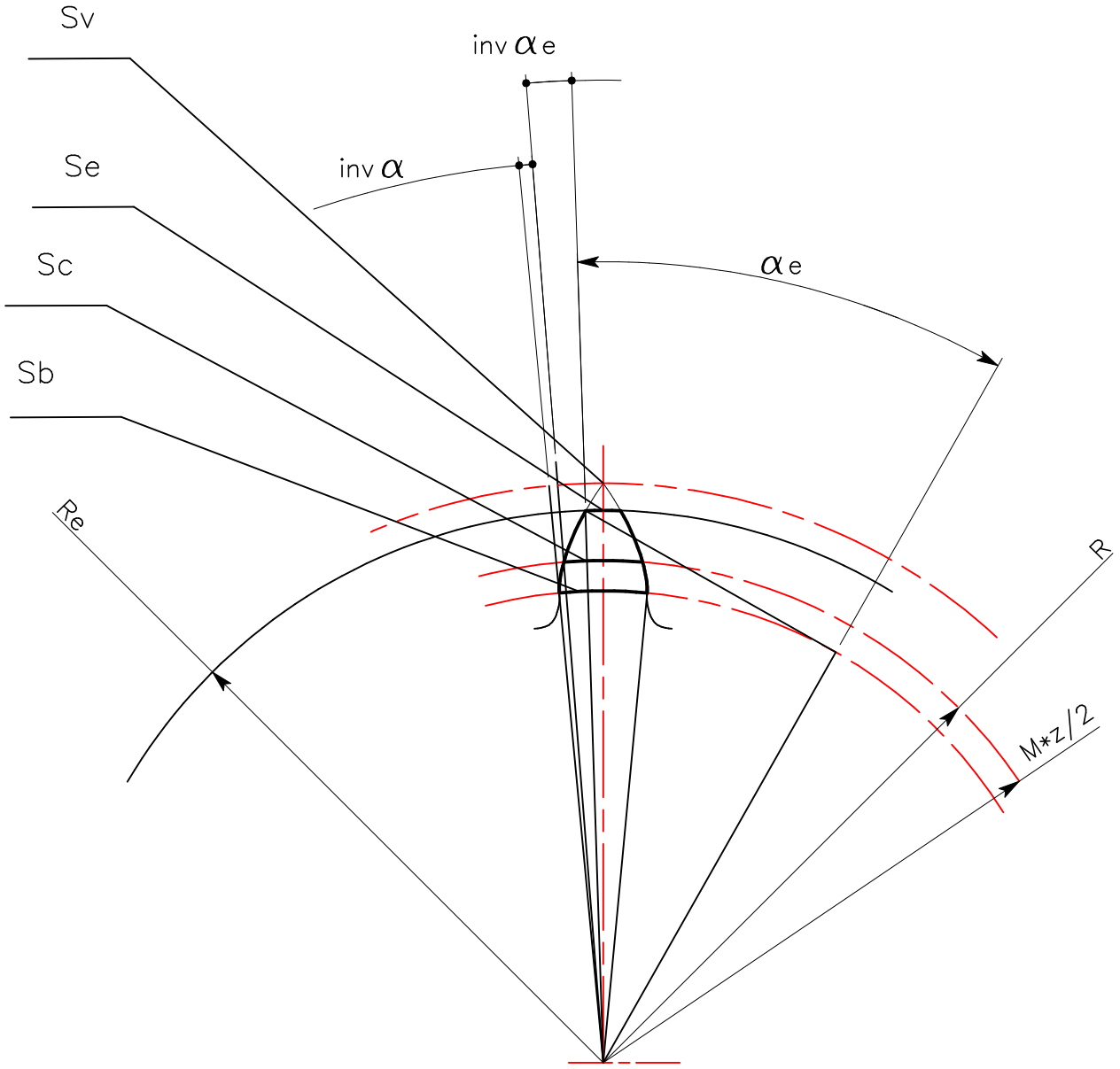
oppure inv αe =Tg αe−αe (rad)

αe rad= 31°.3213*3.14/180=0.5467

inv αe = 0.6085−0.5467=0.061829

Se=2*Re(Sc/2*R+inv α−inv αe)
=110*(7.8540/100+0.014904−0.061829)=3.473

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Quindi abbiamo calcolato i seguenti spessori
Sc = 7.8540
Sb = 8.7809
Se=3.473
Sv=0

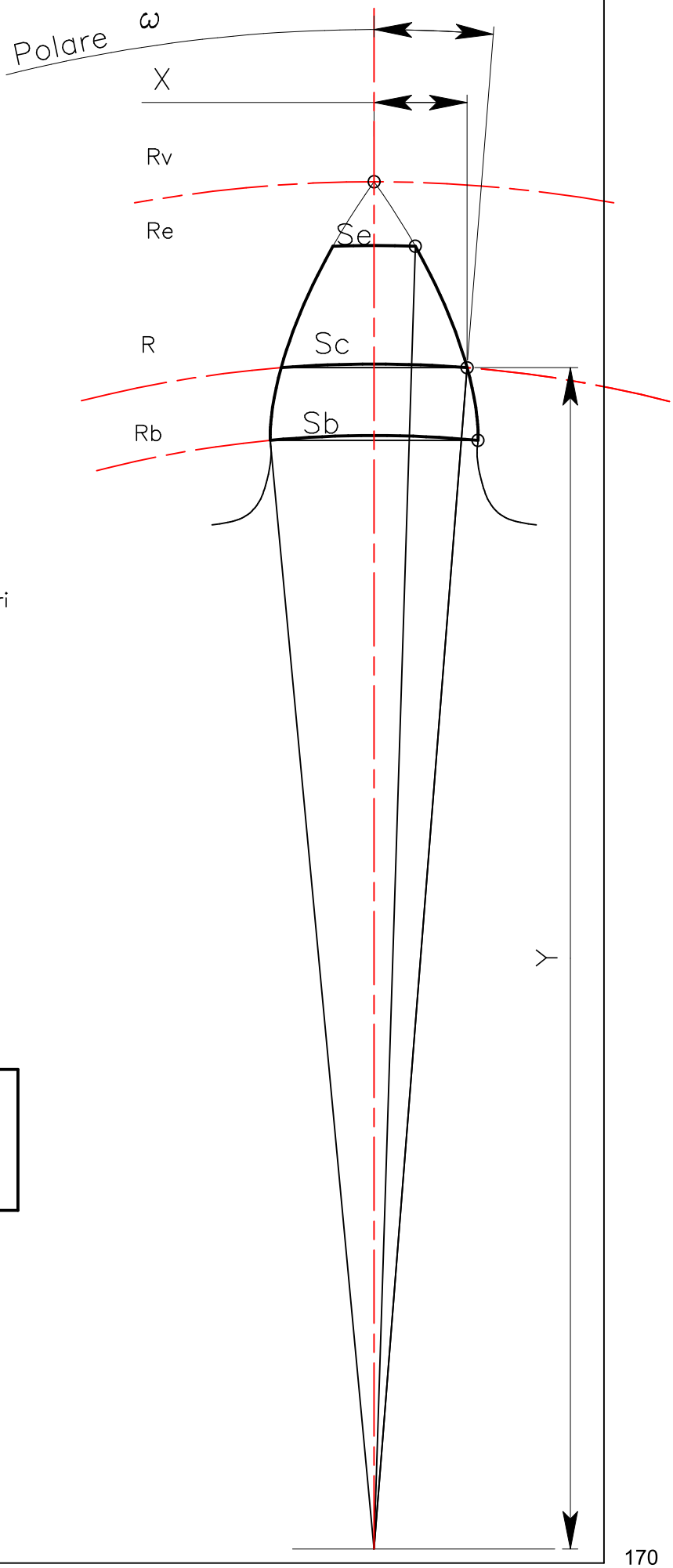
Ma esiste una formula per calcolare lo spessore circolare su qualsiasi raggio:

Noto Rx :

$$\text{Arcos } \alpha x = Rb/Rx$$

$$Sx = 2*Rx(Sc/M*Z+\text{inv } \alpha - \text{inv } \alpha x)$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Quindi abbiamo calcolato i seguenti spessori
Sb = 8.7809
Sc = 7.8540
Se=3.473
Sv=0

$\omega° = (Sx/2*360)/(\pi*Rx*2)$

Coordinate polari
Rx=Rx

$\omega°x = (Sx*90)/(\pi*Rx)$

Coordinate cartesiane

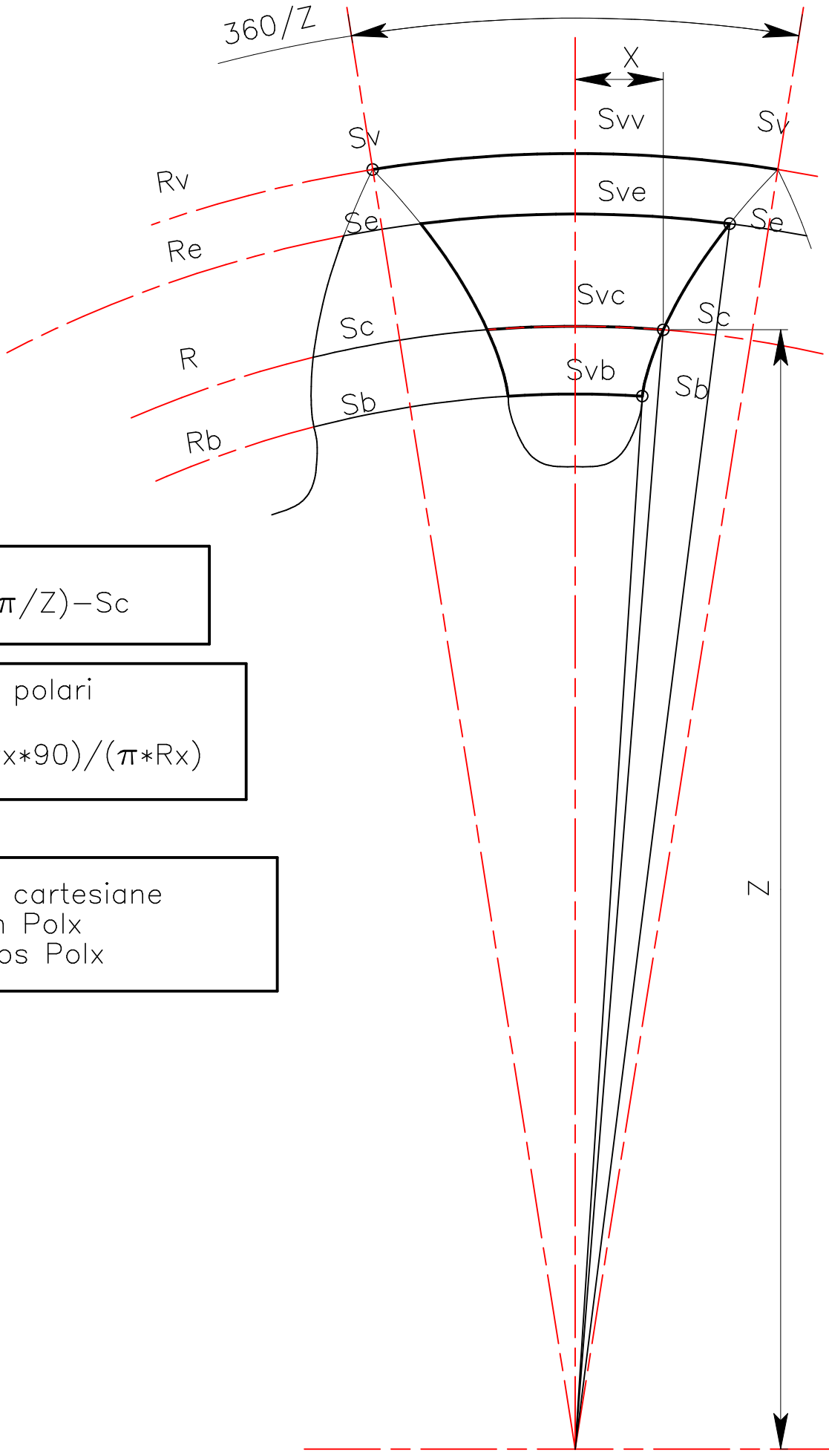
$Xx = Rx*\sin \omega x$

$Yx = Rx* \cos \omega x$

Es.sul primitivo:
Polx= (7.8540*90)/(3.14*50) = 4°.5
Rx =50

X = 50*sin 4°.5 = 3.9230
Y = 50*cos 4°.5 = 49.8459

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



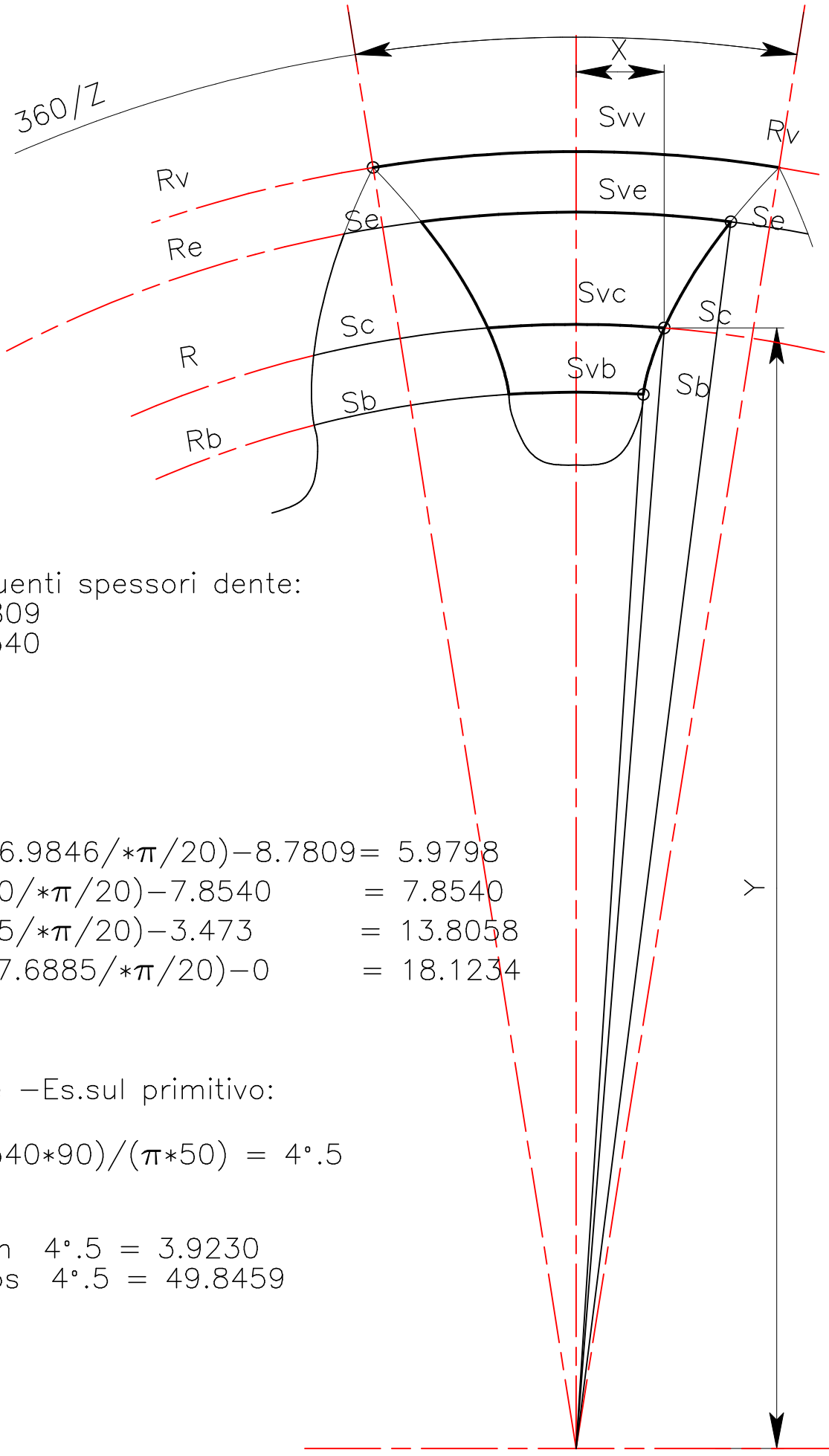
$Sv=(2*R*\pi/Z)-Sc$

Coordinate polari
$Rx=Rx$
$Pol°x=(Svx*90)/(\pi*Rx)$

Coordinate cartesiane
$Xx=Rx*\sin Polx$
$Yx=Rx*\cos Polx$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

esempio



Con i seguenti spessori dente:
Sb = 8.7809
Sc = 7.8540
Se=3.473
Sv=0

Svb =(2*46.9846/*π/20)−8.7809= 5.9798
Svc =(2*50/*π/20)−7.8540 = 7.8540
Sve =(2*55/*π/20)−3.473 = 13.8058
Svv =(2*57.6885/*π/20)−0 = 18.1234

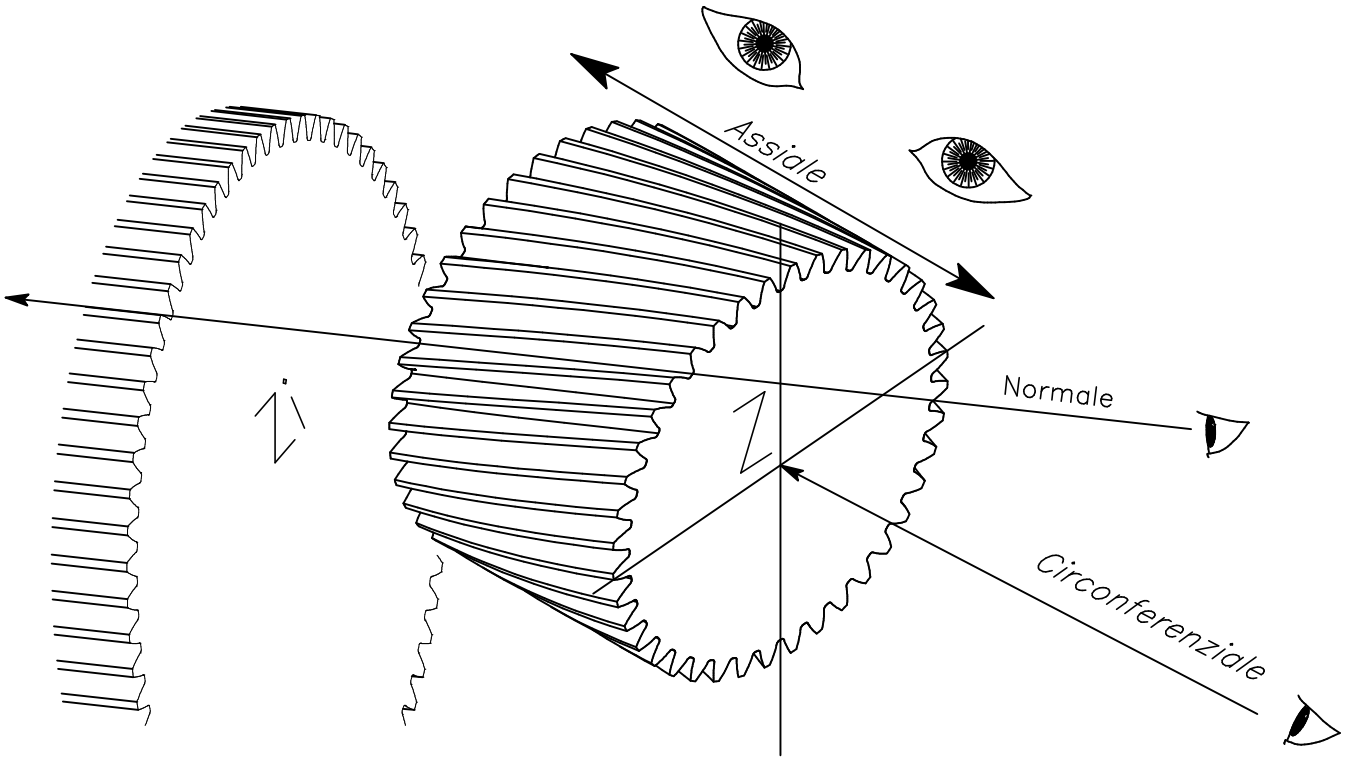
Coordinate −Es.sul primitivo:

ωx= (7.8540*90)/(π*50) = 4°.5
Rx =50

X = 50*sin 4°.5 = 3.9230
Y = 50*cos 4°.5 = 49.8459

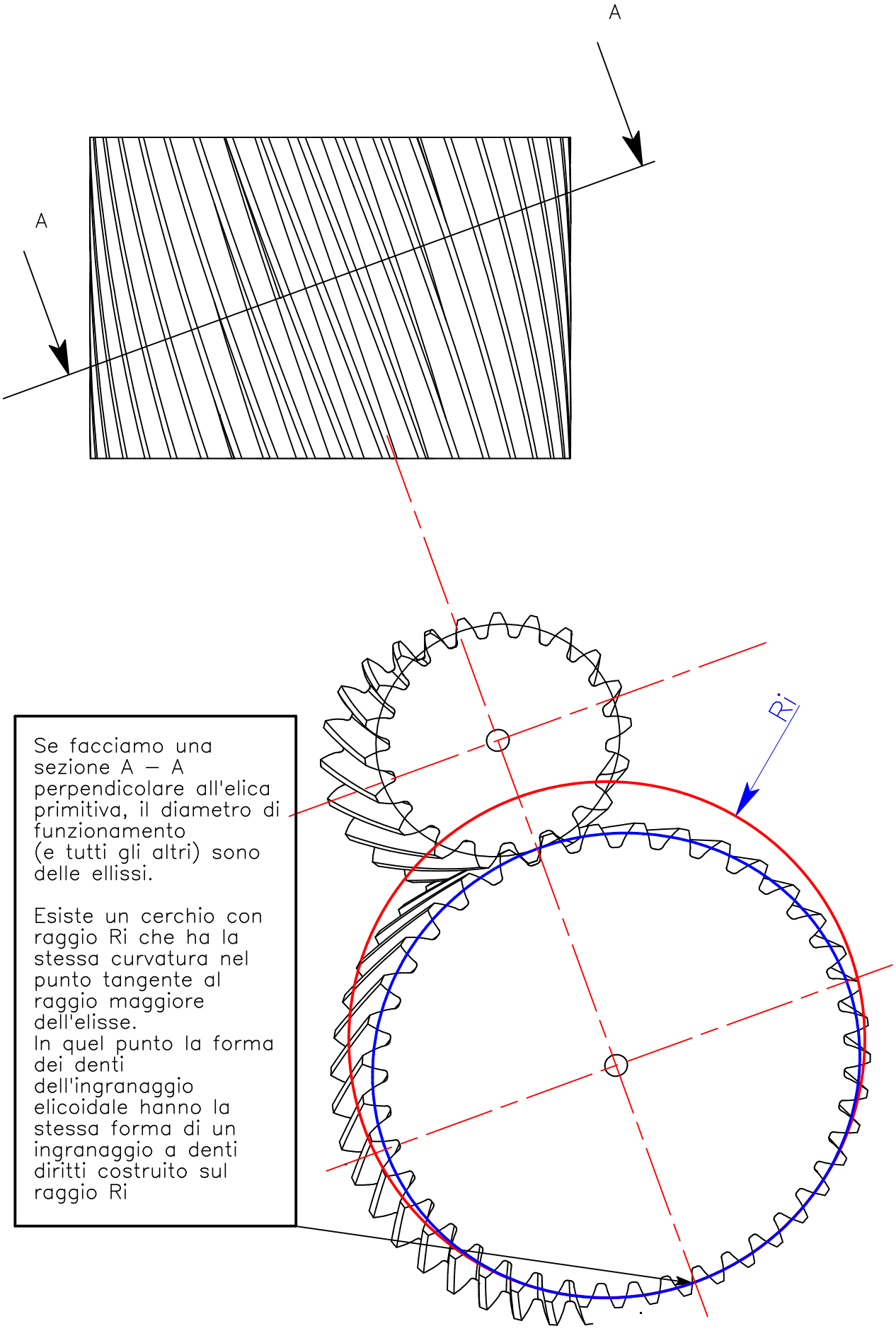
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CAPITOLO 10
N° DENTI IMMAGINARI



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

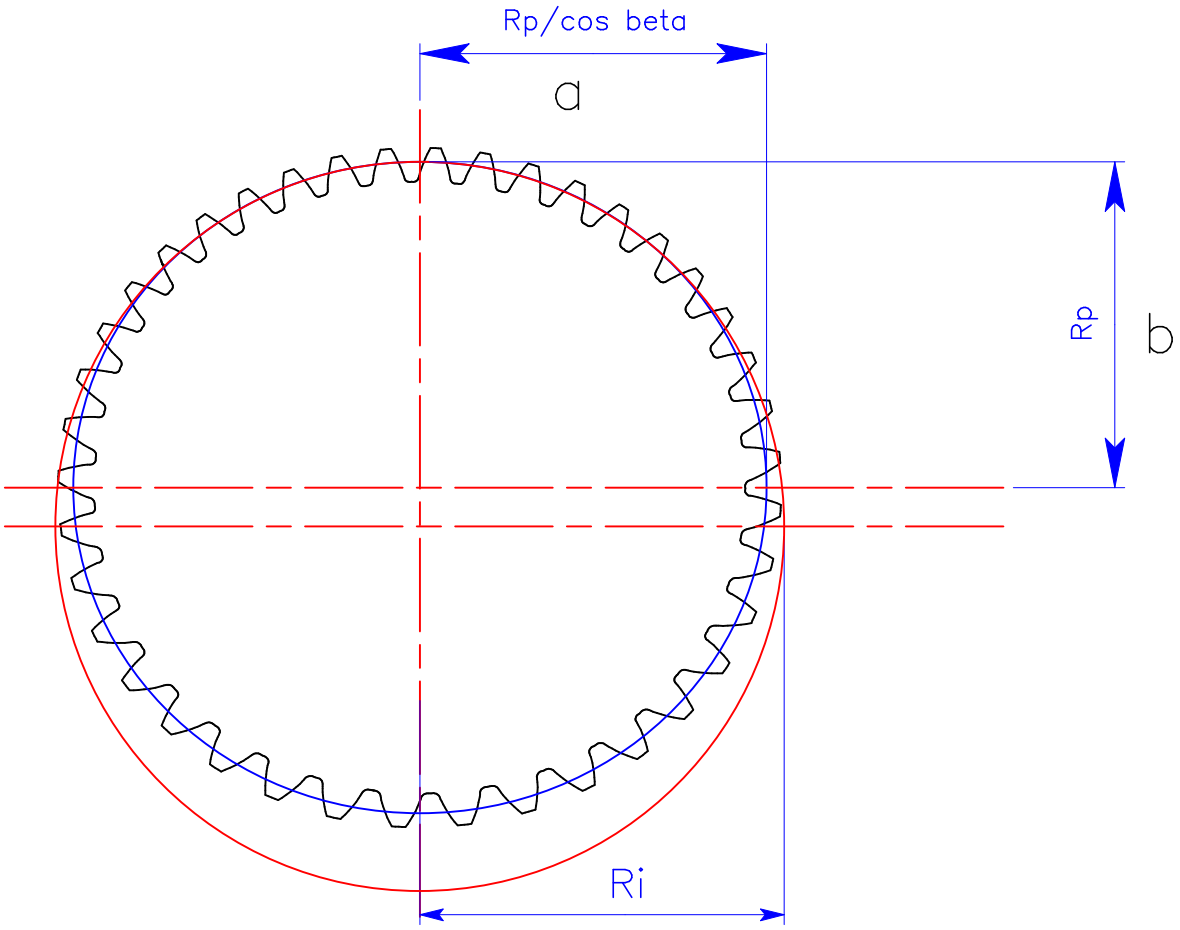
Confronto, su una coppia elicoidale, del profilo dei denti corrispondenti ad una ruota immaginaria con denti diritti.



Se facciamo una sezione A – A perpendicolare all'elica primitiva, il diametro di funzionamento (e tutti gli altri) sono delle ellissi.

Esiste un cerchio con raggio Ri che ha la stessa curvatura nel punto tangente al raggio maggiore dell'elisse.
In quel punto la forma dei denti dell'ingranaggio elicoidale hanno la stessa forma di un ingranaggio a denti diritti costruito sul raggio Ri

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



$$Ri = a\uparrow 2 * b = \frac{Rp\uparrow 2}{Cos\uparrow 2\ \beta} \Big/ Rp = \frac{Rp}{Cos\uparrow 2\ \beta}$$

Quindi $Zi = \dfrac{2 * Rp}{Cos\uparrow 2\ \beta * Mn}$.

Oppure con ulteriori trasformazioni partendo dalla circonferenza immaginaria e il passo della dentatura:

$$Zi = \frac{2 * \pi * Ri}{\pi * Mn} = \frac{2*\pi *Z * Mc}{2*\pi * Mn * Cos\uparrow 2\ \beta} = \frac{Z * Mc}{Mn * Cos\uparrow 2\ \beta}$$

$$Mc = \frac{Mn}{Cos\ \beta} \quad \text{Quindi : } Zi = \frac{\frac{Z * Mn}{Cos\ \beta}}{Mn * Cos\uparrow 2\ \beta}$$

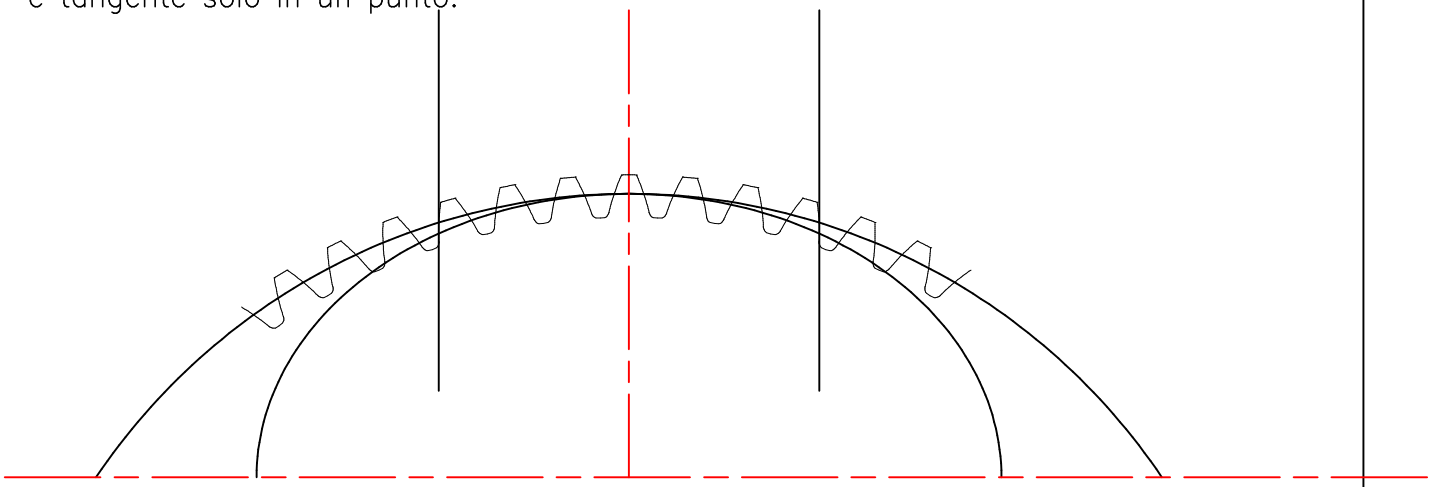
$$Zi = \frac{Z}{Cos\uparrow 3\ \beta}$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Il numero dei denti immaginari è uguale a:

$$Zi = \frac{Z}{\cos^3 \beta}$$

La norma DIN 867 che si riferisce al profilo di riferimento, ha definito 3 coefficienti da considerare,tenendo conto che il raggio di osculamento dell'elleisse è tangente solo in un punto.



Per casi particolari e per avere più precisione il numero denti virtuali da considerare è come indicato sotto dalle norme DIN 3960

$$Znx = \frac{Z}{\cos^2 \beta_b * \cos}$$

Per per i calcoli dello spostamento dei profili

$$ZnW = Z * \frac{\text{inv}\ \alpha_t}{\text{inv}\ \alpha}$$

Per la quota Wilahaber su più denti

$$ZnM = \frac{Z}{\cos^{3.3} \beta}$$

Per la misurazione con rulli

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Fattore del numero di denti virtuale $z^*_{nx} = \dfrac{1}{\cos^2 \beta_b \cdot \cos \beta}$ $\alpha_n = 20°$

β in gradi	z^*_{nx}	β in gradi	z^*_{nx}	β in gradi	z^*_{nx}	β in gradi	z^*_{nx}	β in gradi	z^*_{nx}
1	1,0004	11	1,0526	21	1,2082	31	1,5235	41	2,1373
2	1,0017	12	1,0629	22	1,2311	32	1,5680	42	2,2255
3	1,0038	13	1,0743	23	1,2556	33	1,6155	43	2,3203
4	1,0068	14	1,0868	24	1,2819	34	1,6663	44	2,4223
5	1,0106	15	1,1004	25	1,3100	35	1,7206	45	2,5322
6	1,0153	16	1,1151	26	1,3400	36	1,7787		
7	1,0209	17	1,1311	27	1,3720	37	1,8409		
8	1,0274	18	1,1483	28	1,4063	38	1,9074		
9	1,0348	19	1,1668	29	1,4428	39	1,9788		
10	1,0432	20	1,1868	30	1,4818	40	2,0553		

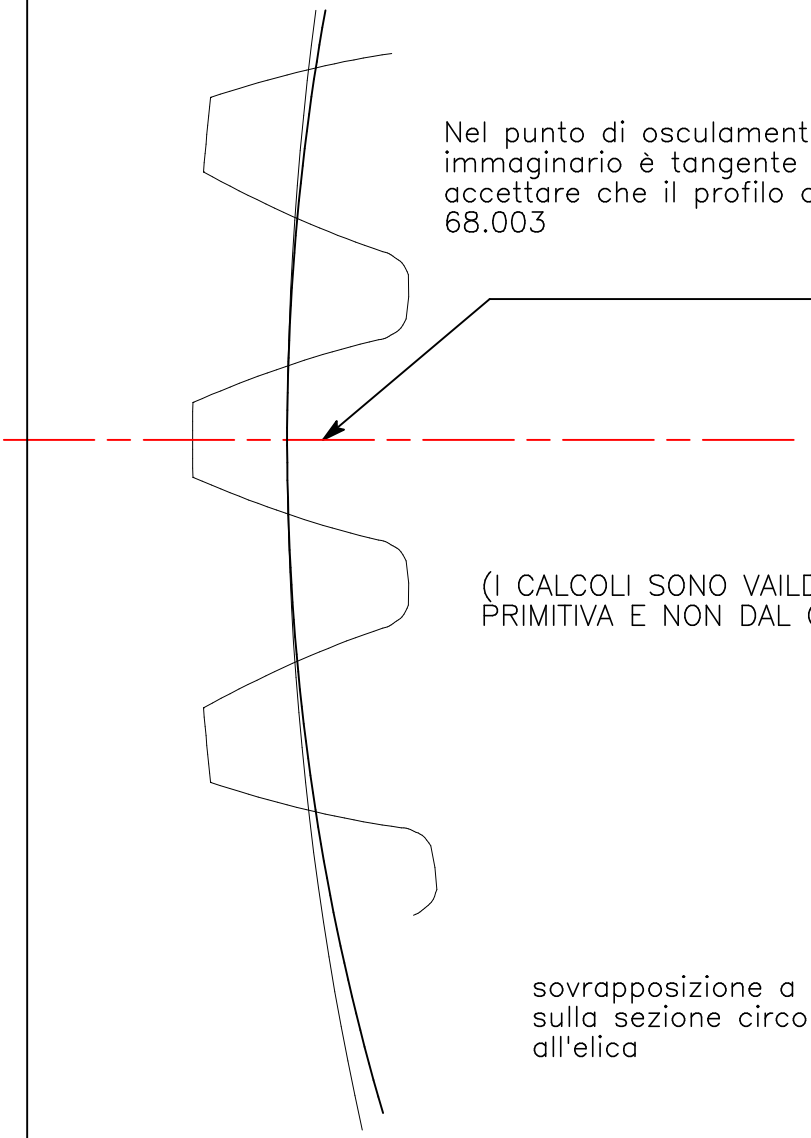
Fattore z^*_{nW} = inv α_t / inv α_n **del numero virtuale di denti** per $\alpha_n = 20°$

β in gradi	z^*_{nW}	β in gradi	z^*_{nW}	β in gradi	z^*_{nW}	β in gradi	z^*_{nW}	β in gradi	z^*_{nW}
1	1,0004	11	1,0544	21	1,2162	31	1,5480	41	2,2078
2	1,0017	12	1,0651	22	1,2401	32	1,5952	42	2,3040
3	1,0039	13	1,0769	23	1,2658	33	1,6457	43	2,4078
4	1,0070	14	1,0898	24	1,2933	34	1,6999	44	2,5200
5	1,0109	15	1,1039	25	1,3227	35	1,7579	45	2,6414
6	1,0158	16	1,1192	26	1,3543	36	1,8201		
7	1,0216	17	1,1358	27	1,3880	37	1,8869		
8	1,0283	18	1,1538	28	1,4240	38	1,9586		
9	1,0360	19	1,1731	29	1,4626	39	2,0356		
10	1,0447	20	1,1938	30	1,5038	40	2,1185		

Fattore $z^*_{nM} = 1/\cos^{3,3}$ **in funzione dell'angolo dell'elica** β

β in gradi	z^*_{nM}	β in gradi	z^*_{nM}	β in gradi	z^*_{nM}	β in gradi	z^*_{nM}	β in gradi	z^*_{nM}
1	1,0005	11	1,0631	21	1,2546	31	1,6630	41	2,5312
2	1,0020	12	1,0756	22	1,2834	32	1,7227	42	2,6635
3	1,0045	13	1,0895	23	1,3144	33	1,7871	43	2,8079
4	1,0081	14	1,1046	24	1,3477	34	1,8565	44	2,9656
5	1,0127	15	1,1212	25	1,3835	35	1,9315	45	3,1383
6	1,0183	16	1,1393	26	1,4221	36	2,0125		
7	1,0250	17	1,1589	27	1,4635	37	2,1001		
8	1,0328	18	1,1801	28	1,5080	38	2,1950		
9	1,0417	19	1,2031	29	1,5560	39	2,2980		
10	1,0518	20	1,2279	30	1,6075	40	2,4097		

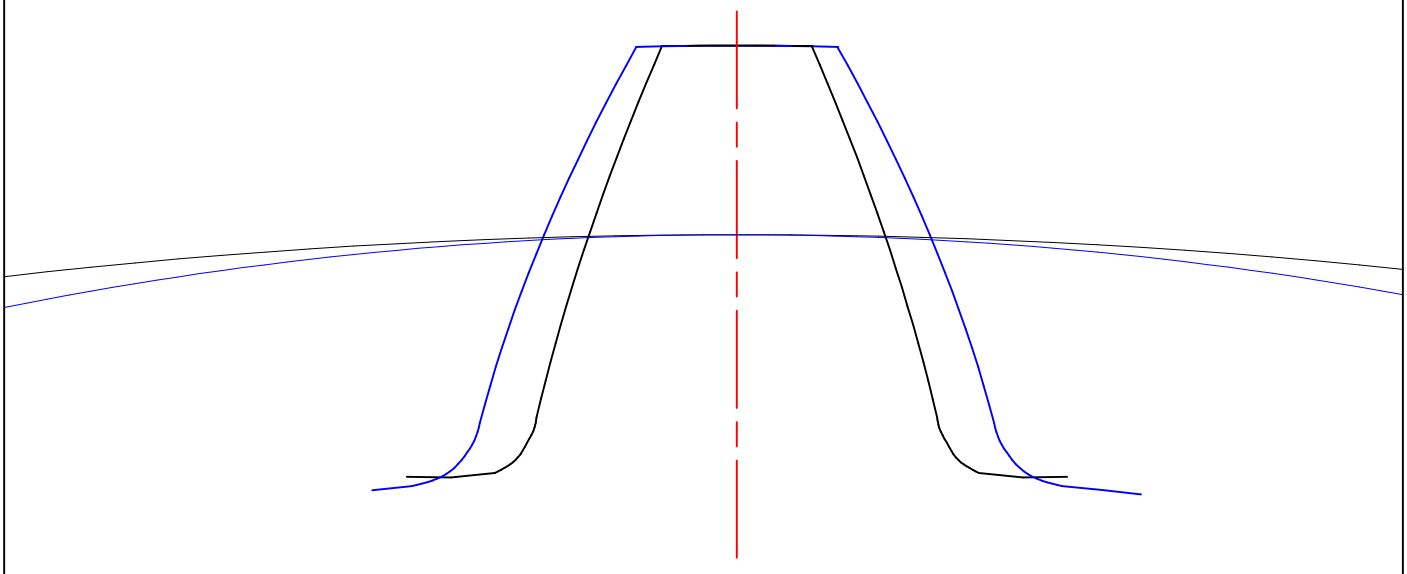
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Nel punto di osculamento dove il cerchio immaginario è tangente con l'ellisse, si può accettare che il profilo del dente sia quello di Zi = 68.003

(I CALCOLI SONO VAILDI RISPETTO ALLA CIRCONFERENZA PRIMITIVA E NON DAL CENTRO INGRANAGGIO)

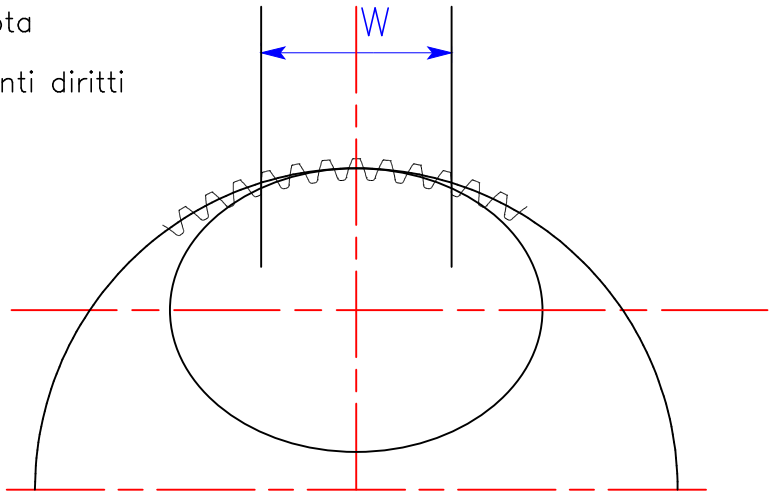
sovrapposizione a confronto del profilo del dente sulla sezione circonferenziale e sulla sezione normale all'elica



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

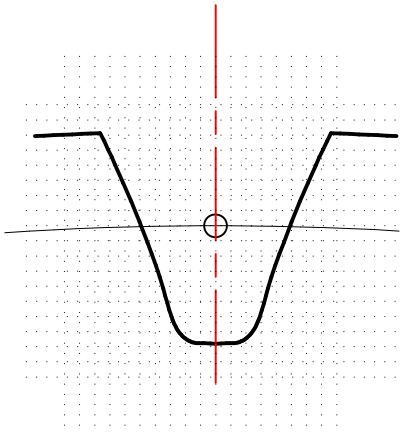
Ne cosegue che considerando la ruota immaginaria, possiamo calcolare la quota Wildhaber come fosse a denti diritti

$$ZnW = Z * \frac{\text{inv}\ \alpha_t}{\text{inv}\ \alpha}$$

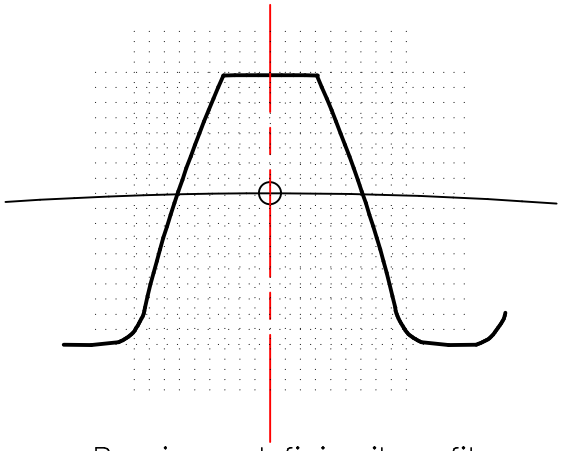


Possiamo calcolare la coordinate del vano come fosse a denti diritti

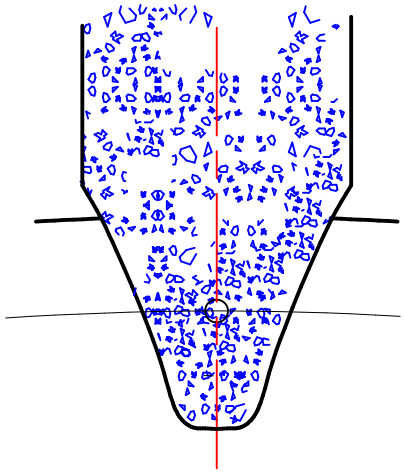
$$Znx = \frac{Z}{\cos\uparrow 2\ \beta_b * \cos\ \beta}$$



Possiamo calcolare la coordinate del dente, spessore cordale, circolare, addendum , addendum cordale come fosse a denti diritti

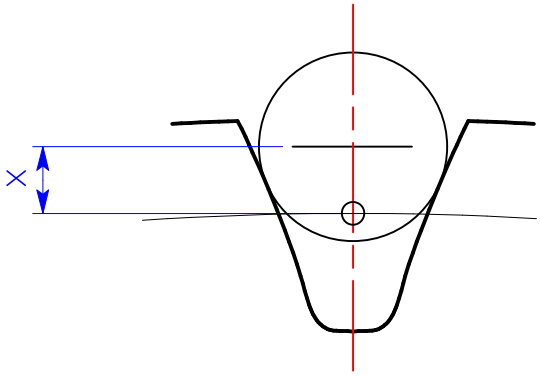


Possiamo definire il profilo *approssimato* corrispondente di una fresa



Calcolo della quota rulli.

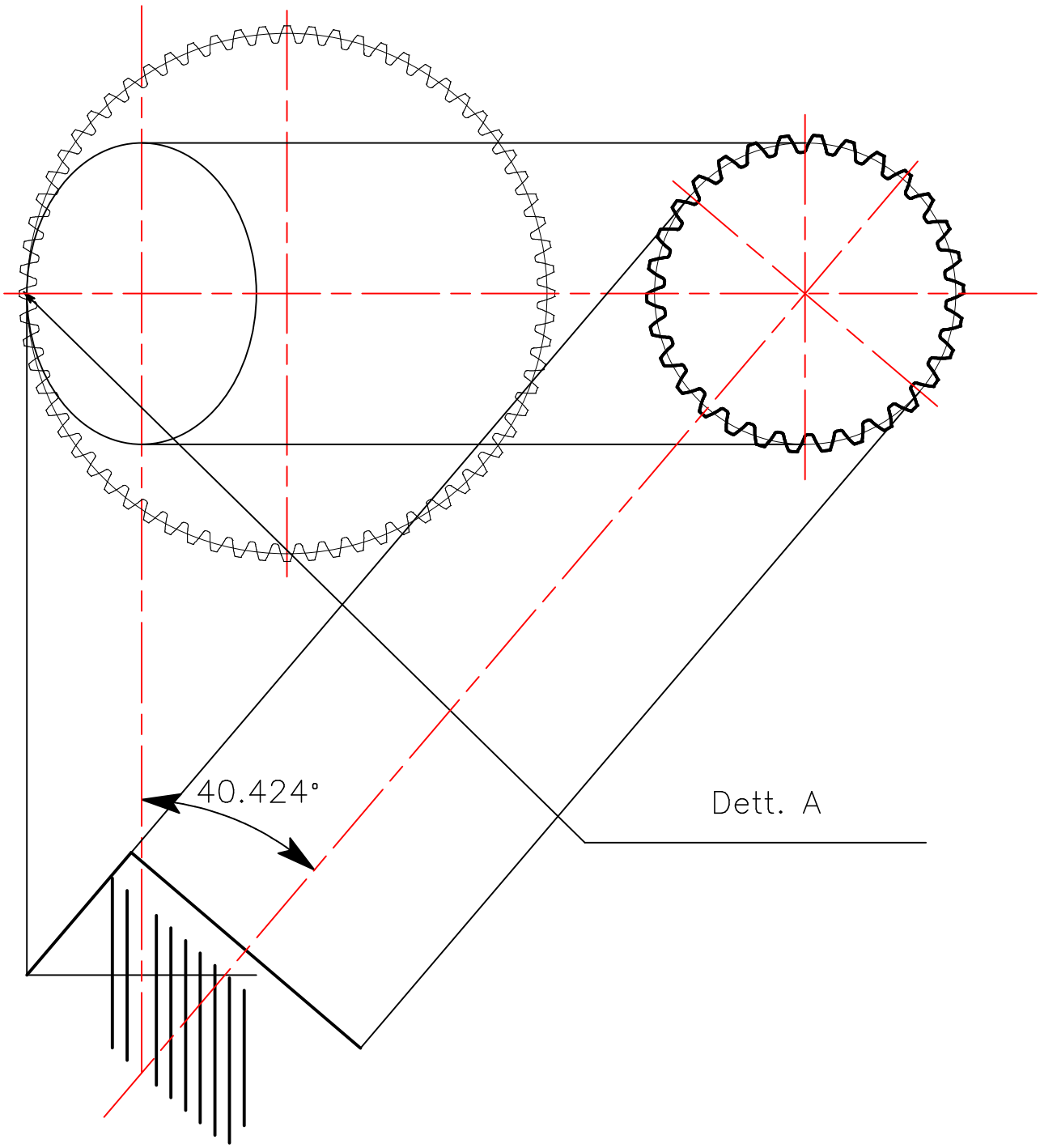
$$ZnM = \frac{Z}{\cos\uparrow 3.3\ \beta}$$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esaminiamo una ruota calcolata con il metodo analitico per confrontarla con il calcolo sui denti immaginari

N° denti	30
Modulo normale	5
Modulo normale base	4,6985
Modulo circonferenziale	6,568
Modulo circonferenziale di base	5,9256
Angolo di pressione utensile	20
Angolo di pressione circonferenziale	25,553
Angolo elica sul diametro primitivo	40,424
Angolo elica sul diametro di base	37,5413
Diametro esterno	207,04
Diametro primitivo	197,04
Diametro di base	177,7669
Diametro interno	184,54
N° denti in misurazione	8
Misura Wildhaber	115,2334
Diam. rullo	12
Quota rulli	221.1269



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

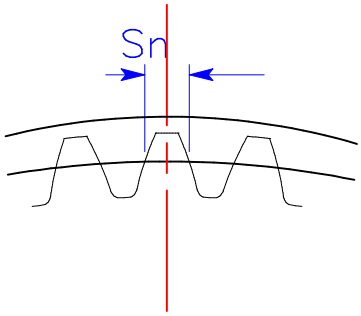
Vediamo la varazione che si ha con le varie grandezze:

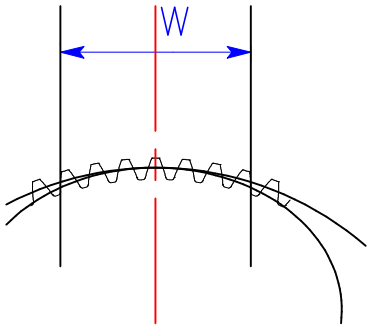
$$Zi = \frac{Z}{\cos\uparrow 3\ \beta} = 68.0003 \quad \text{(assumere 68)}$$

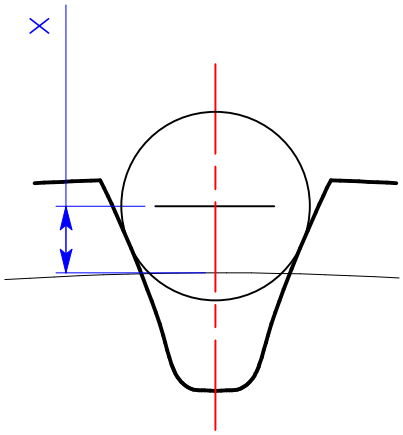
$$Znx = \frac{Z}{\cos\uparrow 2\ \beta b * \cos\ \beta} = 62.68 \quad \text{Per il profilo dei denti (assumere 63)}$$

$$Znw = Z * \frac{\text{inv}\ \alpha t}{\text{inv}\ \alpha} = 64.66 \quad \text{Per la quota Wildhaber (assumere 65)}$$

$$ZnM = \frac{Z}{\cos\uparrow 3.3\ \beta} = 73.7989 \quad \text{Per la misura rulli (assumere 74)}$$

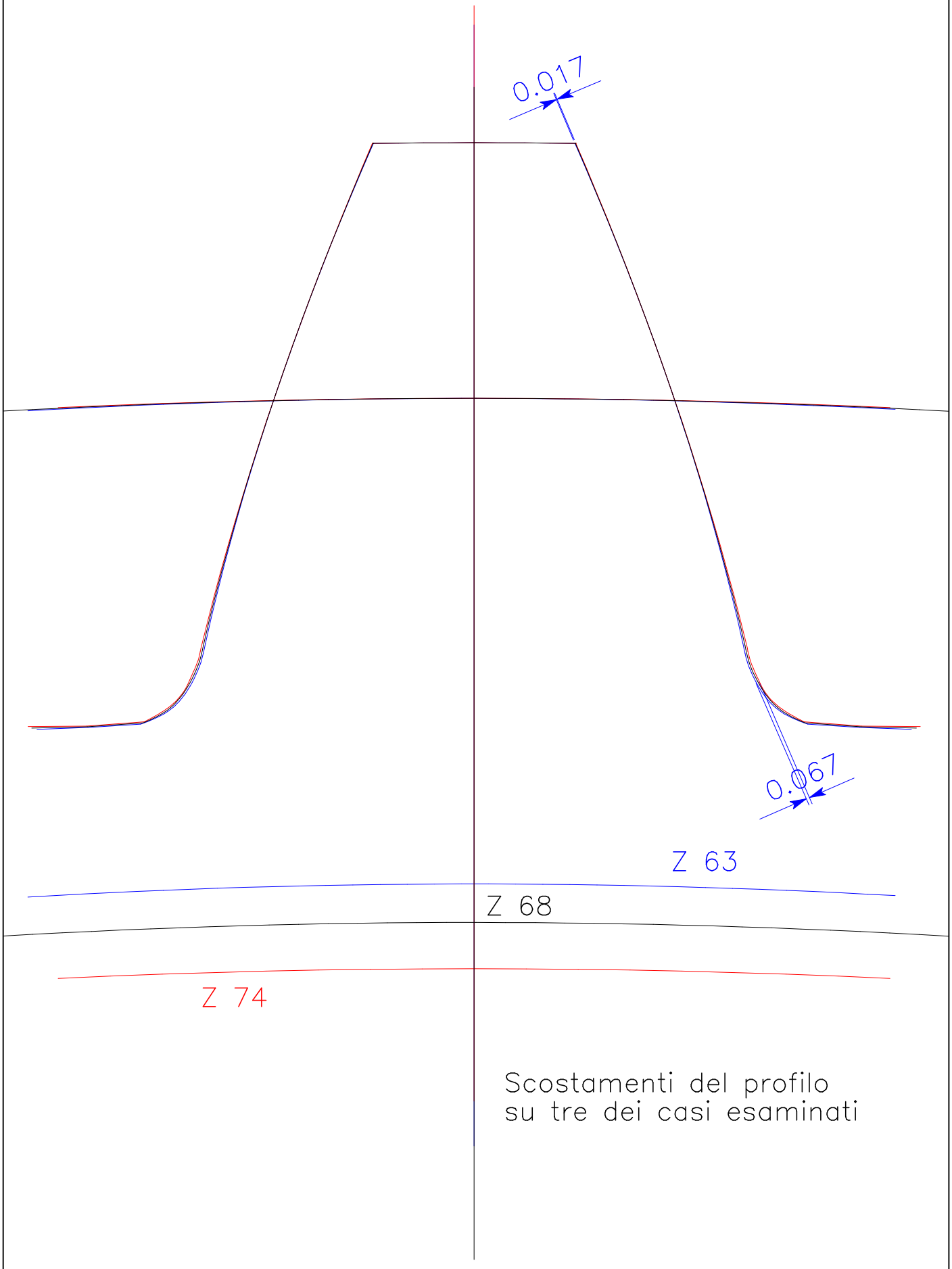






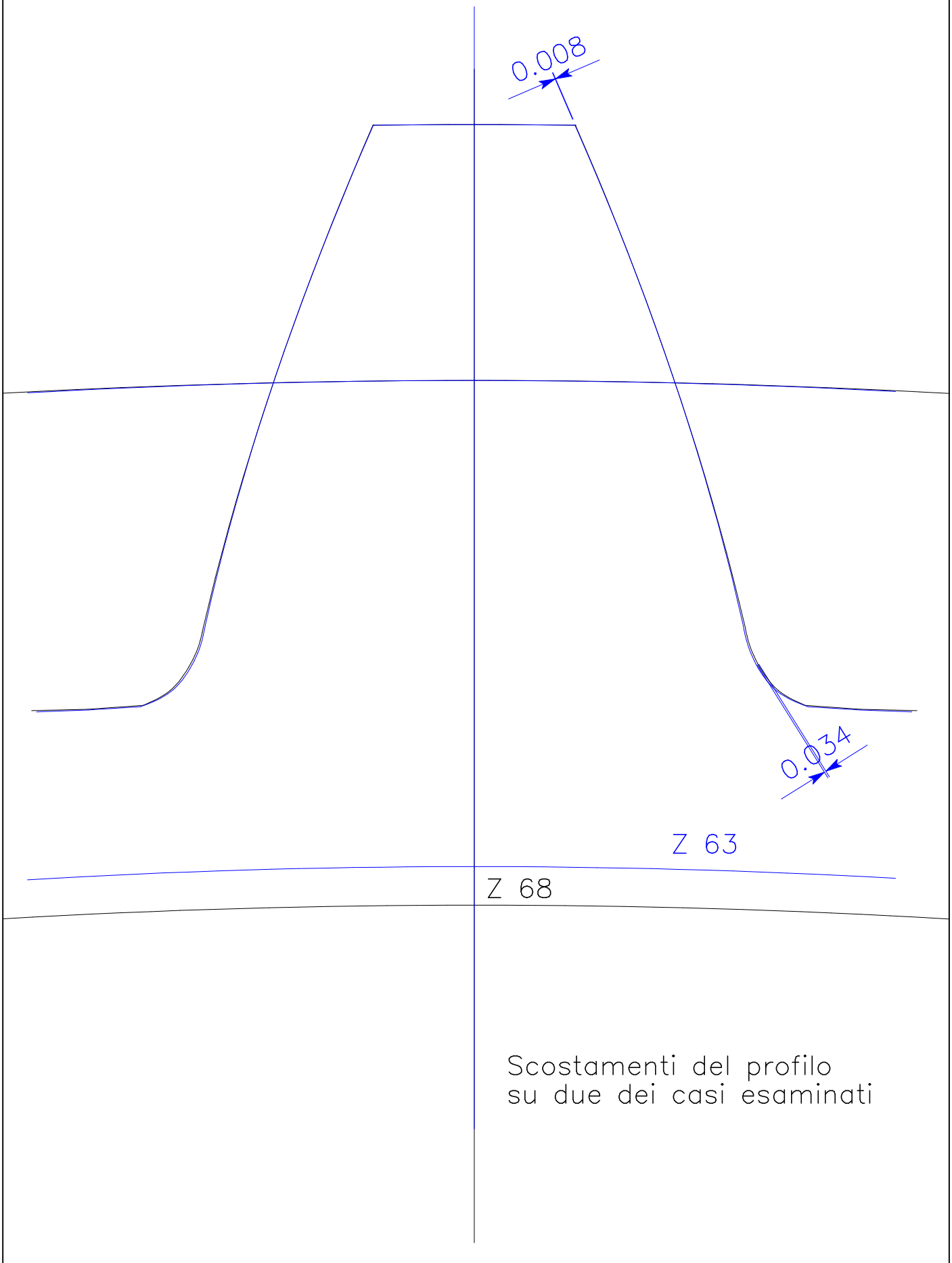
	Sb	Sn	W	X
Z 30 originale:	11.908	7.854	115.233	6.043
Zi 63 denti diritti:	11.792	7.854	115.117	5.9381
Zi 65 denti diritti:	11.932	7.854	115.257	5.957
Zi 68 denti diritti:	12.142	7.854	115.467	6.030
Zi 74 denti diritti:	12.562	7.854	115.887	6.074

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Scostamenti del profilo
su tre dei casi esaminati

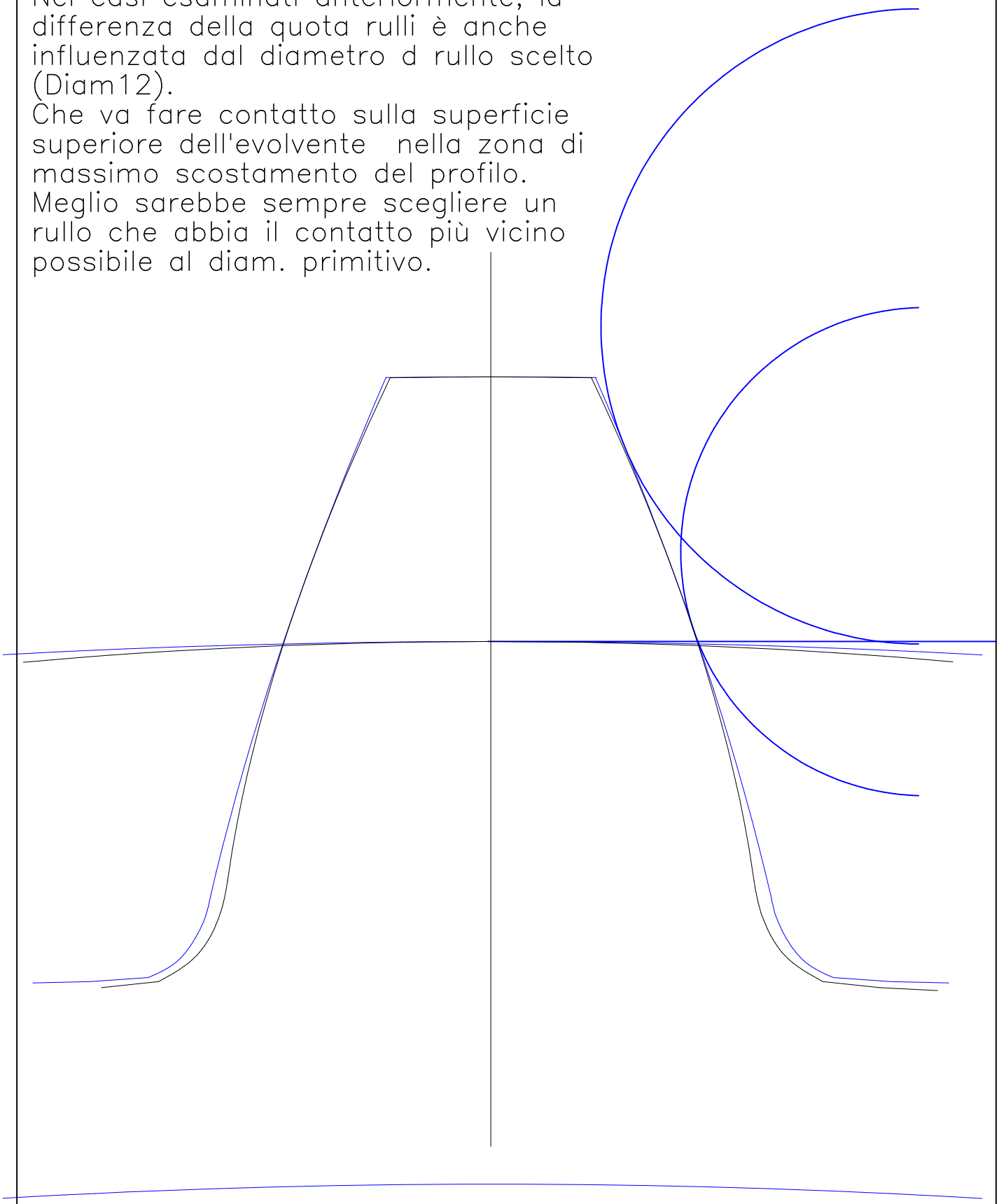
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



Scostamenti del profilo
su due dei casi esaminati

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Nei casi esaminati anteriormente, la differenza della quota rulli è anche influenzata dal diametro d rullo scelto (Diam12).
Che va fare contatto sulla superficie superiore dell'evolvente nella zona di massimo scostamento del profilo.
Meglio sarebbe sempre scegliere un rullo che abbia il contatto più vicino possibile al diam. primitivo.

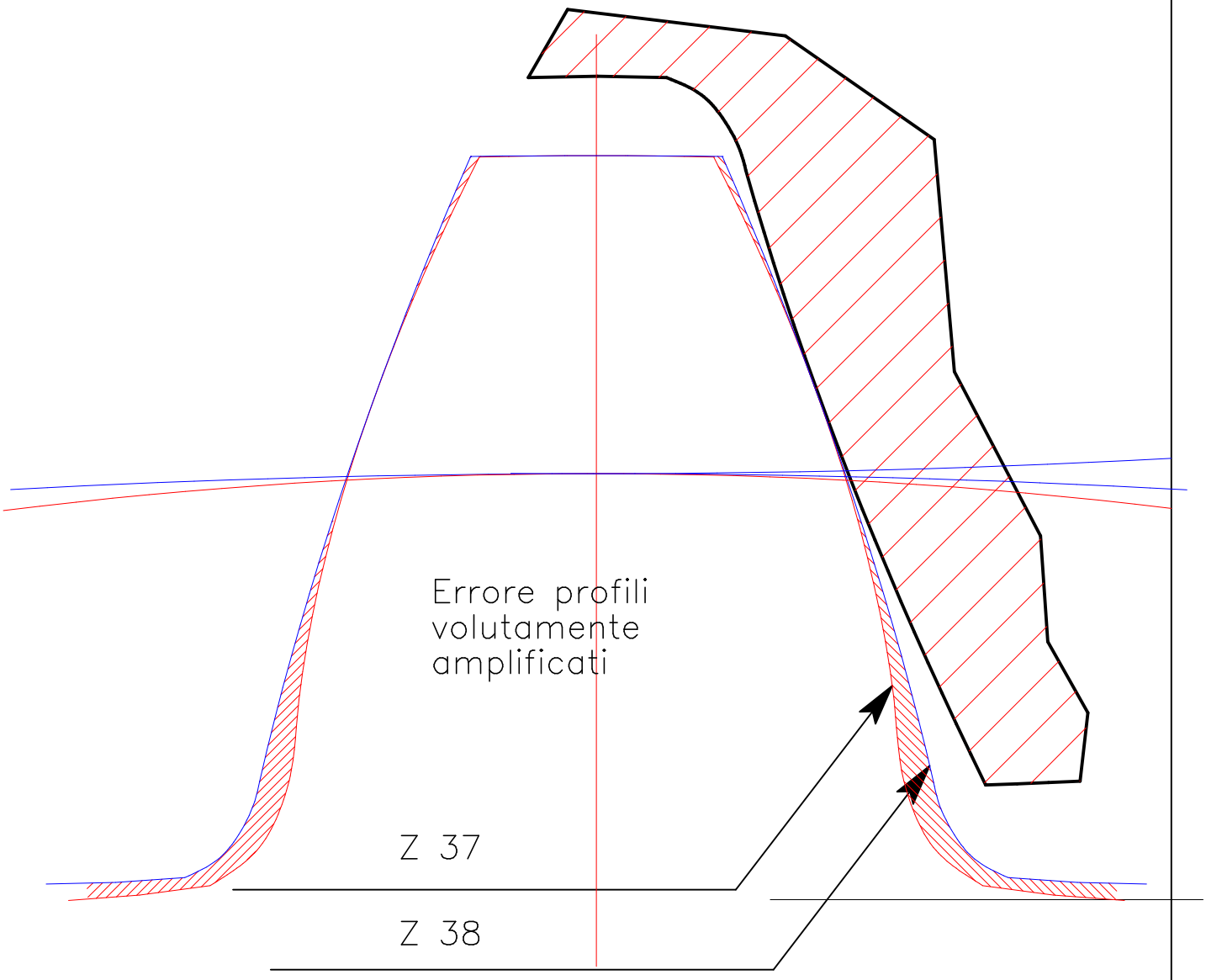


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La formula sottostante darà quasi sempre un risultato frazionario.

$$\text{Ad esempio } Zi = \frac{30}{\cos^{3} 22^{\circ}} = 37.63 \quad \text{(scegliere 37)}$$

Per la determinazione del profilo con utensili di forma, meglio arrotondare il risultato al valore inferiore onde evitare che si crei l'inconveniete in figura sotto, dove l'evolvente con z 38 essendo più piatta del teorico potrebbe presentare un sovrametallo alla controruota con cui ingrana.
Come visto nelle figure precedenti si tratta di valori molto bassi, ma è meglio evitare rischi.

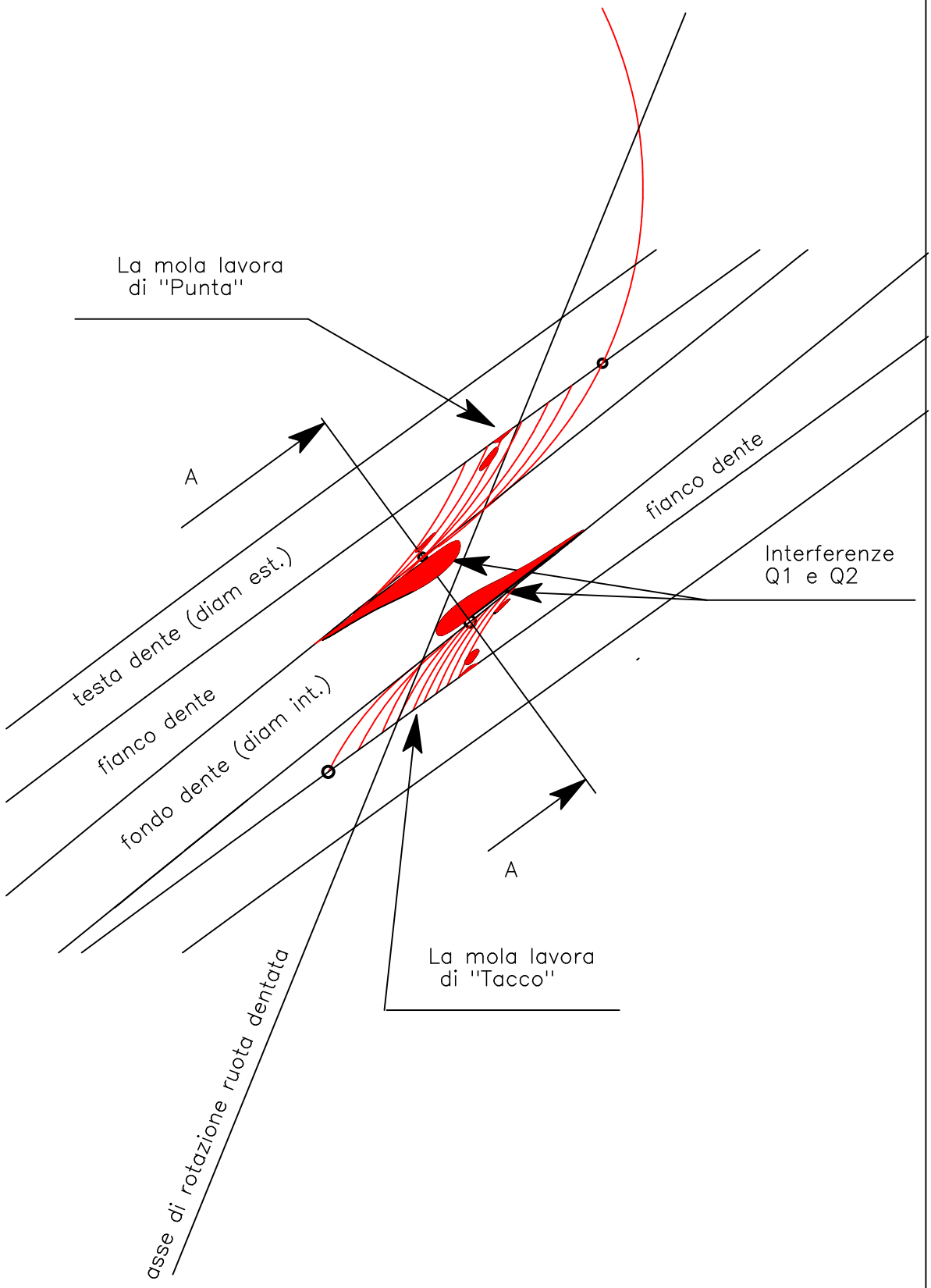


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

In realtà la fresa/ mola di forma di un ingranaggio elicoidale, ha un profilo molto complesso

''Tacco e punta''

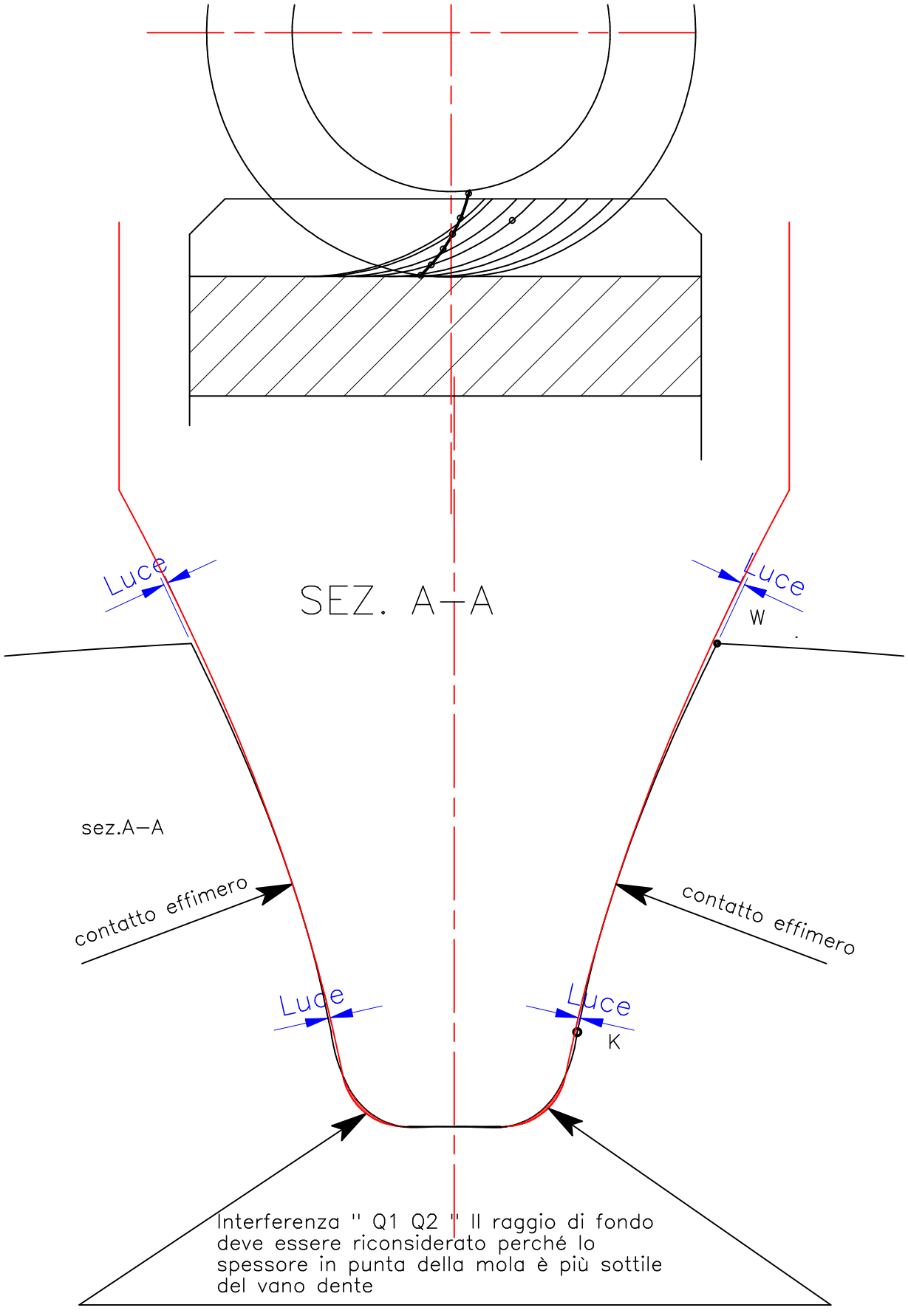
La punta della mola esegue l'evolvente nel punto W quindi non può farlo nel punto K.
La curva della mola non è una evolvente ma una curva derivata.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

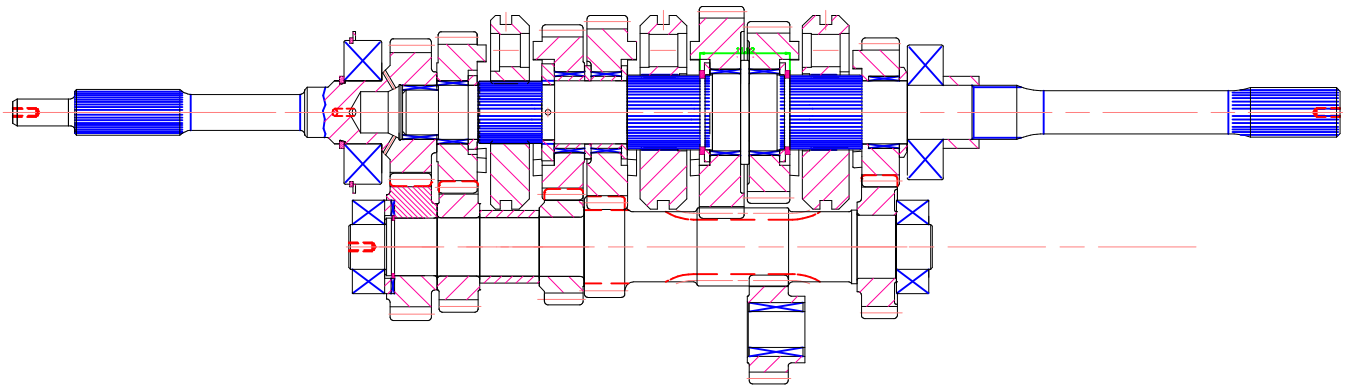
Come da figura, lo spessore della mola in punta sul bassofondo dente è più sottile del vano dente.

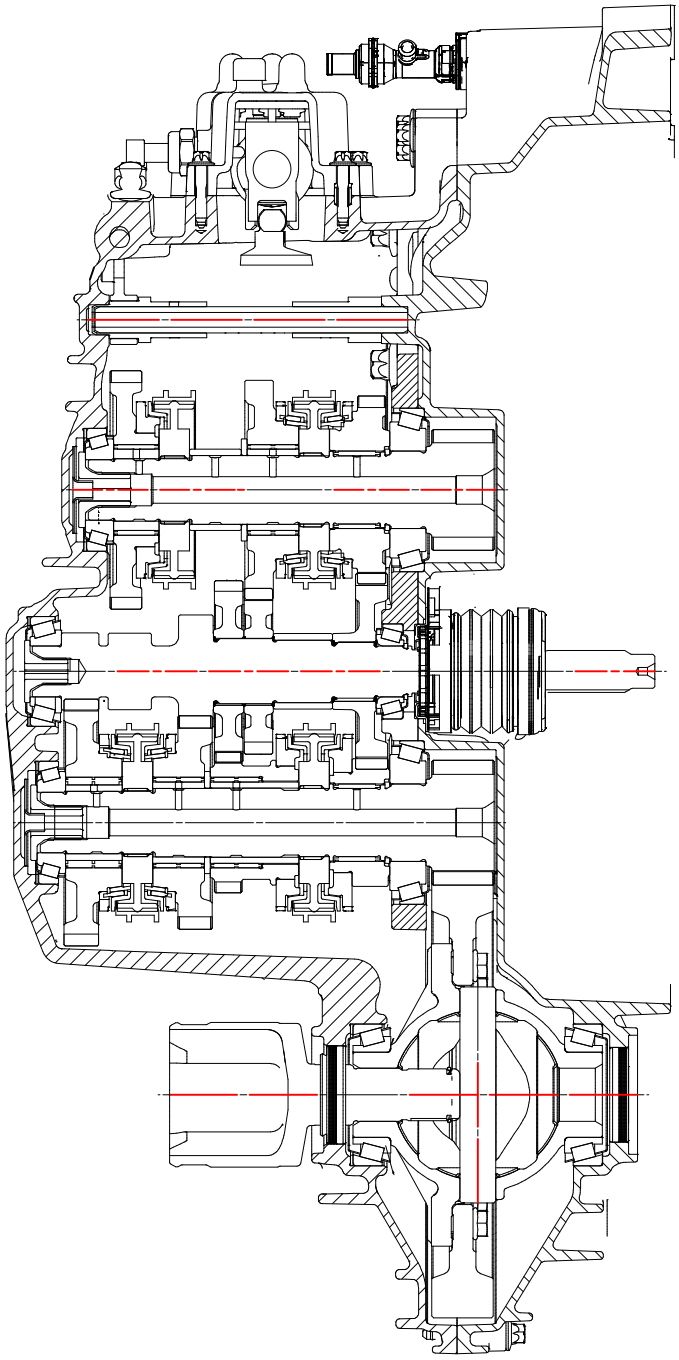
Il contatto è progressivo e giace su una linea detta "Caratteristica"

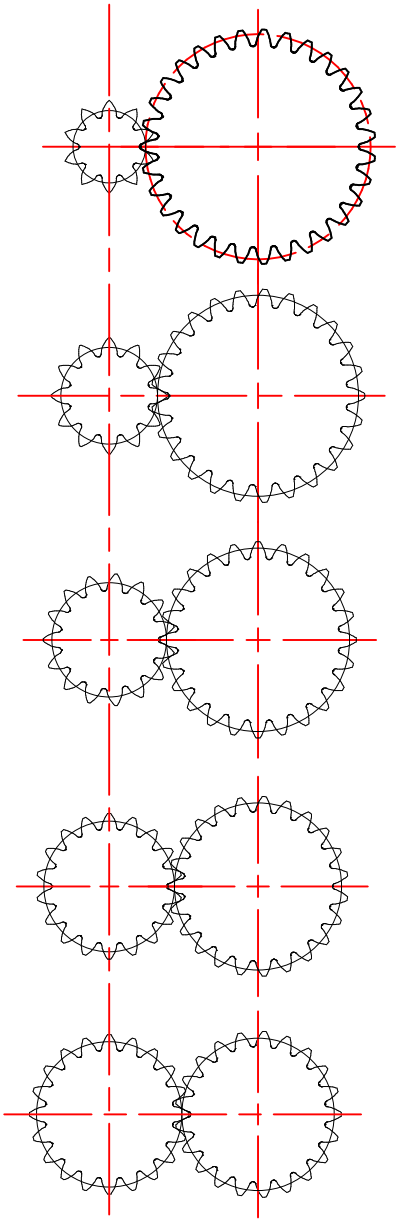


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

INTERASSE FISSO







©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Come già visto nel capitolo 05 "Esame dell'ingranamento"
Dato un interasse fisso ed un rapporto di trasmissione A/B = i,
ci sono solo due circonferenze tangenti che possono soddisfare questa situazione
A/B = R1/R2
A/B va estpresso con l'unita al numeratore , Es. i= 20/30 = 1/1.5

Ovviamente è sufficiente calcolare una sola ruota perchè esiste questa relazione:
R2 = a−R1
R1 = a−R2

$$R1 = a * \frac{A}{(B+1)}$$

e anche :

$$R1 = a * \frac{i}{i+1}$$

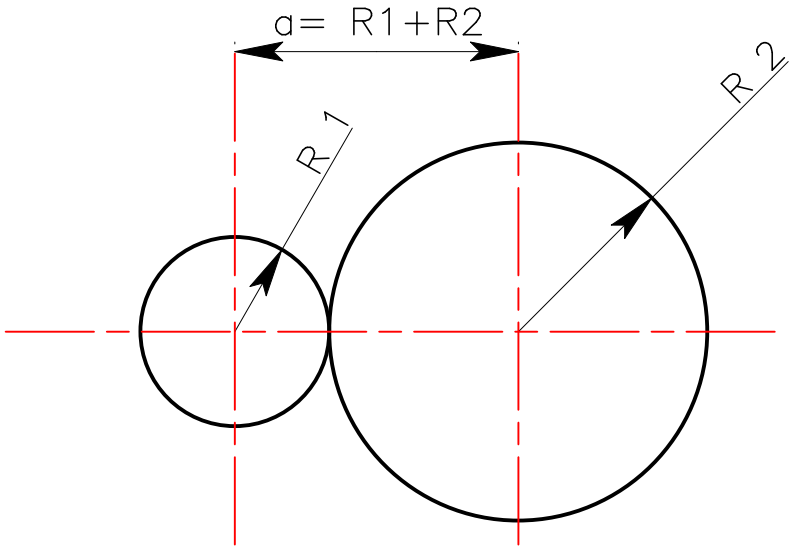
$$R2 = \frac{a}{i+1}$$

2*R1 e 2*R2 sono i diam. di funzionamento Dw1 e Dw2

Sono gli unici cerchi possibili che dato un interasse abbiano quel rapporto di trasmissione voluto.

Ma se esistono due cerchi di funzionamento, esiste anche un MODULO DI FUNZIONAMENTO Che sarà obbligatoriamente

mw = Dw1/Z1 pertanto anche = Dw2/Z2



se invece si conoscono già i numeri di denti delle ruote,
allora si puossono anche calcolare i raggi come segue:

$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{R1}{R2}$$

$$R1 = a/(Z1+Z2) * Z1$$

$$R2 = a/(Z1+Z2) * Z2$$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

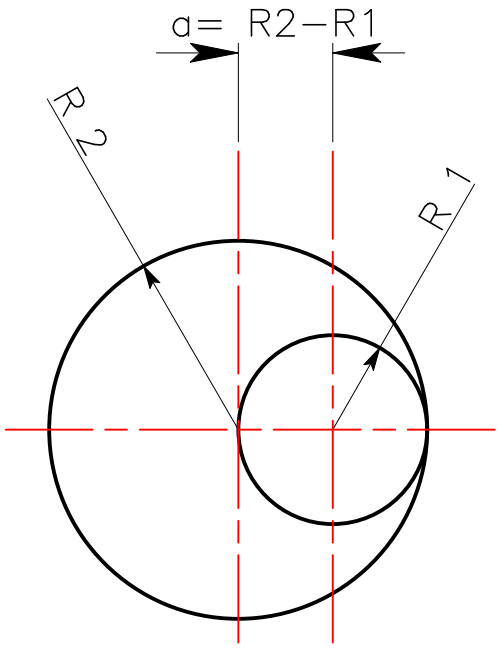
Per le dentature ionterne

$$R1 = a * \frac{A}{(B-1)}$$

$$R2 = \frac{a}{(i-1)}$$

$$R2 = a + *R1$$

Es.
mn = z1= 20 Z2 = 50
i= 20/50 = 0.4
a=45
A=1
B=2.5
1/2.5=0.4



$$R1 = 45 * \frac{1}{(2.5-1)} = 30$$

$$R2 = \frac{45}{(0.4-1)} = -75$$

se invece si conoscono già i numeri di denti delle ruote, allora si puossono anche calcolare i raggi come segue:

$$\frac{Z1}{Z2} = \frac{R1}{R2}$$

R1= a/(Z2−Z1)* Z1 es. 45/(50−20)*20= 30

R2= a/(Z2−Z1)* Z2 es. 45/(50−20)*50= 75

oppure:

R1= a/(Z2/Z1−1) es. 45/ (50/20−1)= 30
R2= a/(Z1/Z2−1) es 45/ (20/50−1)= −75

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Esempio

Rapporto i= 1/2 =0.5

Interasse a disponibile =140

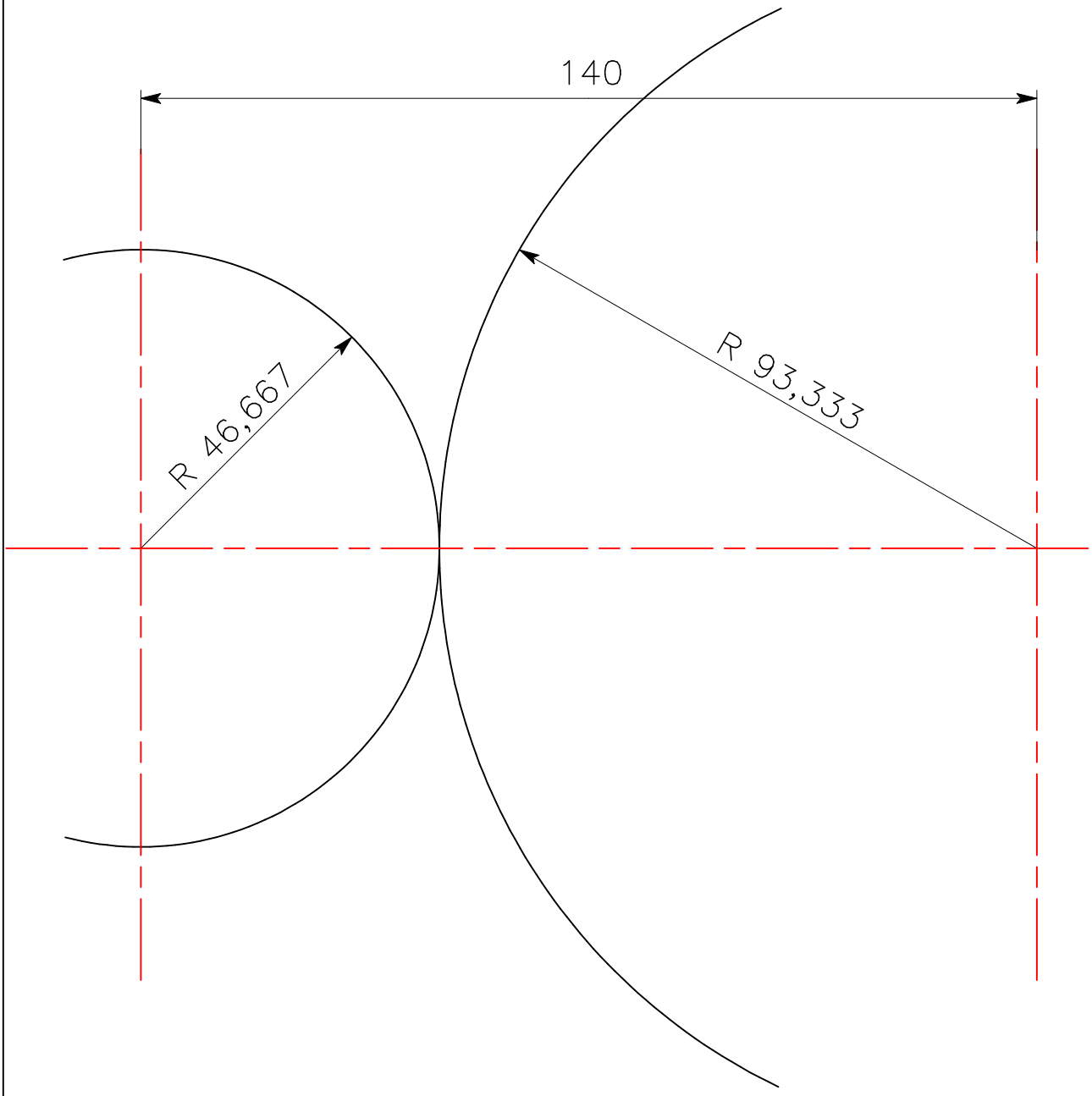
Si vorrebbe utilizzare una coppia con:
Z1 =15 (A =1) Z2) =30 (B = 2) i=1/2=0.5

$$R1 = a*\frac{A}{(B+1)} = 140 * 1 / (2+1) = 46.6666 \quad R2 = 140 - 46.6666 = 93.3333$$

Dp1= 46.6666*2=93.3333 Dp2= 93.3333*2=186.6666

Modulo di funzionamento mw = Dp1/Z1 = 93.333/15= 6.2222

(Uguale anche a Dp2/Z2 =186.6666/30 = 6.2222



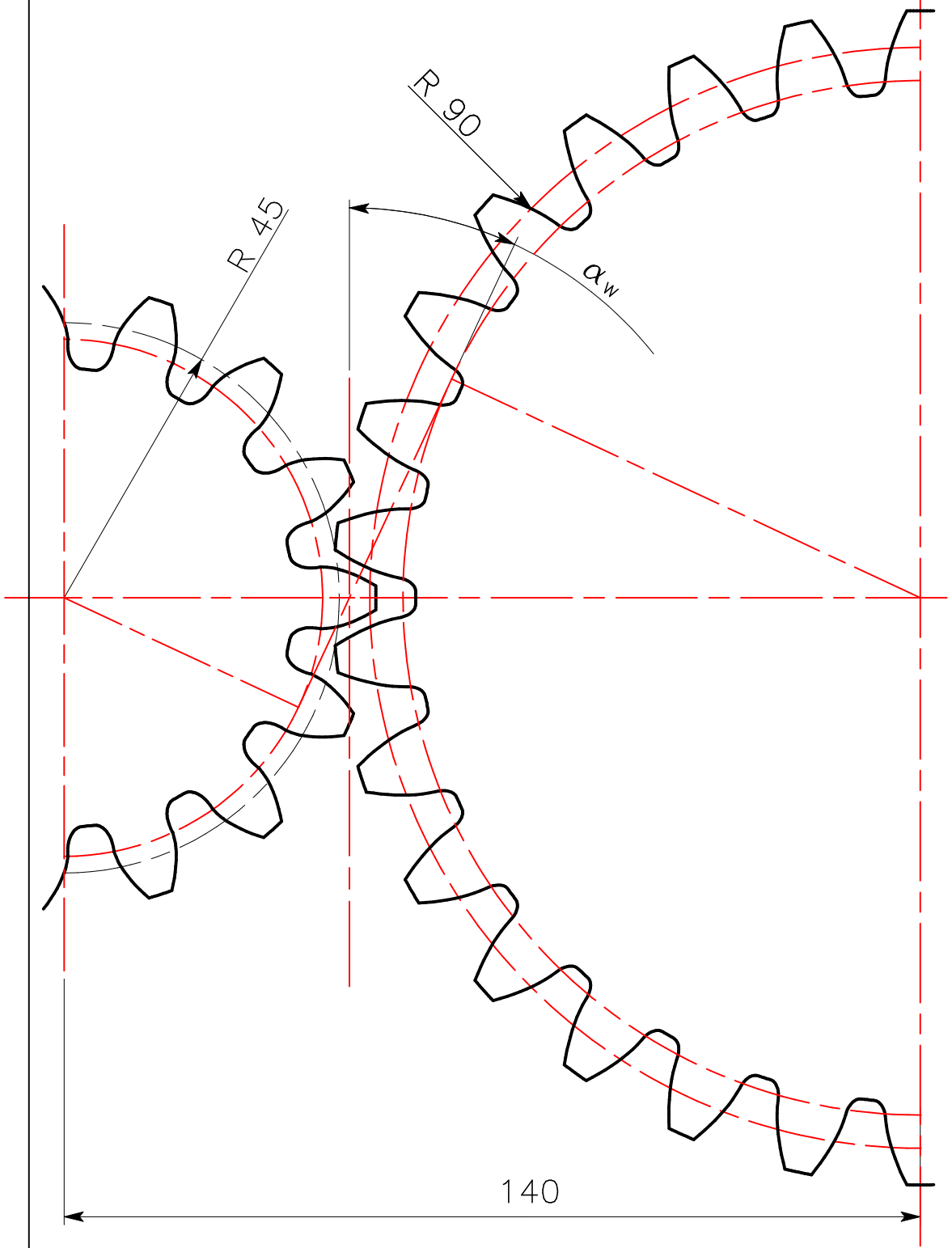
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

A questo punto si seglie un modulo normale mn (unificato) minore del modulo di funzionamento mw

Scegliamo mn =6

Dp1 = 15*6 = 90
Dp2 = 30*6 = 180
I due ingranaggi non ingranano, hanno una luce tra i denti perché il loro interasse normale doveva essere (90+180)/2 = 135

αw è l'angolo di pressione di funzionamento tangente ai cerchi di base.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Per portare i denti acontatto ci sono alcune alternative

Correzione delle dentature ENTRO I LIMITI CONSENTITI

1) Correggere il pignone con uno spostamento xm positivo
(Non si ottiene l'equibratura dell strisciamento, la coppia non è ottimizzata)

2) Correggere la corona con uno spostamento xm positivo
(Non si ottiene l'equibratura dell strisciamento, la coppia non è ottimizzata)

3) correggere entrambi gli ingranaggi con uno spostamento xm positivo
(Si ottiene l'equibratura dello strisciamento e del fattore di forma a flessione di Lewis)

In questo caso, vista la complessità, vedere la sezione " Dentature recorrette"

L'altra alternativa è di eseguire una dentatura elicoidale, dove semplicemente cos $_b$

è uguale a $\frac{mn}{mw} = \frac{6}{6.2222} = 0.9643$ $\beta = 15.3581°$

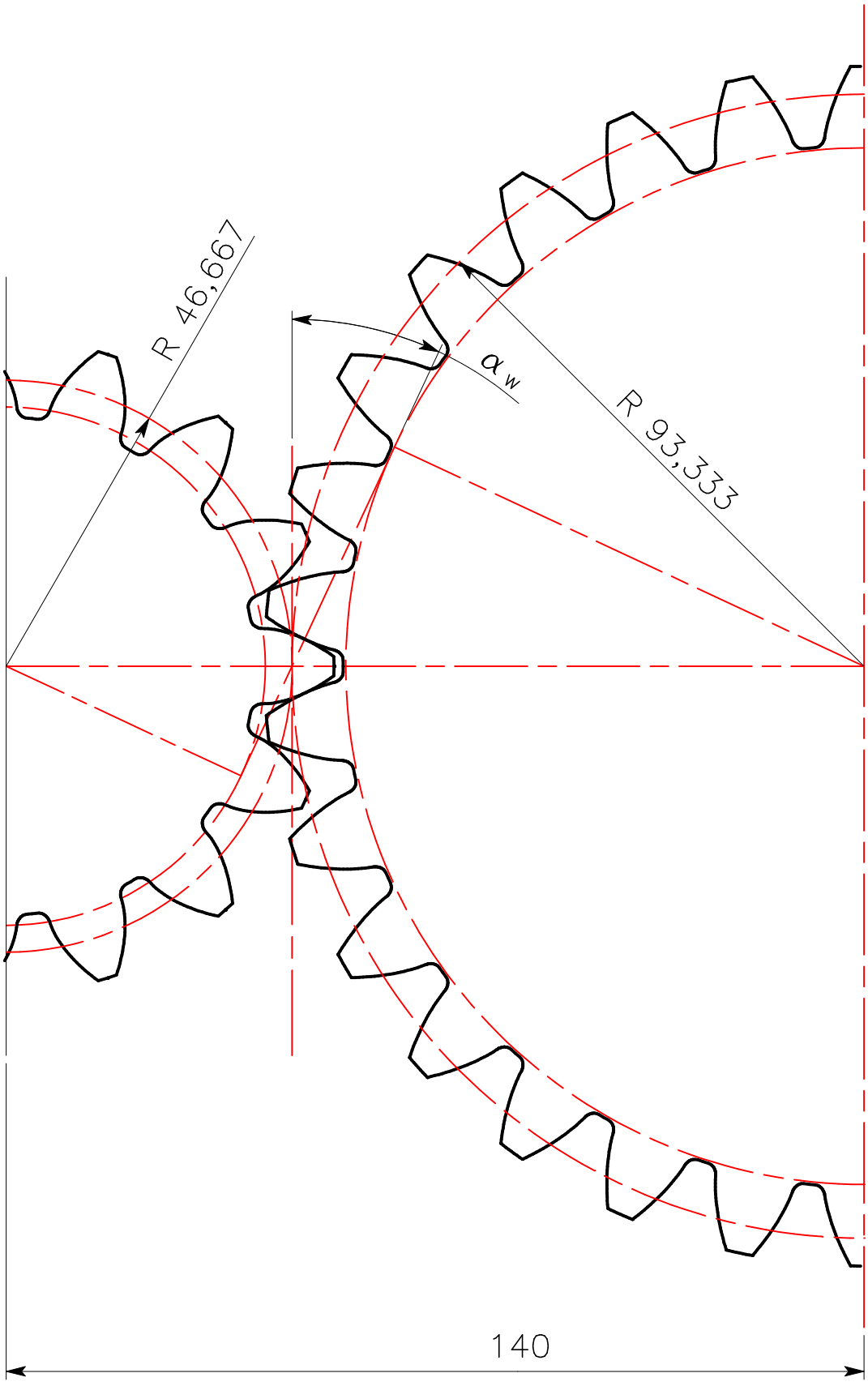
Avremo così ottenuto un modulo circonferenziale mt = al modulo di funzionamento mw

mt= mn/ cos $\beta = 6/0.9643 = 6.2222$

La coppia si può eseguire con questi parametri ma teniamo conto che è una coppia normale e funzionante, ma non ancora ottimizzata.
La scelta di ottimizzare la coppia è una scenlta che riguarda tutte le coppie e non questa in particolare.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La coppia di prima, adenti diritti, con correzione di entrambe le ruote ed equilibratura dello strisciamento.
Rapporto di condotta 1.2886 (accettabile)



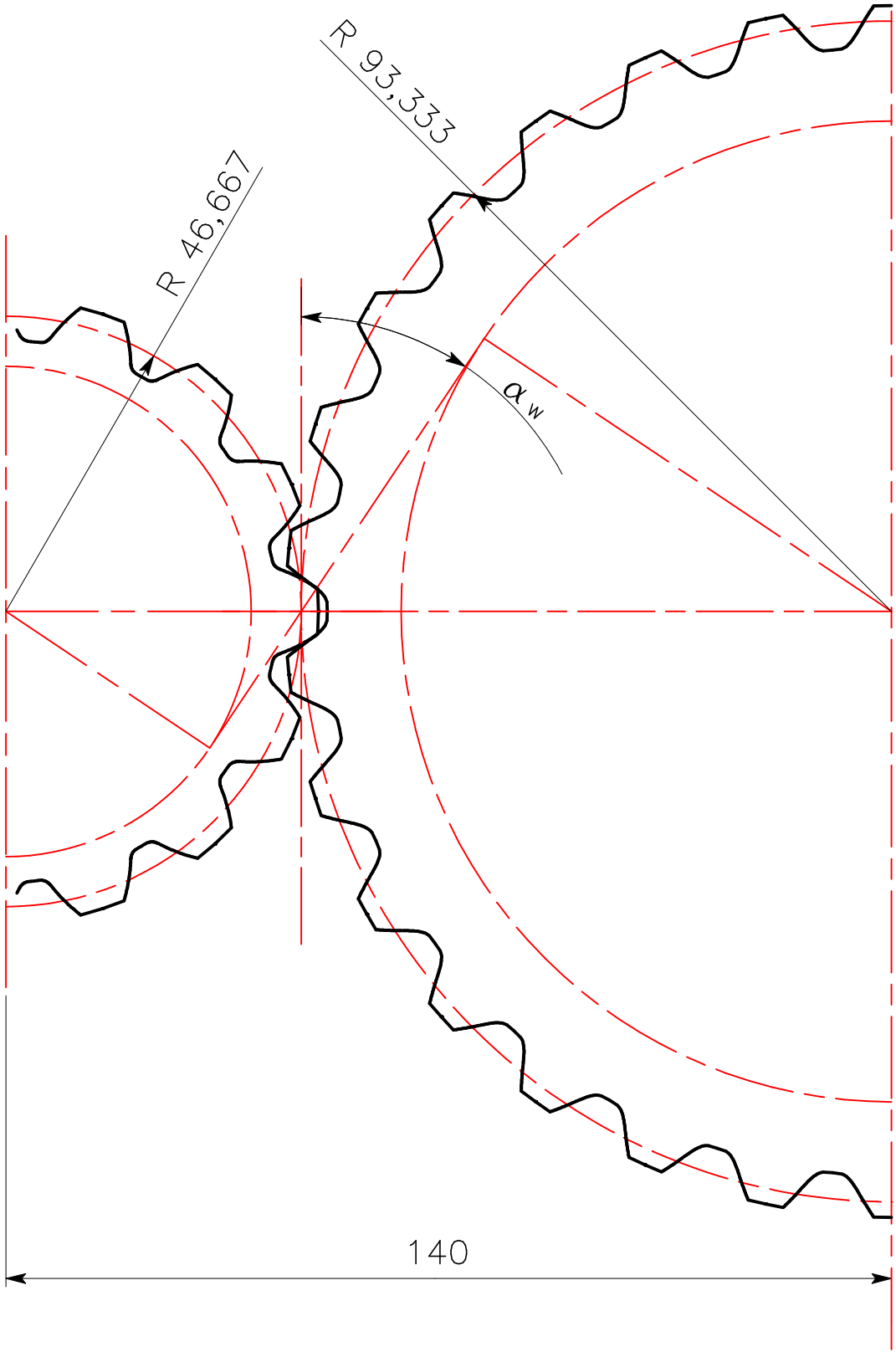
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dati Finali :		
Modulo normale	6	
Modulo normale base	5,6382	
Modulo normale di funzionamento	6,2222	
Angolo di pressione utensile	20°	
Angolo di pressione di funzionamento	25,0238°	α_W
Rapporto di condotta	1,2886	
Interasse di funzionamento e di montaggio	140	
Somma delle correzioni	5,6235	
Gioco impostato	0	

	PIGNONE	CORONA
N° denti	15	30
Correzione sul raggio primitivo Xm	3,12	2,5035
Diametro esterno con denti a punta	110,9117	202,8969
Diametro esterno	106,993	195,76
Diametro primitivo di funzionamento	93,3333	186,6667
Diametro primitivo corretto	96,241	85,007
Diametro primitivo	90	180
Diametro di base	84,5723	169,1447
Diametro interno	81,24	170,007
Diametro utile di contatto	86,8795	177,2246
Diametro di inizio evolvente utile	85,2771	173,3864
Dati di misurazione :		
Addendum	8,4965	7,88
Dedendum	4,38	4,9965
N° denti in misurazione	3	4
Misura Wildhaber	47,6767	66,2283
Quota rulli	107,1057	197,3504
Diametro rullo	10	10
Strisciamento di accesso	1,7018	3,0106
Strisciamento di recesso	−3,0106	−1,7018
Strisciamento totale	4,7124	4,7124
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−1,4775	0,5964
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,5964	−1,4776

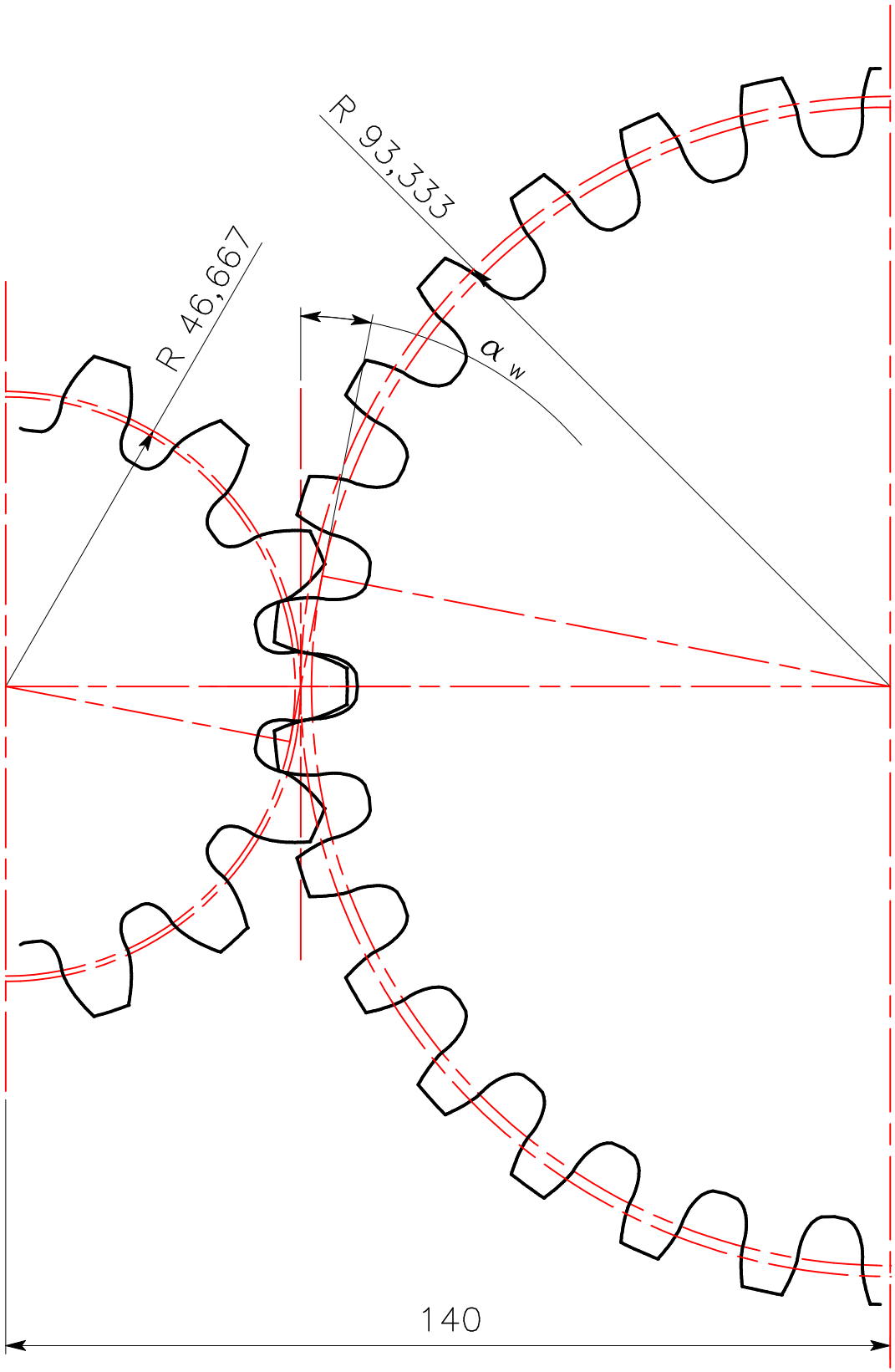
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se avessimo scelto un modulo normale mn = 5.5
le correzioni per arrivare all'interasse 140 sarebbero state esagerate ed inaccettabili perché il rapporto di condotta sarebbe sceso a 0.55



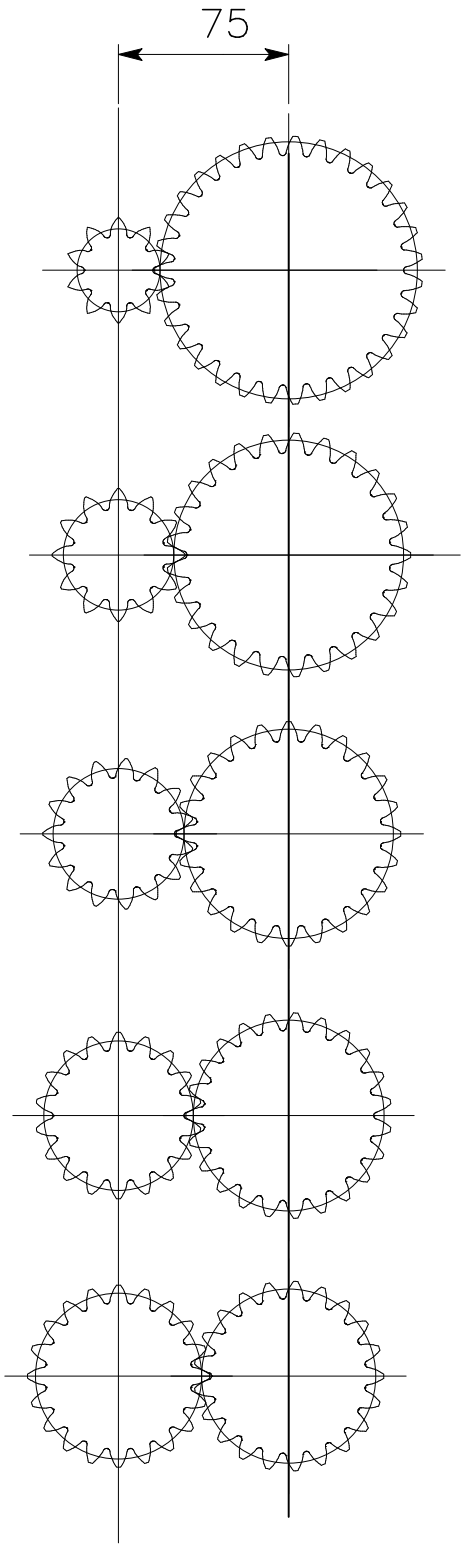
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se avessimo scelto un modulo normale mn = 6.5
le correzioni per arrivare all'interasse 140 sarebbero state negative, esagerate ed inaccettabili.
Il rapporto di condotta sarebbe sceso ad un valore minore di 1
e lo strisciamento specifico non calcolabile.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Per realizzare un interasse fisso é molto più facile e versatile costruendo una coppia a denti elicoidali.
Cambiano l'angolo dell'elica si raggiunge l'interasse in modo che Mt sia = mw
A questo punto si possono usare le correzioni senza variazione d'interasse (o piccole variazioni , in modo da equilibrare lo sctrisciamento.
E' il caso tipico che riscontriamo nei cambi di velocità delle automobili, dove tra albero primario e secondario abbiamo un interasse fisso per tutte le marce.



1° marcia Z 10/Z 31

2° marcia Z 12/Z 25

3° marcia Z 15/Z 24

4° marcia Z 18/Z 23

5° marcia Z 20/Z 21

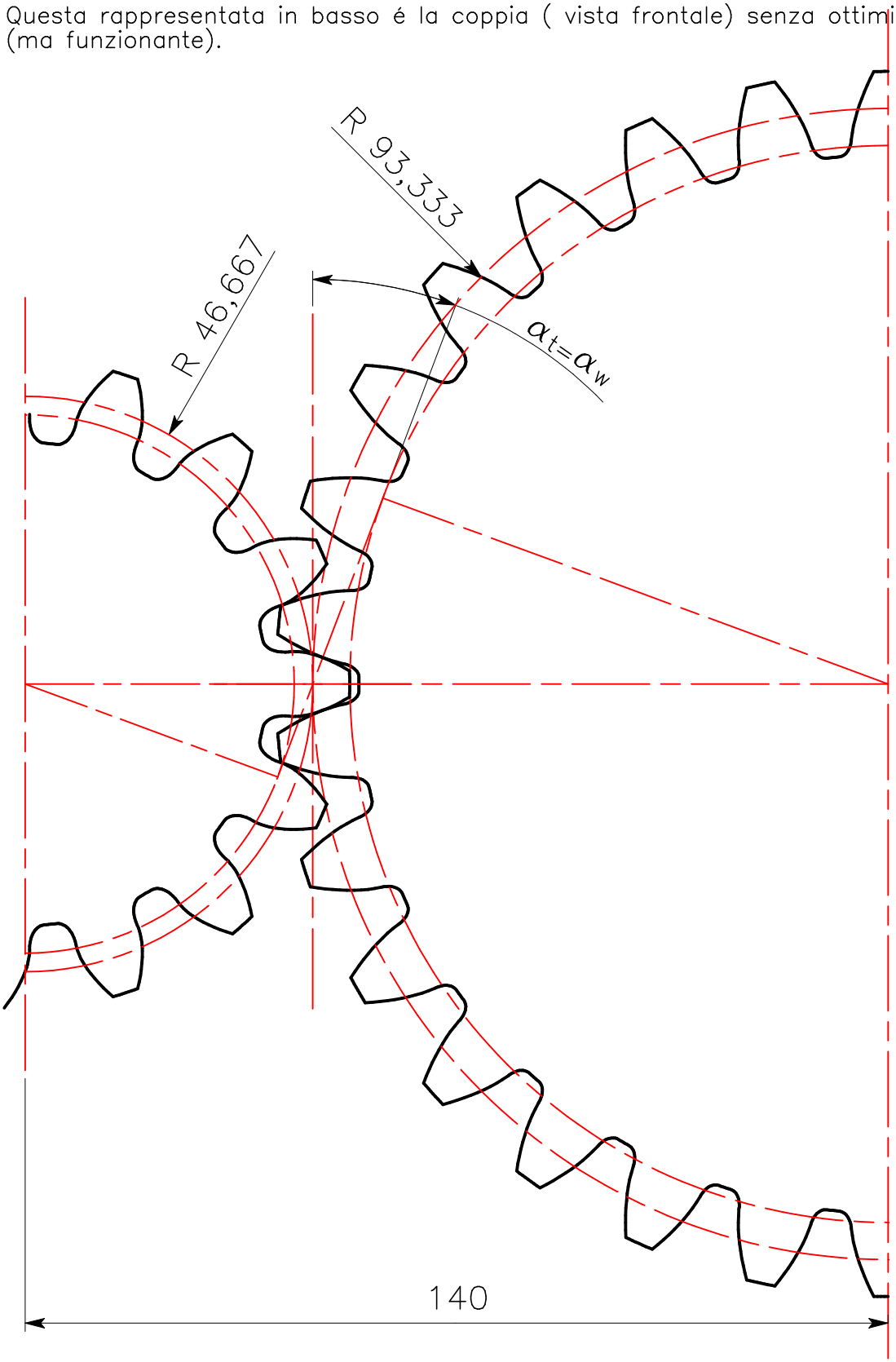
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Riprendiamo il nostro esempio e realizziamo una coppia elicoidale.

$$\frac{mn}{mw} = \frac{6}{6.2222} = 0.9643 \quad \beta = 15.3581°$$

Z1 = 15 Z2 = 30

Questa rappresentata in basso é la coppia (vista frontale) senza ottimizzazioni (ma funzionante).

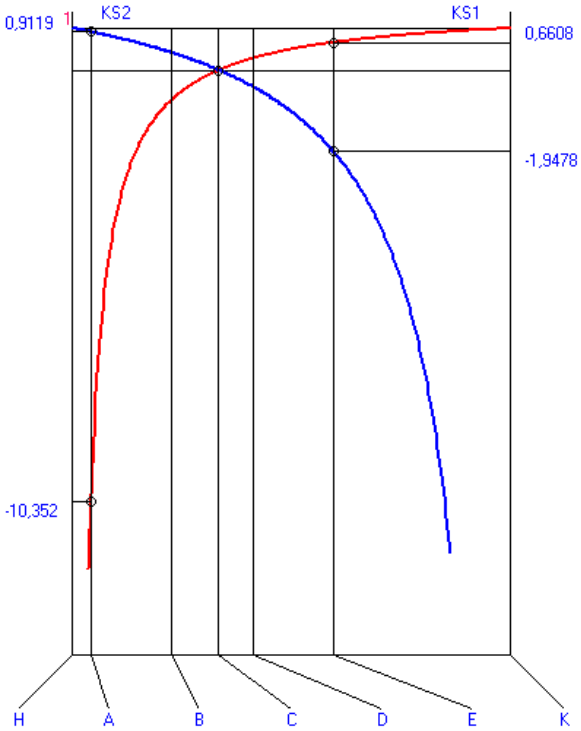


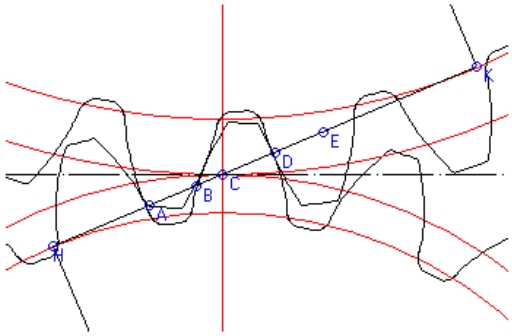
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dati Finali z15/30:

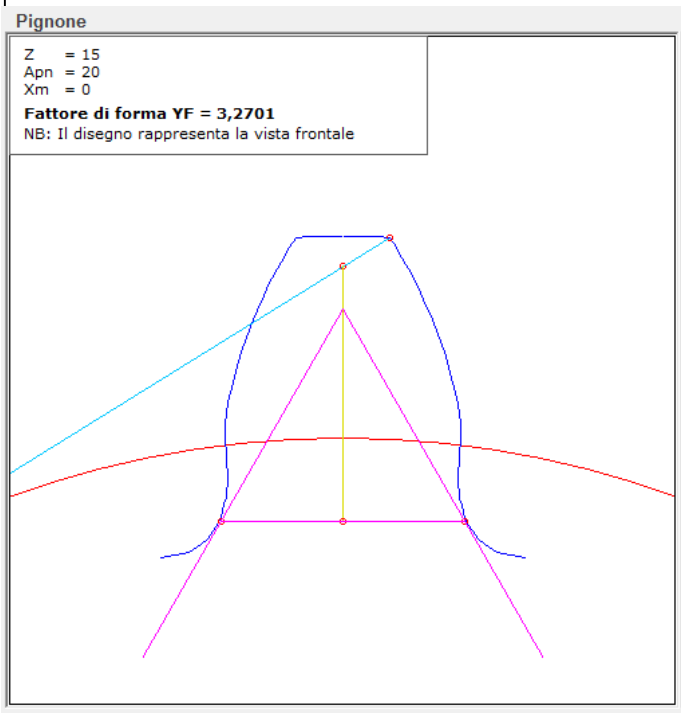
Modulo normale	6
Modulo normale base	5,6382
Modulo circonferenziale	6,2222
Modulo circonferenziale di base	5,8213
Modulo circonferenziale di funzionamento	6,2222
Angolo di pressione utensile	20°
Angolo di pressione di funzionamento	20,679°
Angolo di pressione circonferenziale	20,679
Angolo elica sul diametro primitivo	15,3589°
Rapporto di condotta	1,4965
Interasse di funzionamento e di montaggio	140
Somma delle correzioni	0

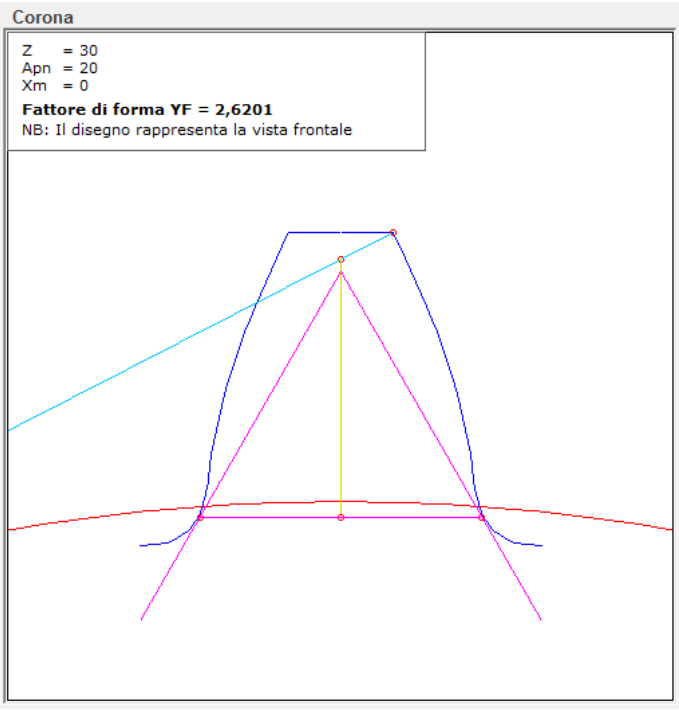
Lo strisciamento specifico non è equilibrato





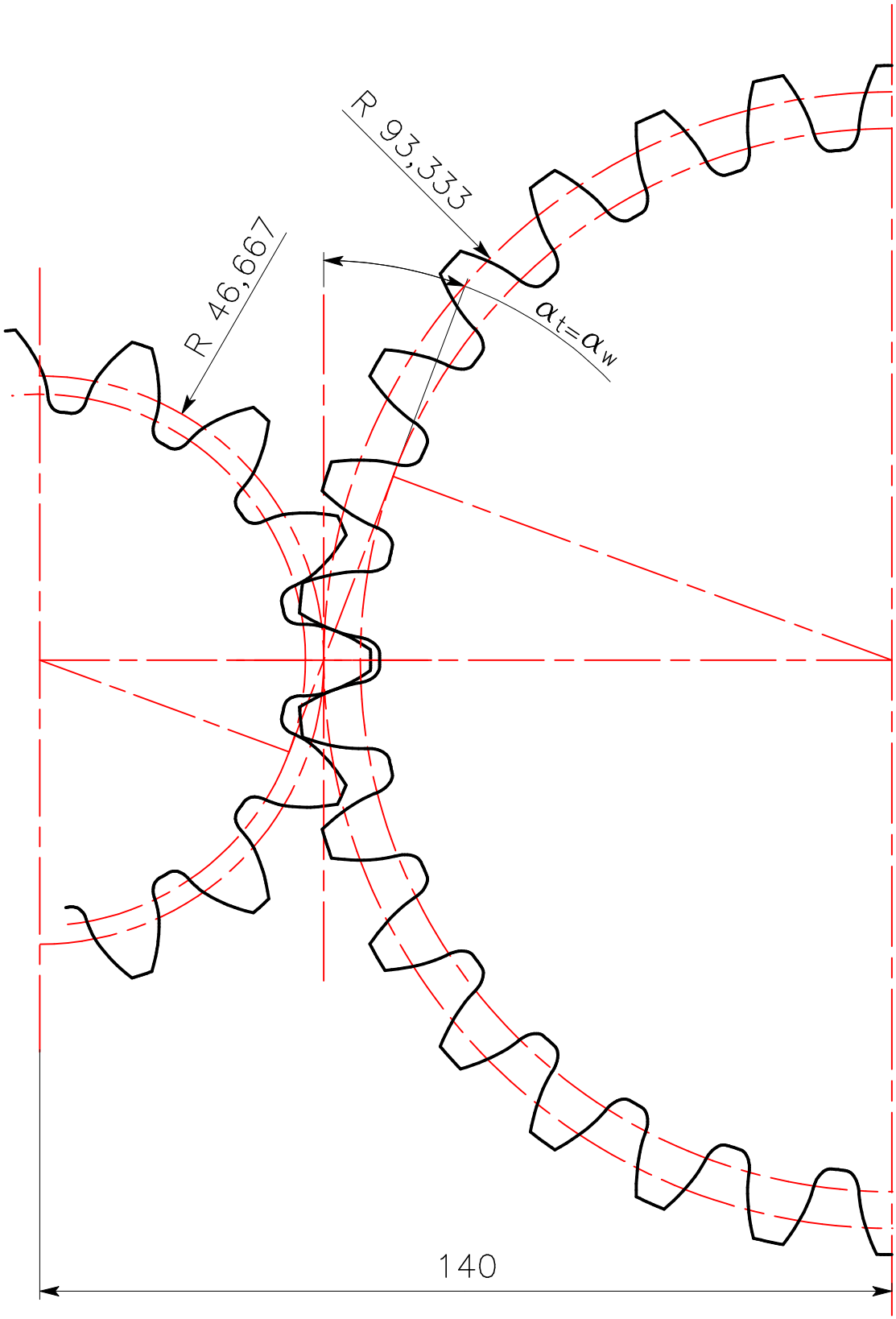
Il fattore di forma di Lewis non è ottimizzato





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Ottimizzazione della coppia tramite equilibratura strisciamento.
Questa operazione crea una correzione positiva sul pignone e negativa nella corona senza modificare l'interasse.

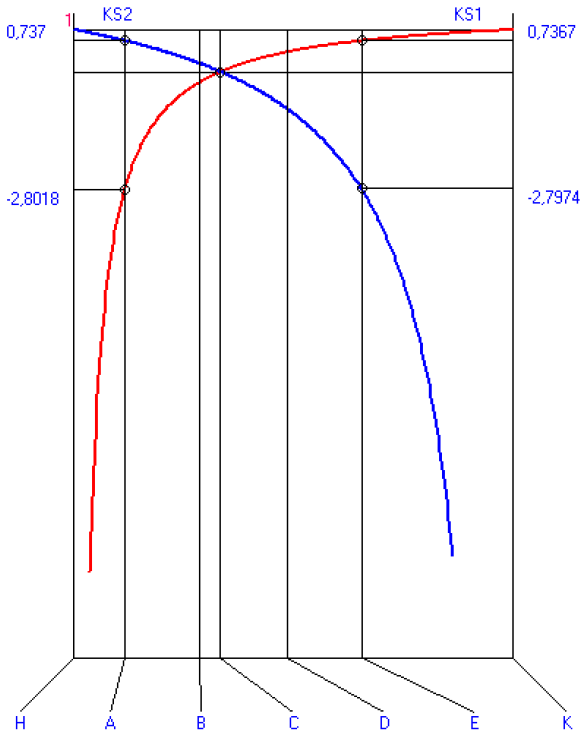


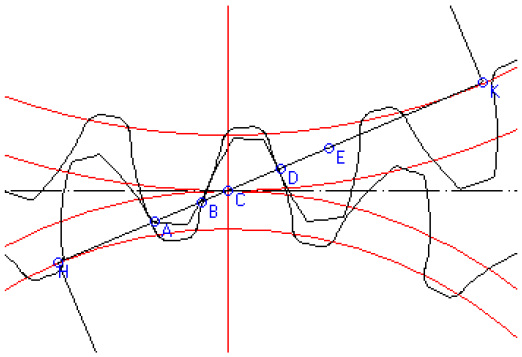
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dati Finali z15/30:

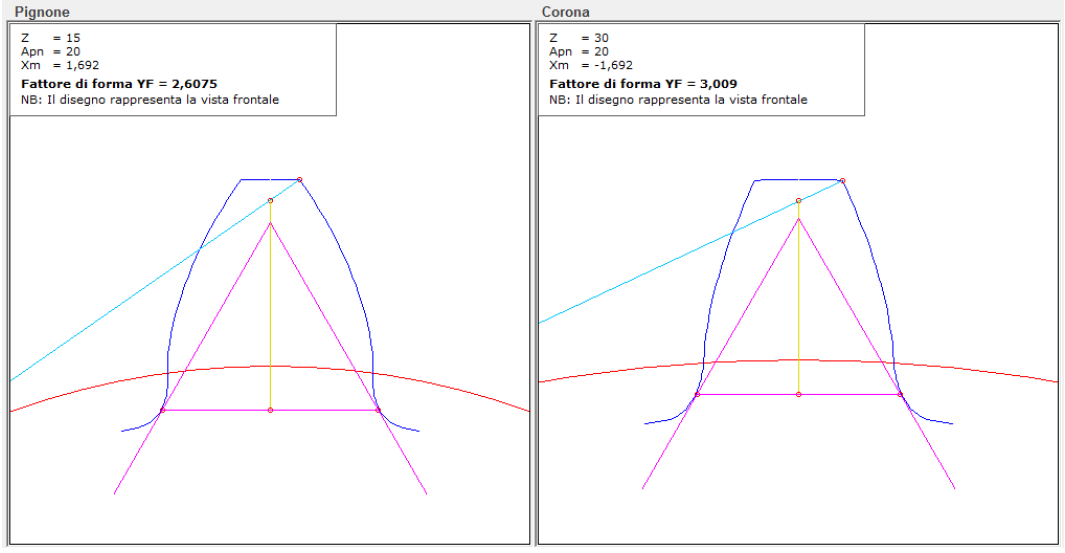
Modulo normale	6	
Modulo normale base	5,6382	
Modulo circonferenziale	6,2222	
Modulo circonferenziale di base	5,8213	
Modulo circonferenziale di funzionamento	6,2222	
Angolo di pressione utensile	20°	
Angolo di pressione di funzionamento	20,679°	
Angolo di pressione circonferenziale	20,679°	
Angolo elica sul diametro primitivo	15,3589°	
Rapporto di condotta	1,4565	
Interasse di funzionamento e di montaggio	140	
Somma delle correzioni	0	
	PIGNONE	CORONA
Correzione sul raggio primitivo Xm	+1,692	−1,692

Lo strisciamento specifico è equilibrato





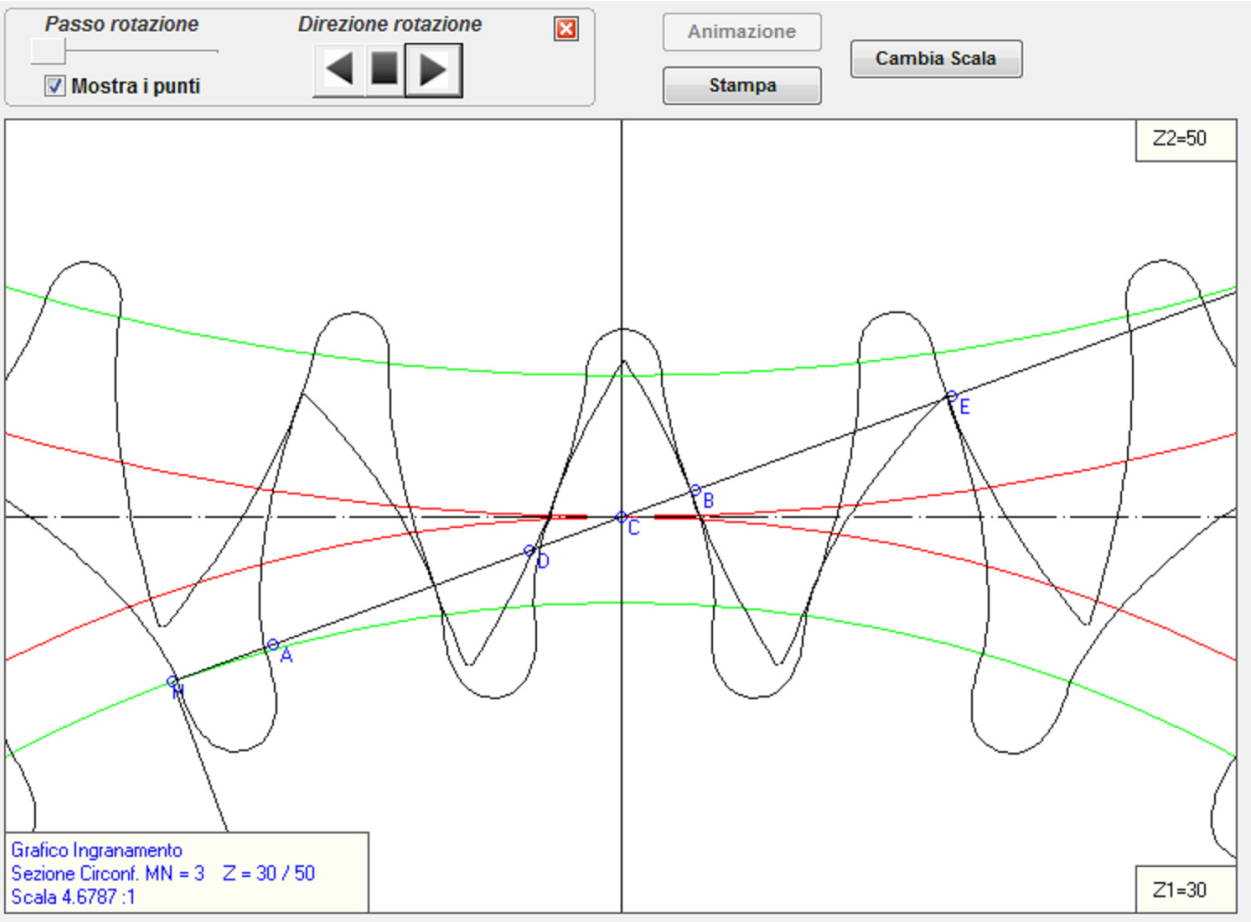
Il fattore di forma di Lewis è ottimizzato



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

RAPPORTO DI CONDOTTA

O rapporto di ricoprimento frontale



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

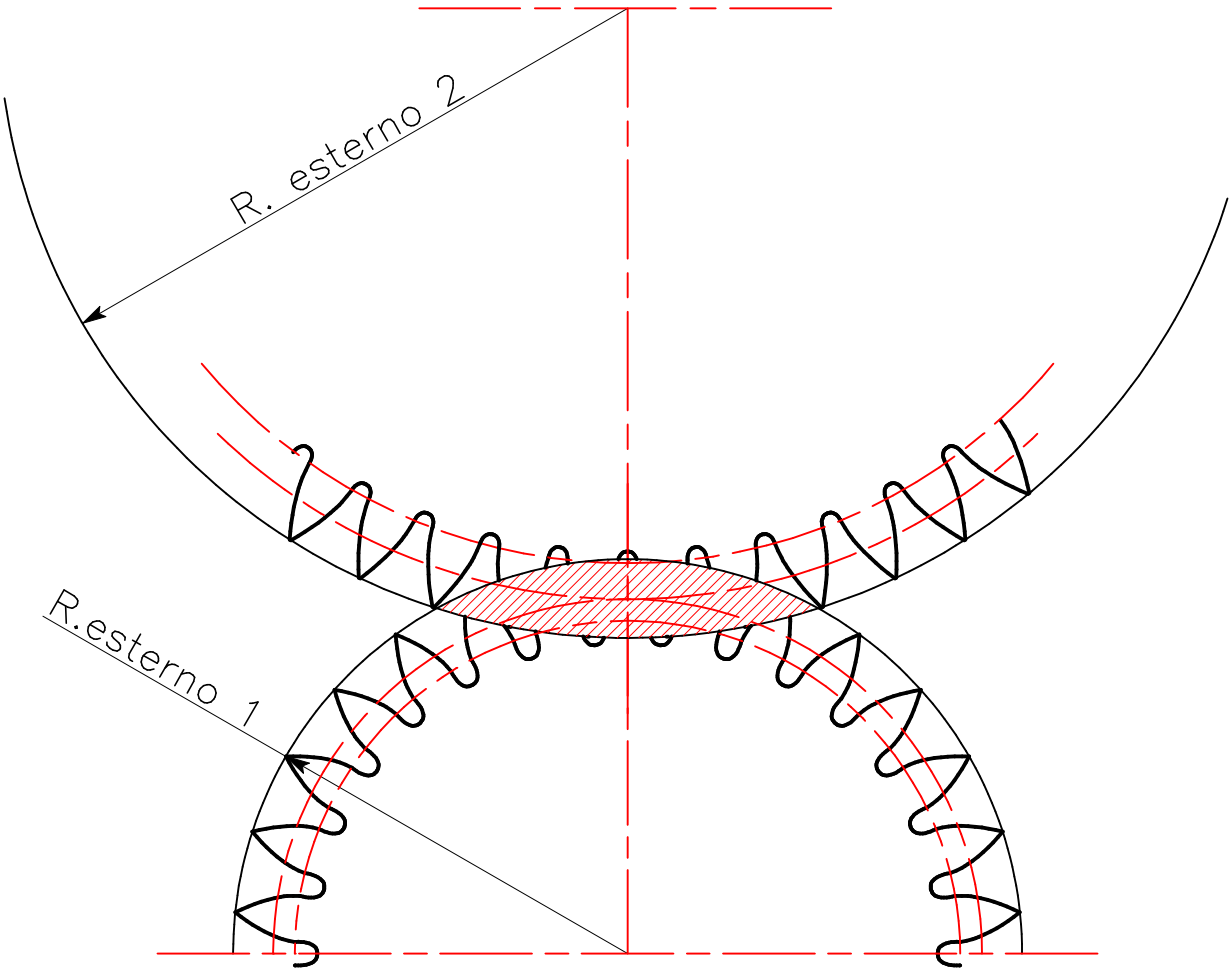
In linea di massima si tratta di verificare quanti denti si trovano in presa nel settore indicato nella zona tratteggiata

Dw Diametro di funzionamento (può coincidere con il diamtro primitivo DP)

Db Diametro di base

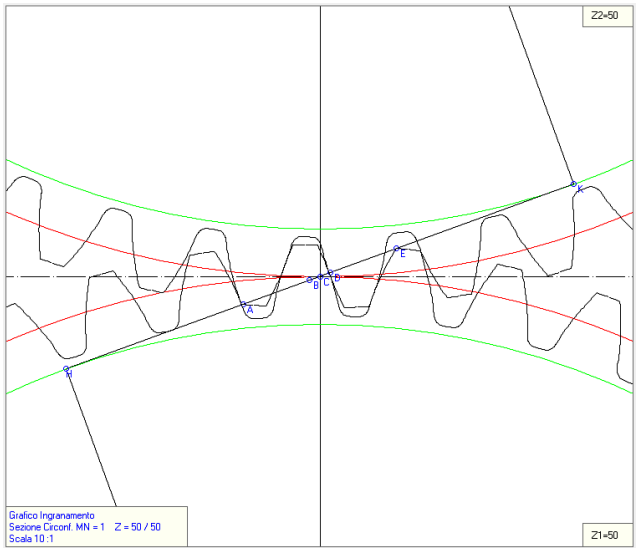
De Diametro esterno

αw Angolo di pressione di funzionamento

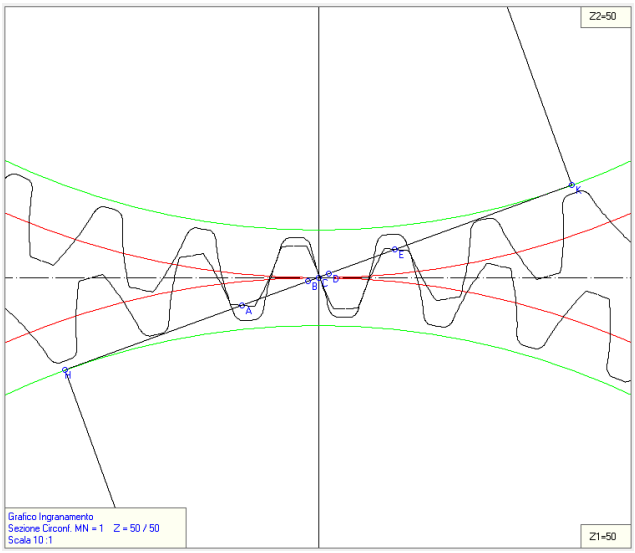


©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

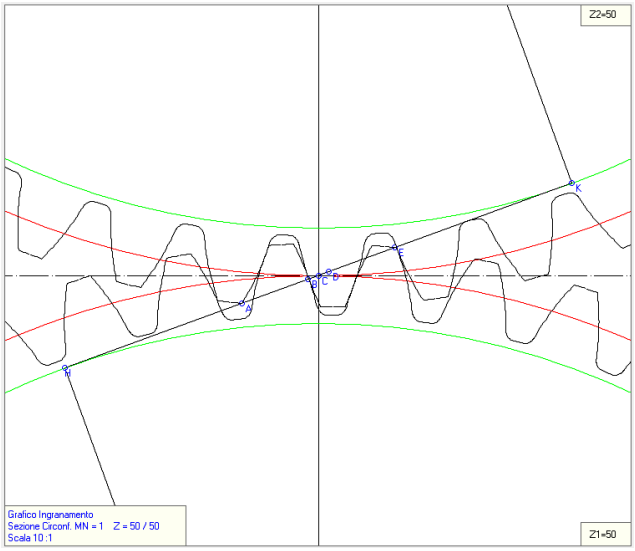
Contatto sui punti
A e D
2 denti in presa



Contatto sul punto
C
1 dente in presa



Contatto sui punti
B e E



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

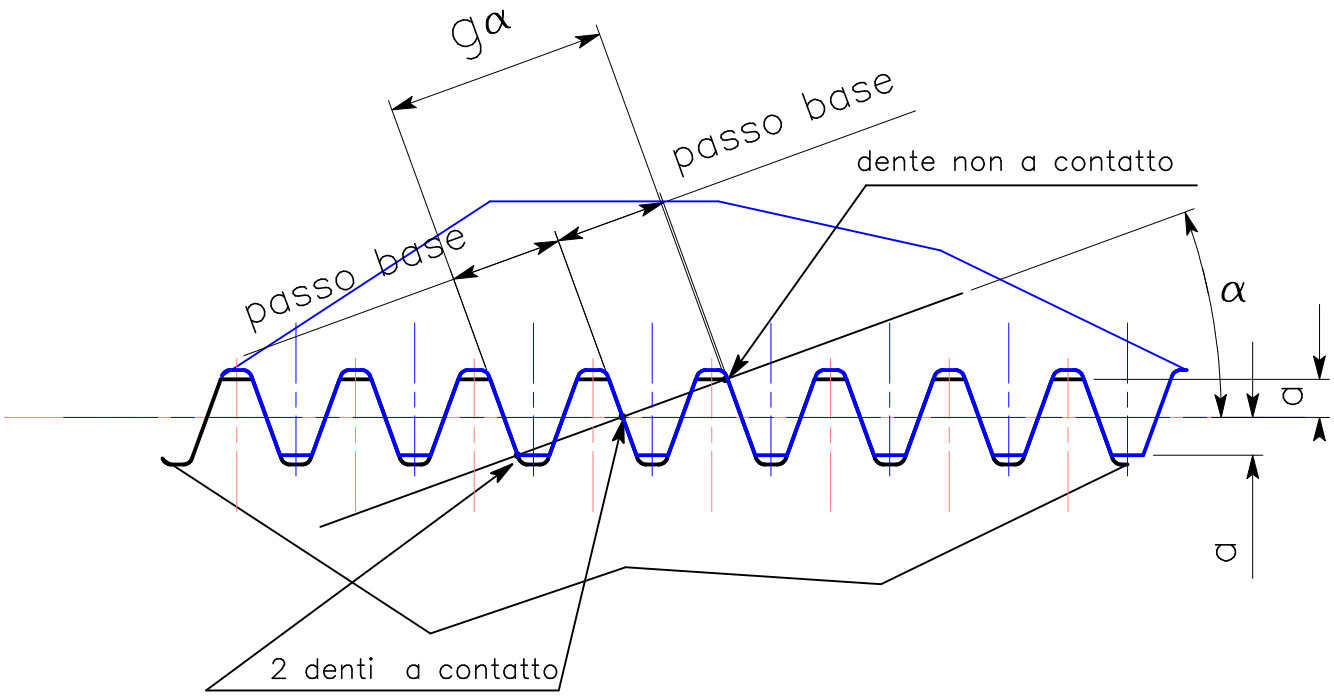
Vediamo subito quanti possono essere al massimo i denti in presa.
Se prendiamo due ingranaggi con n° di denti che tendono ad infinito, abbiamo il seguente risultato.
Norma DIN 3960:
mn =1

α = 20°

a=1

Pn= π

Pb = Pn *cosα = 2.9521



ga max = 2*a/sin α = 5.8476

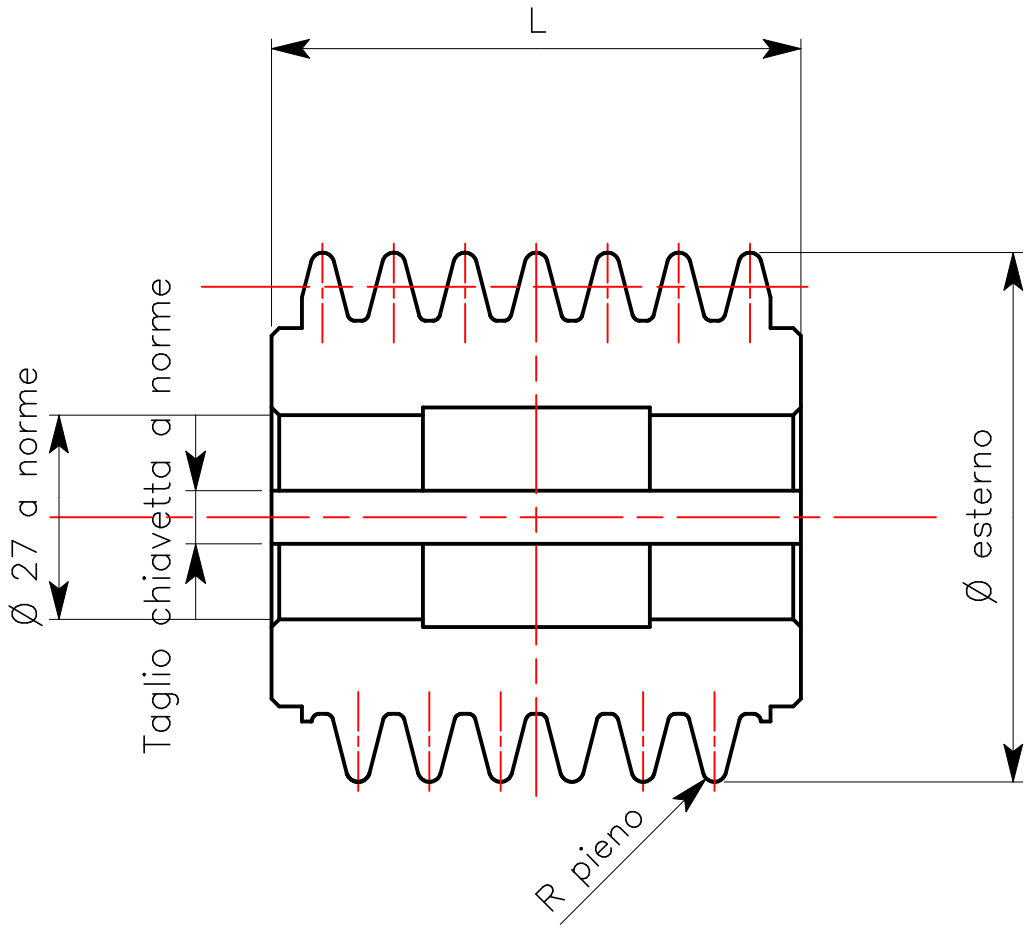
$\varepsilon\alpha$ = gα/Pb = 5.8476/2.9521 = 1.9808
(min 1 dente in presa max 2 denti in presa)
Per altri angoli di pressione:

		Denti in presa	
α	$\varepsilon\alpha$ max	min	max
14.5°	2.6626	2	3
15°	2.5465	2	3
20°	1.9808	1	2
22.5°	1.8006	1	2
30°	1.4702	1	2
45°	1.2732	1	2
x°	<1	0	1

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Alzando l'addendum a ed abbassando l'angolo di pressione aumenta ε_a
Qui sotto: esempio di creatori realizzati per industria automobilistica da gara, che hanno dato ottimi risultati.

Alto addendum
Basso angolo di pressione
Raggio pieno a fondo dente

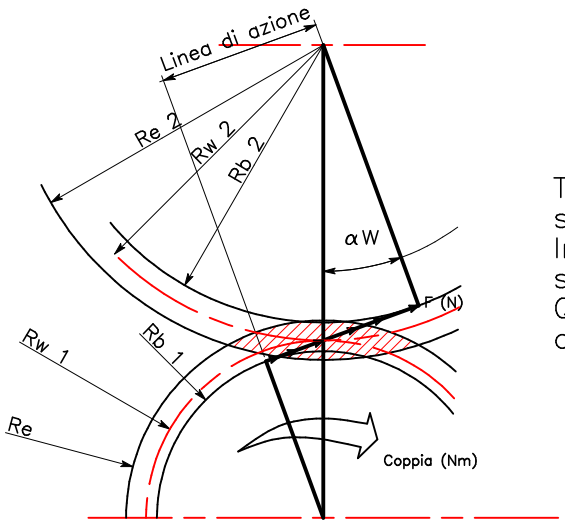


CREATORE TIPO:	"A"	"B"	"C"	"D"
MODULO	3	3.25	3.5	3.75
PASSO	9.42478	10.21018	0.9955	11.78097
SPESSORE DENTE	4.71239	5.10509	5.4978	5.8905
SPESSORE VANO	4.71239	5.10509	5.4978	5.8905
ADDENDUM CREATORE	5	5.5	6	7
DEDENDUM CREATORE	5	5.5	6	7
ANGOLO DI PRESSIONE	14°30'	14°30'	14°30'	14°30'
RAGGIO PIENO	1.37	1.46	1.56	1.46
Ø ESTERNO	80	80	90	90
L	90	90	100	100
addendum ruota a	3.63 (1.21*mn)	4 (1.23*mn)	4.4 (1.25*mn)	5.5 (1.46*mn)
$\varepsilon\alpha$ max	3.17	3.23	3.28	3.8

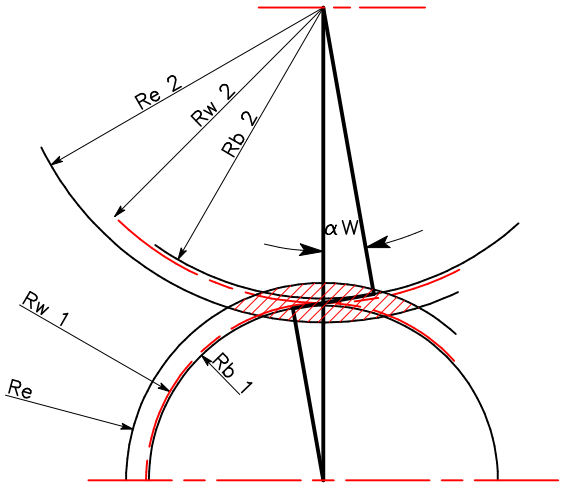
Come si vede dalla tabella su ruote con grande numero di denti avremo min. 3 denti in presa max 4 denti in presa, il che è decisamente più vantaggioso che la dentatura con profilo DIN 3960

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La linea di azione è il segmento tangente ai due cerchi di base
E' il luogo dove vediamo passare le evolventi, luogo su cui viene trasmessa la forza che fa ruotare la coppia d'ingranaggi.



Tutte le evolventi da esaminare "passano" nel segmento della linea di azione.
In questo caso la linea di azione supera il settore tratteggiato, ha più evolventi disponibili.
Quelle che entrano in gioco sono solo quelle contenute nel settore tratteggiato.



In questo caso (con un angolo di pressione di funzionamento più basso), il settore tratteggiato è più grande della linea di azione.
Quelle che entrano in gioco sono solo quelle contenute sulla linea di azione

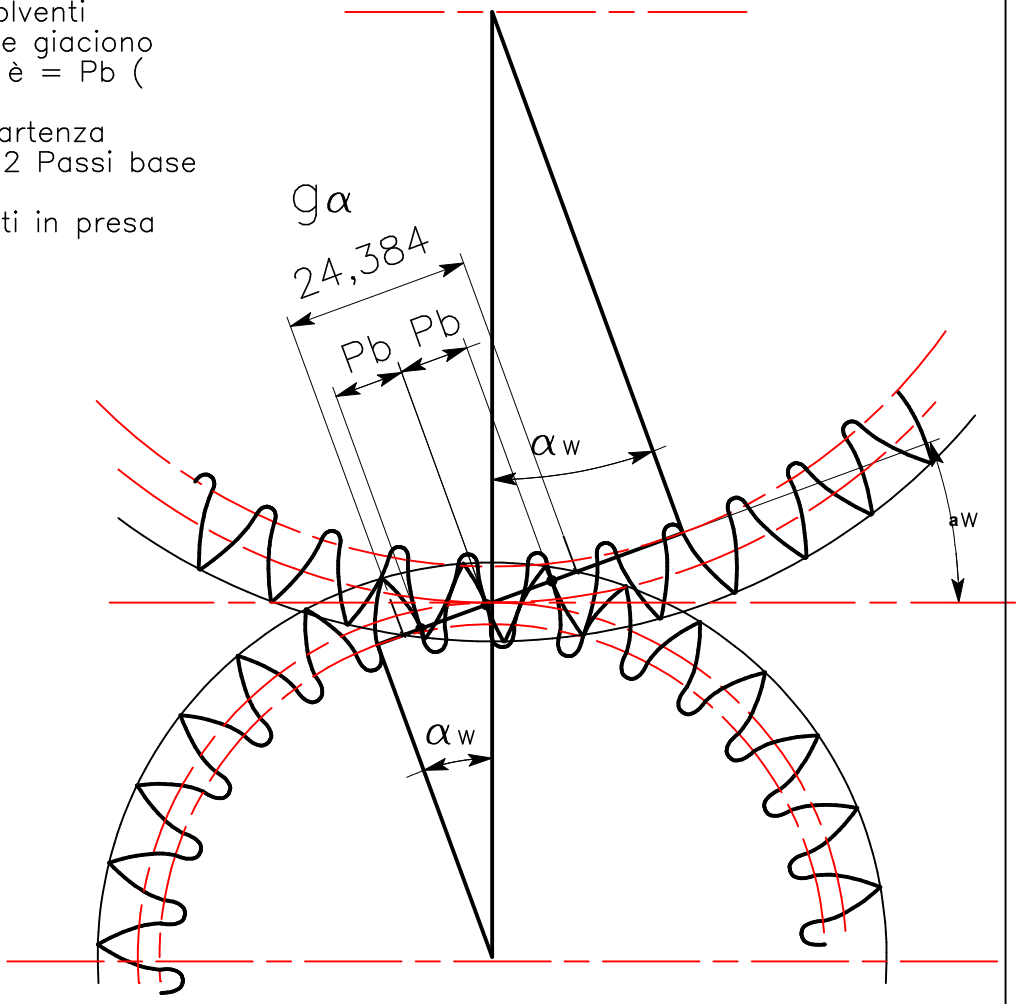
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

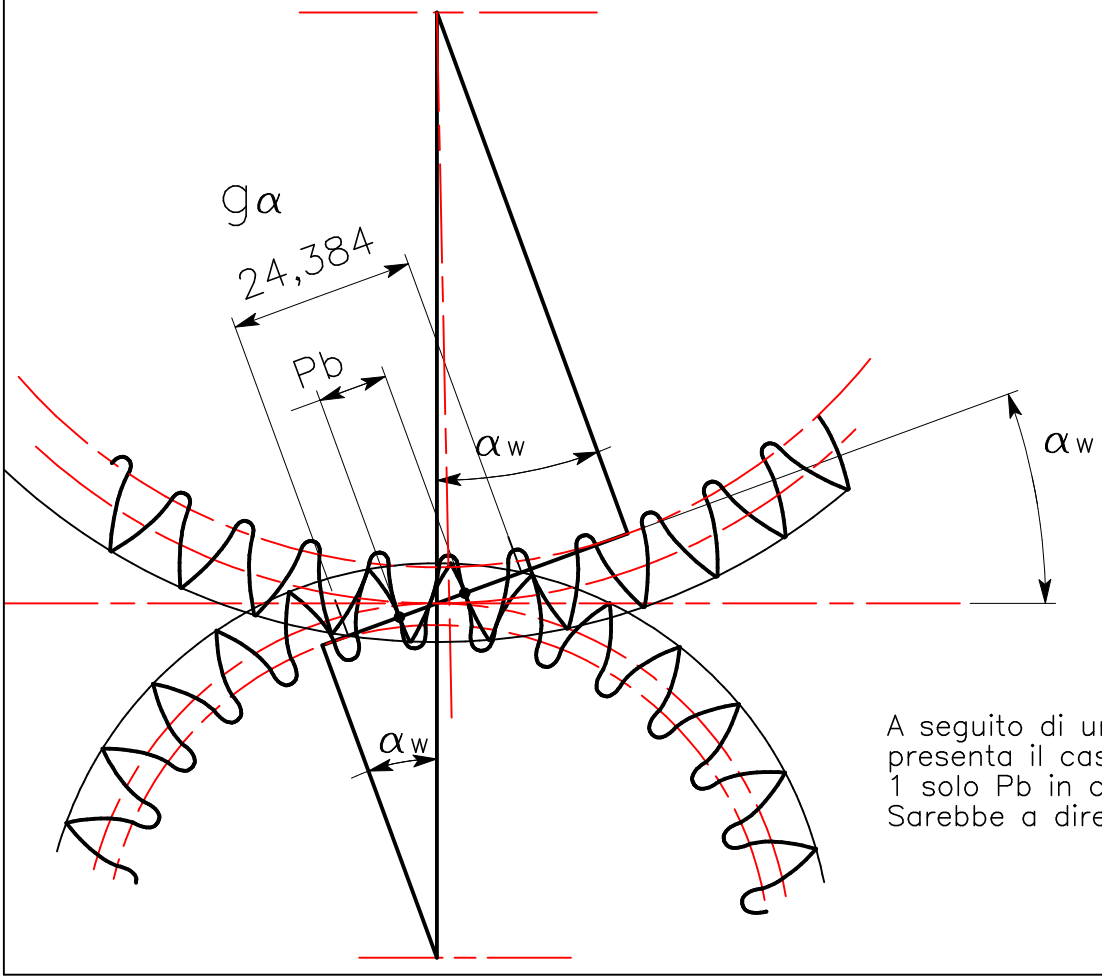
Esempio:
(Dentatura ad ''Alto addendum''

Modulo normale	mn	3	
Modulo normale base	mb	2,9344	
Passo base	Pb	9.2187	
Modulo normale di funzionamento	mw	3,125	
Angolo di pressione utensile	α	12°	
Angolo di pressione di funzionamento	αw	20,1121°	
Rapporto di condotta	$\varepsilon\alpha$	2,645	
Interasse di funzionamento e di montaggio	a	125	
Somma delle correzioni		6,8018	
		PIGNONE	CORONA
N° denti		30	50
Correzione sul raggio primitivo	Xm	3	3,8018
Diametro esterno	de	104,3488	166,5
Diametro primitivo di funzionamento	dw	93,75	156,25
Diametro primitivo	dp	90	150
Diametro di base	db	88,0333	146,7221
Diametro interno	di	82	143,6036
Diametro utile di contatto		88,3319	149,7456
Diametro di inizio evolvente utile		88,0933	146,9733

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La distanza tra le evolventi misurata sui punti che giaciono sulla linea di azione è = Pb (Passo base)
In una posizione di partenza notiamo che ci sono 2 Passi base in contatto
Sarebbe a dire 3 denti in presa





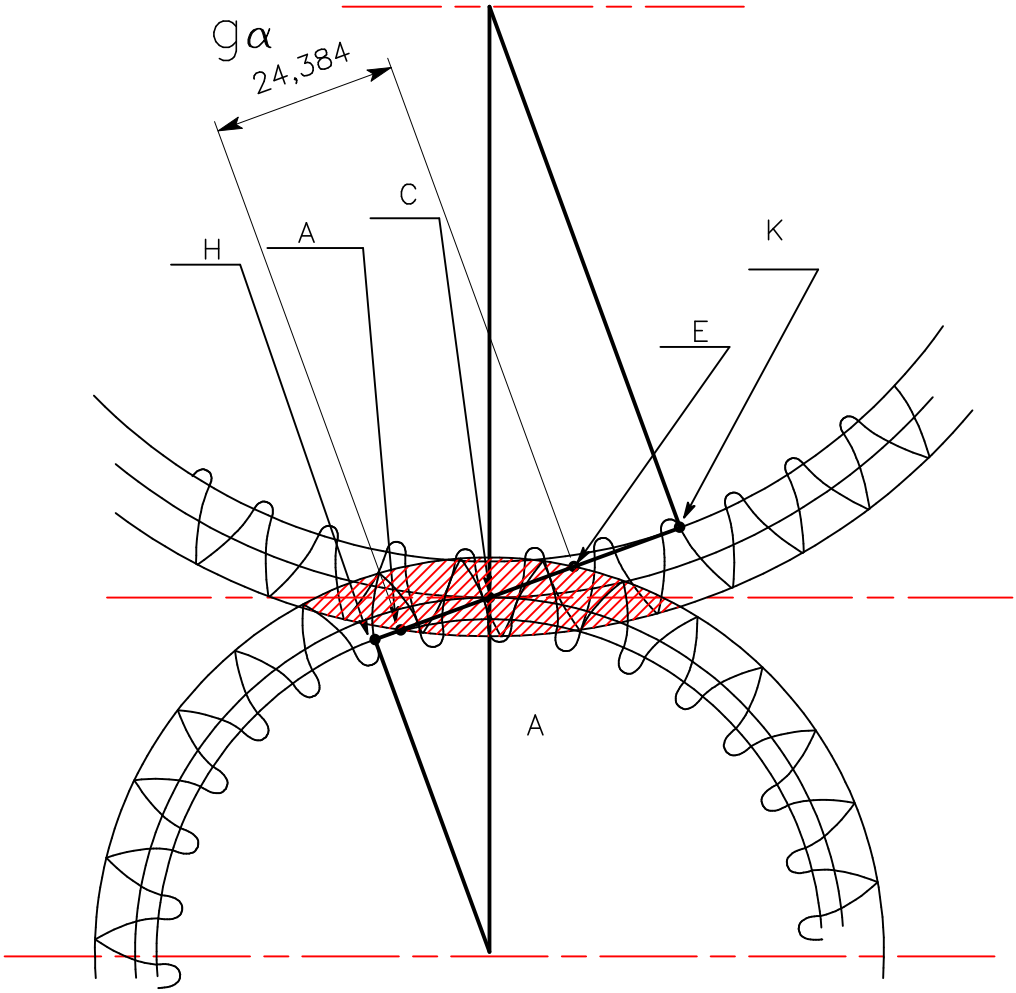
A seguito di una rotazione si presenta il caso in cui abbiamo 1 solo Pb in contatto.
Sarebbe a dire 2 denti in presa

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Come accennato precedentemente, i punti di contatto devono essere contenuti dentro il settore tratteggiato, MA contemporaneamnete devono giacere sulla linea di azione. Se esaminiamo in dettaglio la figura, vediamo i punti notevoli attori della situazione. La lunghezza utile del tratto di linea di azione gava dal punto A al punto E Detta lungheezza è = a 24.384 Essendo pb 9.2187: Ora se facciamo 24.384/9.2187 = 2.645 rapporto di condotta Significa che abbiamo alternativamente 2 o 3 denti in presa.

rappresentato anche dal simbolo $\varepsilon\alpha$

2.645 denti su 3 denti = 88 % Significa che per l' 88% del tempo 3 denti si ripartiscono il carico F Per il rimanente 12% del tempo ci sono 2 denti in presa che si suddividono il carico. Questi dati servono per individuare meglio un ciclo a fatica.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Precedentemente abbiamo spiegato il problema per tappe ei modo semplificato.
Ora scendiamo ancora più in dettaglio.

Esaminiamo una coppia "strana" come sotto:

Modulo normale	6
Modulo normale base	5,6382
Passo base	17.7129
Modulo normale di funzionamento	5,8922
Angolo di pressione utensile	20°
Angolo di pressione di funzionamento	16,8849°
Rapporto di condotta	<1
Interasse di funzionamento e di montaggio	176,7649
Somma delle correzioni	−3

	PIGNONE	CORONA
N° denti	10	50
Correzione sul raggio primitivo Xm	−3	0
Diametro esterno	65,5299	311,5299
Diametro inizio smussi	−	309.296
Diametro primitivo di funzionamento	58,9216	294,6082
Diametro primitivo	60	300
Diametro di base	56,3816	281,9078
Diametro interno	39	285
Diametro di inizio evolvente utile	57,6279	289,197

I diametri che delimitano il settore tratteggiato sono:
Il diam esterno normale per Z10
Il diametro inizio smussi per Z50 (309.296)
Ciò che si trova al di fuori di questo diametro non accoppia con l'evolvente.
Questo provoca una riduzione del campo disponibile

Per Z10 inoltre abbiamo il Diametro di inizio evolvente utile (57,6279) che supera il Diametro di base (56,3816)

I punti notevoli sono all'interno del settore dentato ma la lunghezza $g\alpha$ va ridotta perchè interrotta dal Diametro di inizio evolvente utile che supera il Diametro di base.

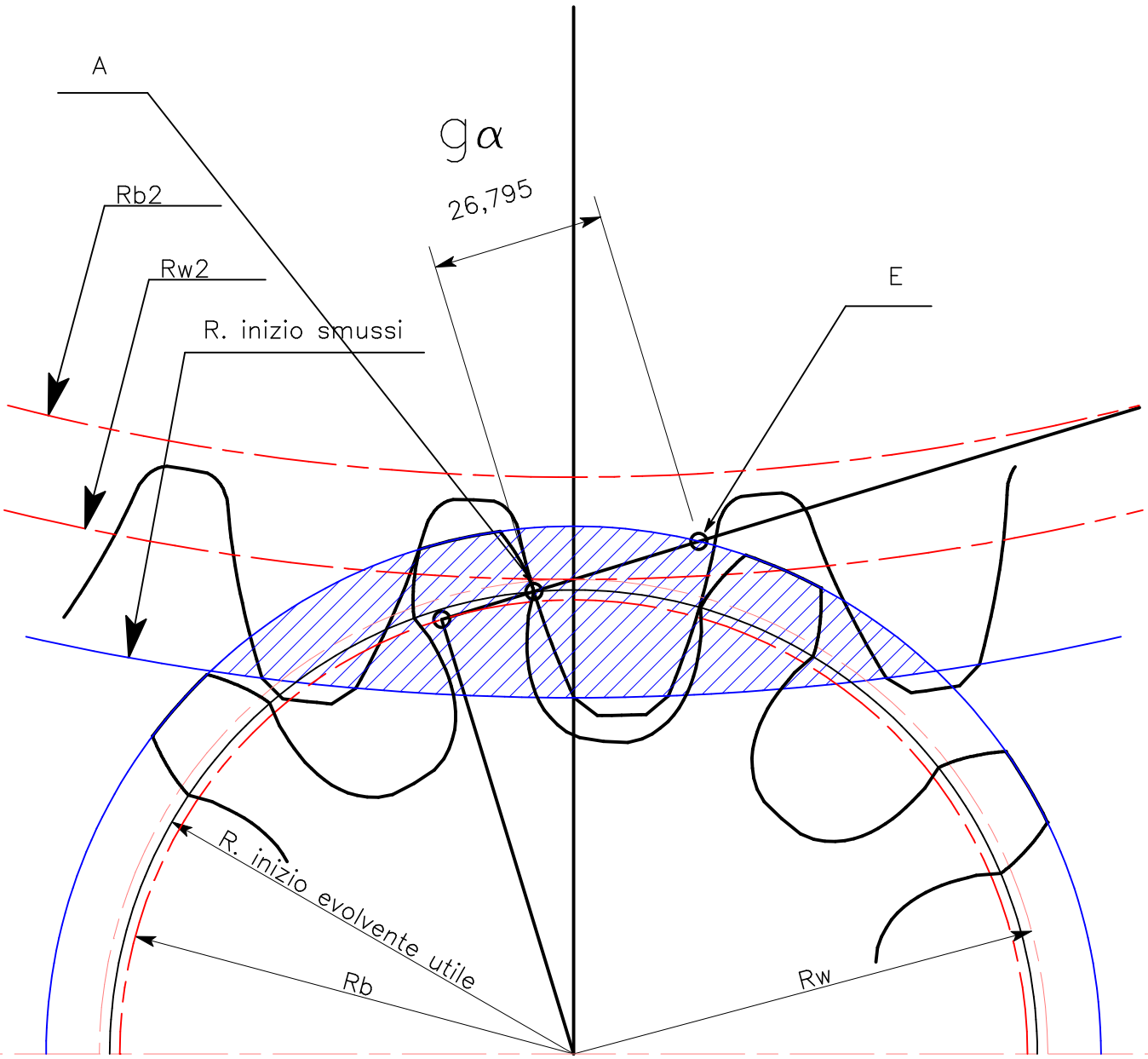
Pertanto in questo caso $\varepsilon\alpha = g\alpha / Pb = 10.718 / 17.7129 = 0.6051 < 1$

Le considerazioni fatte valgono sempre:

1) Il diametro max che delimita il settore deve tener conto se uno o tutti e due gli ingranaggi hanno degli smussi

2) ii punti giacenti sulla linea di azione delimitano $g\alpha$ se questa linea incontra il diametro di inizio evolvente utile prima di arrivare tangente al cerchio di base

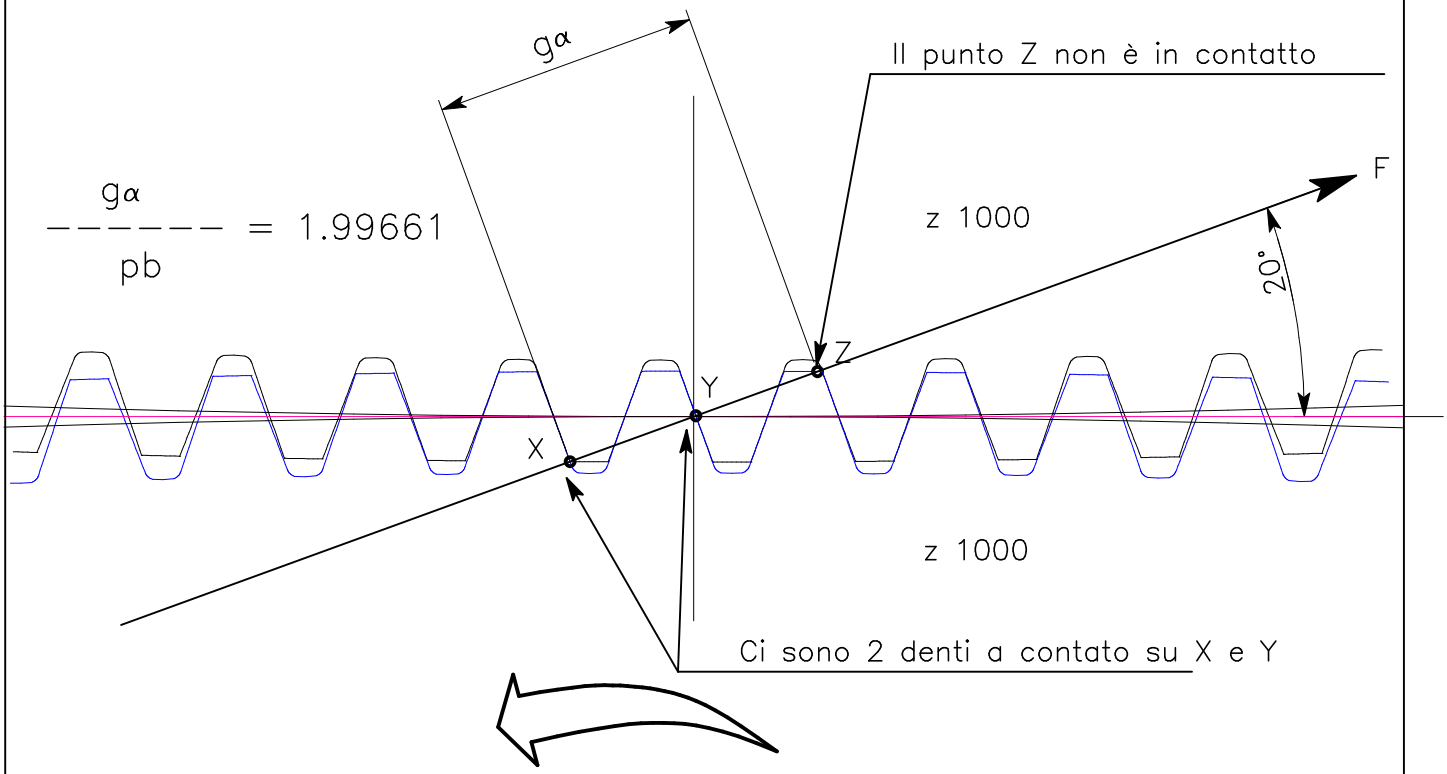
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

(RICORDIAMO CHE STIAMO PARLANDO DI INGRANAGGI A DENTI DIRITTI)
Cosa significa 2.645? Che ho 2.645 denti in presa? NO
Non possiamo avere dei denti frazionati in presa, significa che abbiamo 2 denti in presa o 3 denti in presa.
Significa che il carico sui denti provcato dalla fora F una volta viene ripartito su 2 denti una volta su 3 denti, sarebbe a dire un carico pulsante sul singolo dente.
Nell'esempio illustrato si trattava di una coppia di ingranaggi ipotetetici ad '' ALto addendum'', nelle coppie normali a Norme DIN, NON si può ottenere un rapporto di condotta uguale o superiore a 2.

Non ci credereste, ma con un rapporto z1 =1000/ z2 =1000 $\varepsilon_{a=}$1.9661
Il che significa che abbiamo alternativamente 1 dente in presa o 2 denti in presa.



Se ruotiamo la ruota inferiore leggermente a sinistra
il punto X non è più a contatto come non lo è ancora il punto Z
avremo 1 solo dente in presa.
Pertanto 1.99661 significa che abbiamo alternativamente 1 dente o 2 denti in presa.
Ma per il $\frac{1.99661}{2}$ = 99.83 % del tempo ci saranno 2 denti in presa che si suddividono il carico F
Per il rimanente 0.17 % ce ne sarà solo 1.
Questo carico pulsante è molto influente sul dimensionamento a fatica della coppia.

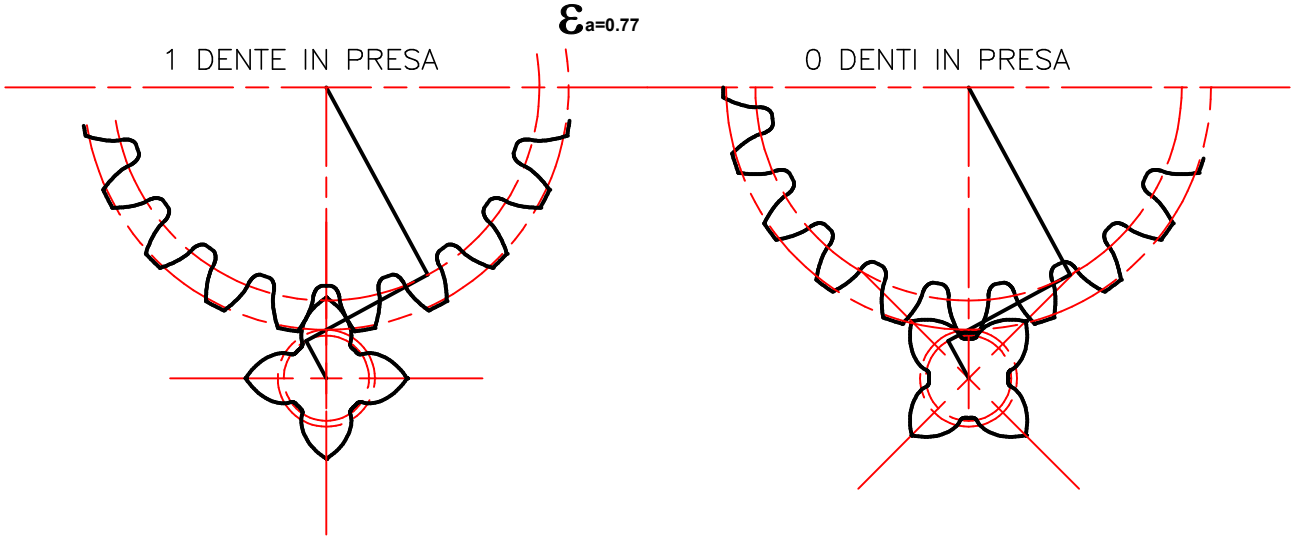
Dalla figura sopra si vede bene che l'unico modo per aumentare $\varepsilon\alpha$ è quello di aumentare l'altezza dei denti o diminuire l'anglo di pressione
in barba alle norme DIN 3960.

Ed è ciò che fanno oggi tutte le case automobilistiche nei cambi delle loro vetture.

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Tutto questo ci porta ad una considerazione importante, LA PIU' IMPORTANTE su una coppia di ingranaggi.

Il rapporto di condotta non deve MAI essere = o inferiore a 1
Cosa significa un rapporto di condotta = o minore di 1?
Significa che abbiamo alternativamnete 0 denti in presa e 1 dente in presa, significa che il ruotismo ha degli attimi in cui il dente è abbandonato, non abbiamo continuità di ingranamento.



$\varepsilon\alpha$ = DEVE ESSERE MIN.= 1.32

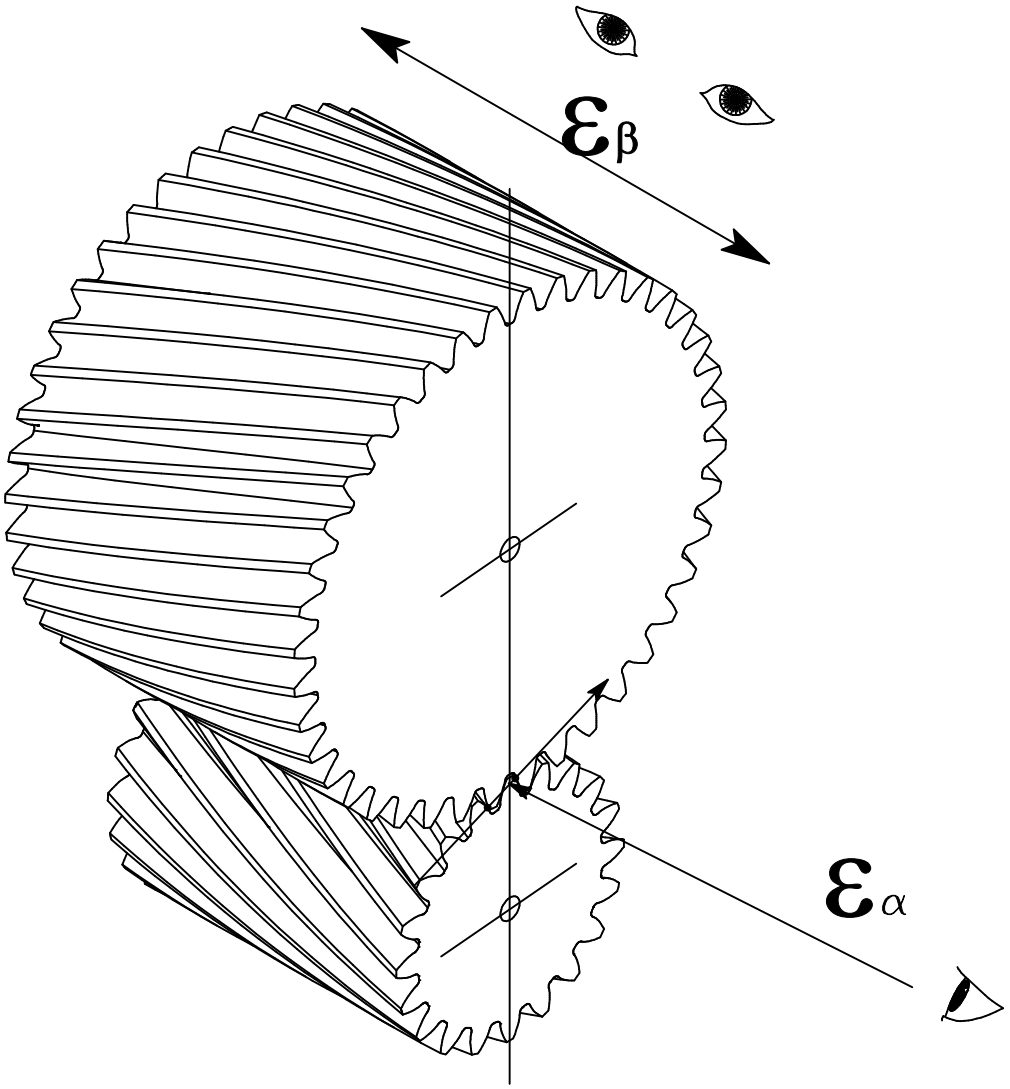
MINIMO VALORE INVALICABILE : 1.15

Diverso è il discorso per gli ingranaggi elicoidali.
L'elica dei denti crea assialmente una situazione dove risultano più porzioni di denti in presa.
Disponiamo come abbiamo visto prima di:

un rapporto di condotta trasversale ε_α

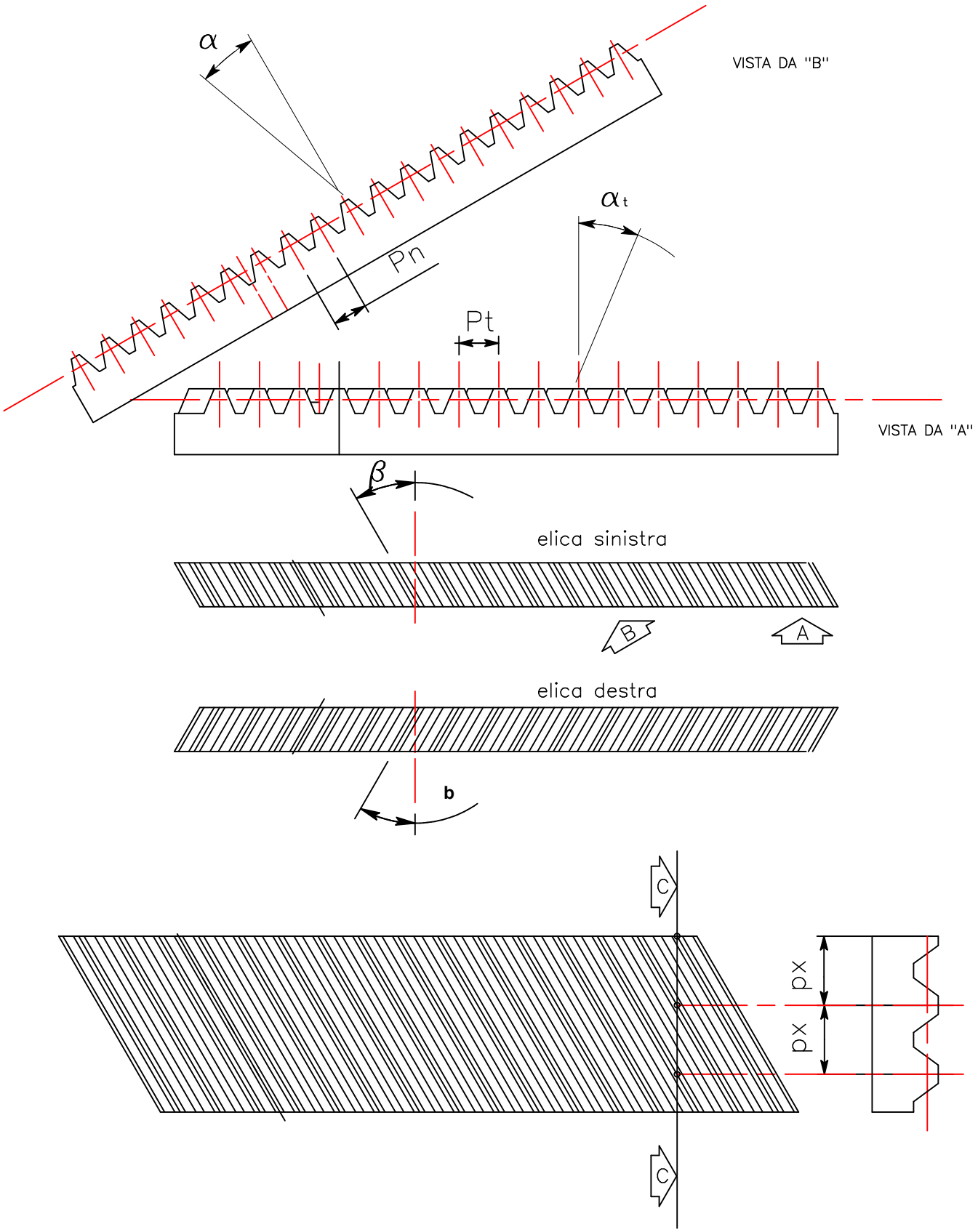
un rapporto di ricoprimento assiale ε_β

Che sommati daranno un rapporto di condotta totale $\varepsilon\gamma = \varepsilon_\alpha + \varepsilon_\beta$



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Con riferimento alla cremagliera elicoidale, ricordiamo che:



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

mx Modulo assiale $= mn / \sin \beta$

px Passo assiale $= mx * \pi$

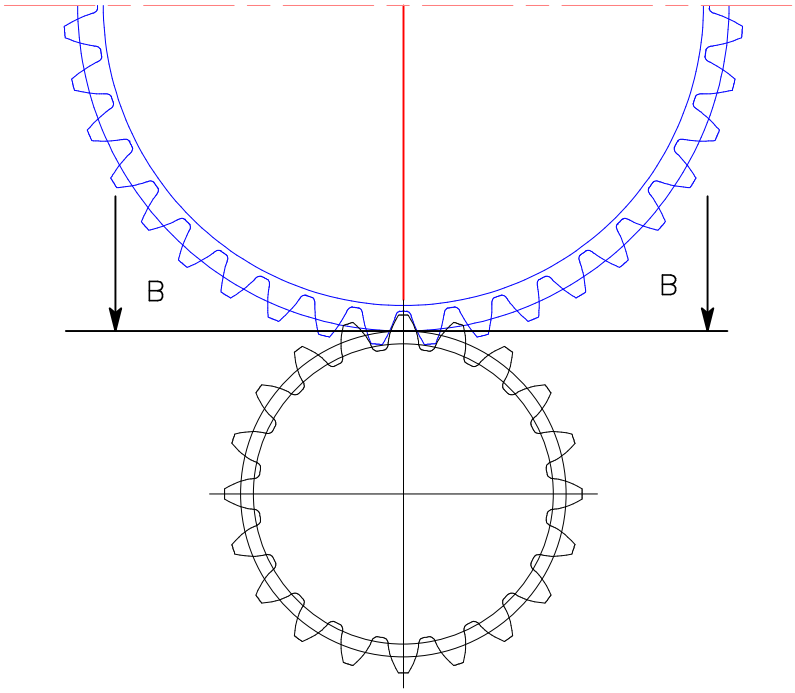
Una sezione B–B sul modello tridimensionale della coppia evidenzia i denti interessati

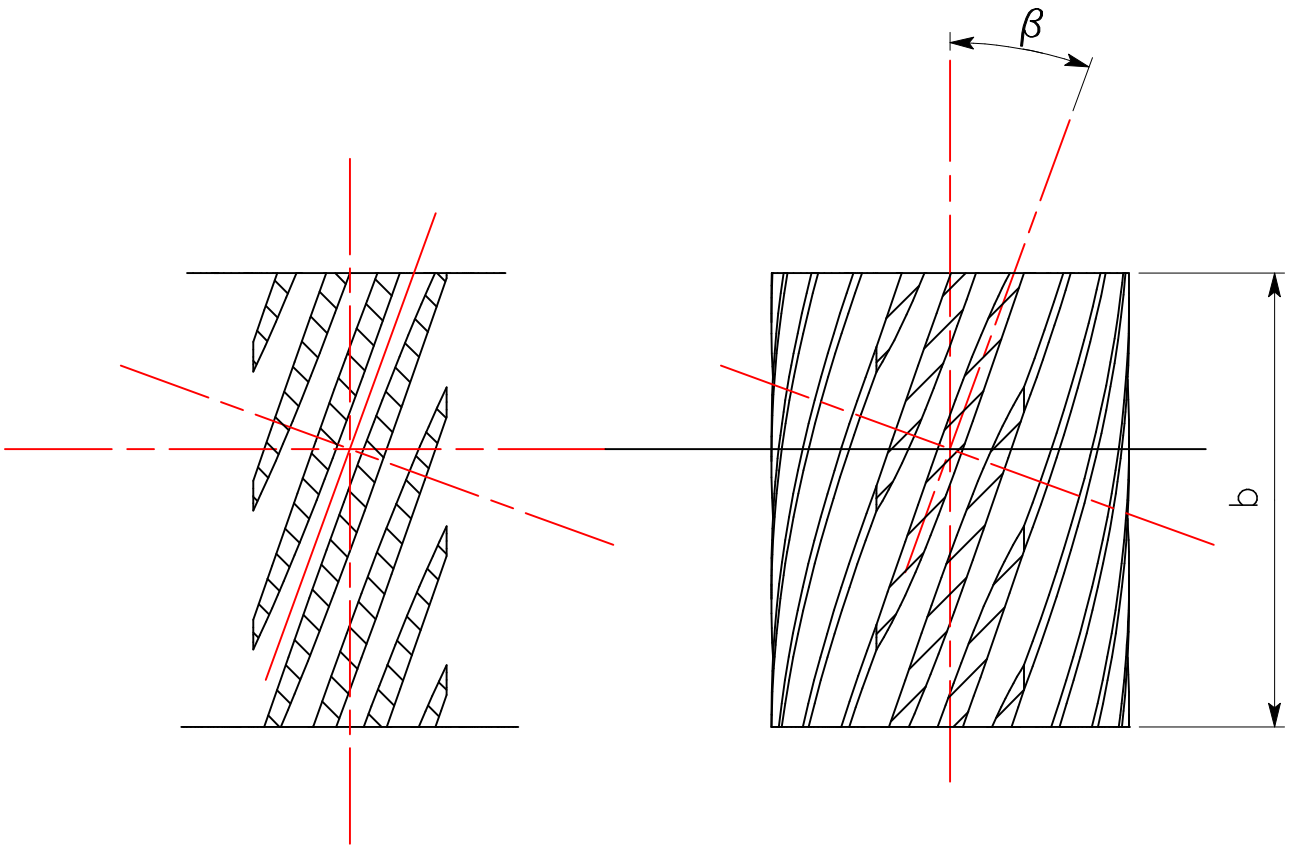
$$\varepsilon\beta = \frac{b}{px}$$

(min accettabile =1)

$$\varepsilon\gamma = \varepsilon\alpha + \varepsilon\beta$$

(min accettabile =2.32)

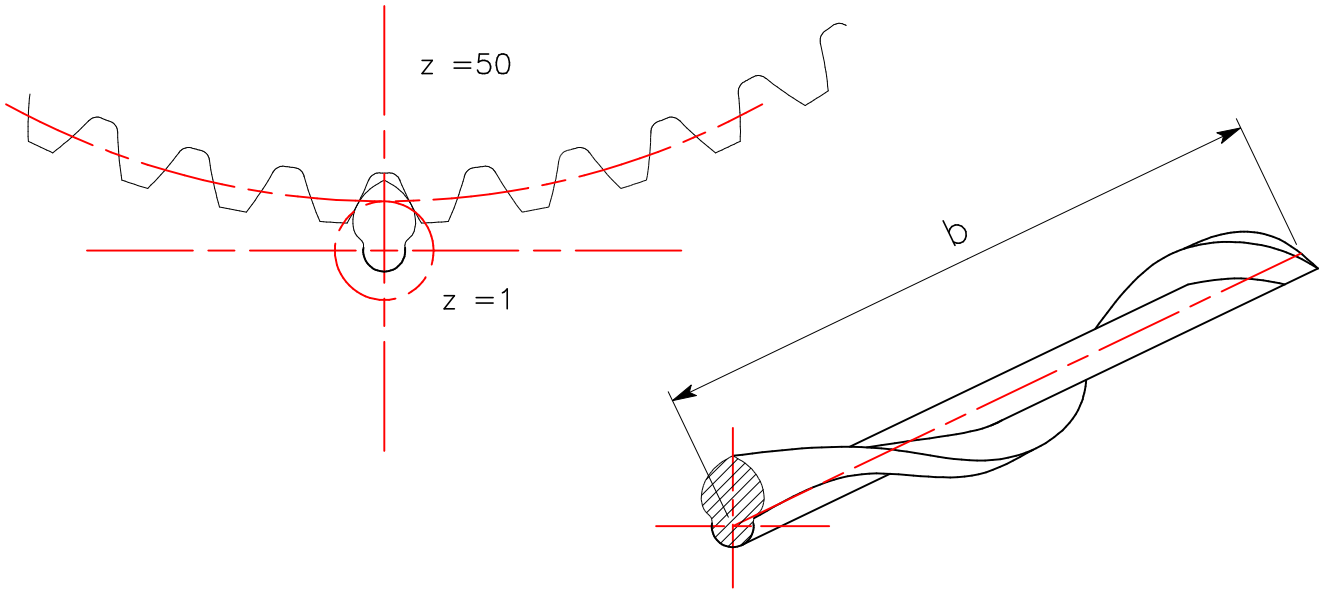




©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La situazione può essere esasperta aumentando l'angolo dell'elica e la lunghezza b della fascia dentata.

C'è chi ha brevettato ingranaggi dove il pignone ha 1 solo dente... pur essendoci continuità di ingranamento.



Esempio numerico:

Ponendo px = 95
b = 300

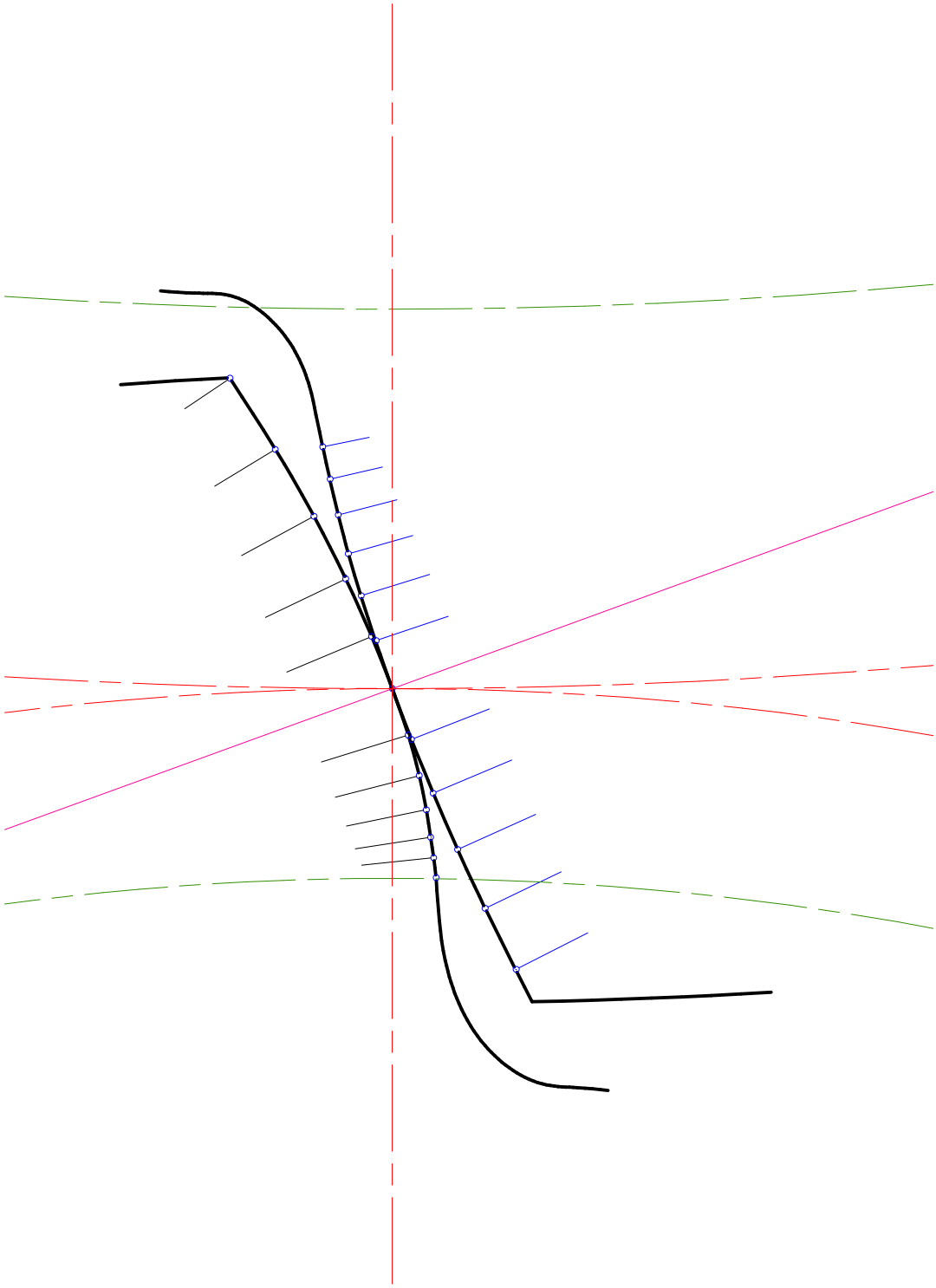
$\varepsilon\alpha = 0$

$\varepsilon\beta = 300/95 = 3.15$

$\varepsilon\gamma = \varepsilon\alpha + \varepsilon\alpha = 0+3.15= 3.15$

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

STRISCIAMENTO SPECIFICO E TOTALE



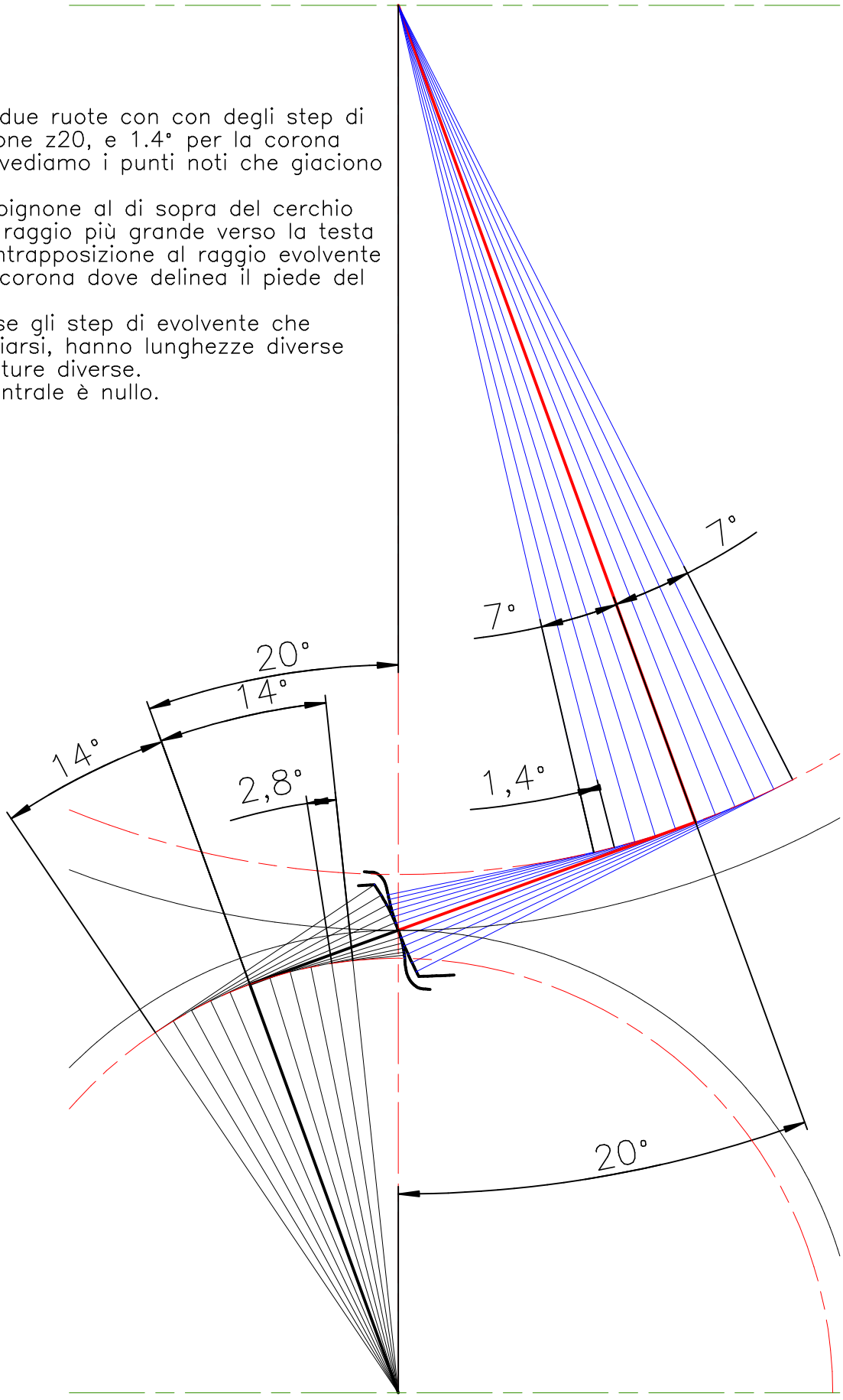
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Consideriamo, come esempio, una coppia non corretta senza equilibratura delo strisciamento.

Modulo normale	1	
Modulo normale base	0,9397	
Angolo di pressione utensile	20°	
Interasse di funzionamento e di montaggio	30	
Somma delle correzioni	0	
Rapporto di condotta	1,6352	
	PIGNONE	CORONA
N° denti	20	40
Diametro esterno	22	42
Diametro primitivo	20	40
Diametro di base	18,7939	37,5877
Diametro interno	17,5	37,5
Diametro utile di contatto	18,8781	38,67
Diametro di inizio evolvente utile	18,8003	38,2964
Strisciamento di accesso	0,5106	0,4215
Strisciamento di recesso	−0,4215	−0,5106
Strisciamento totale	0,9321	0,9321
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−4,2585	0,8098
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,6028	−1,5177

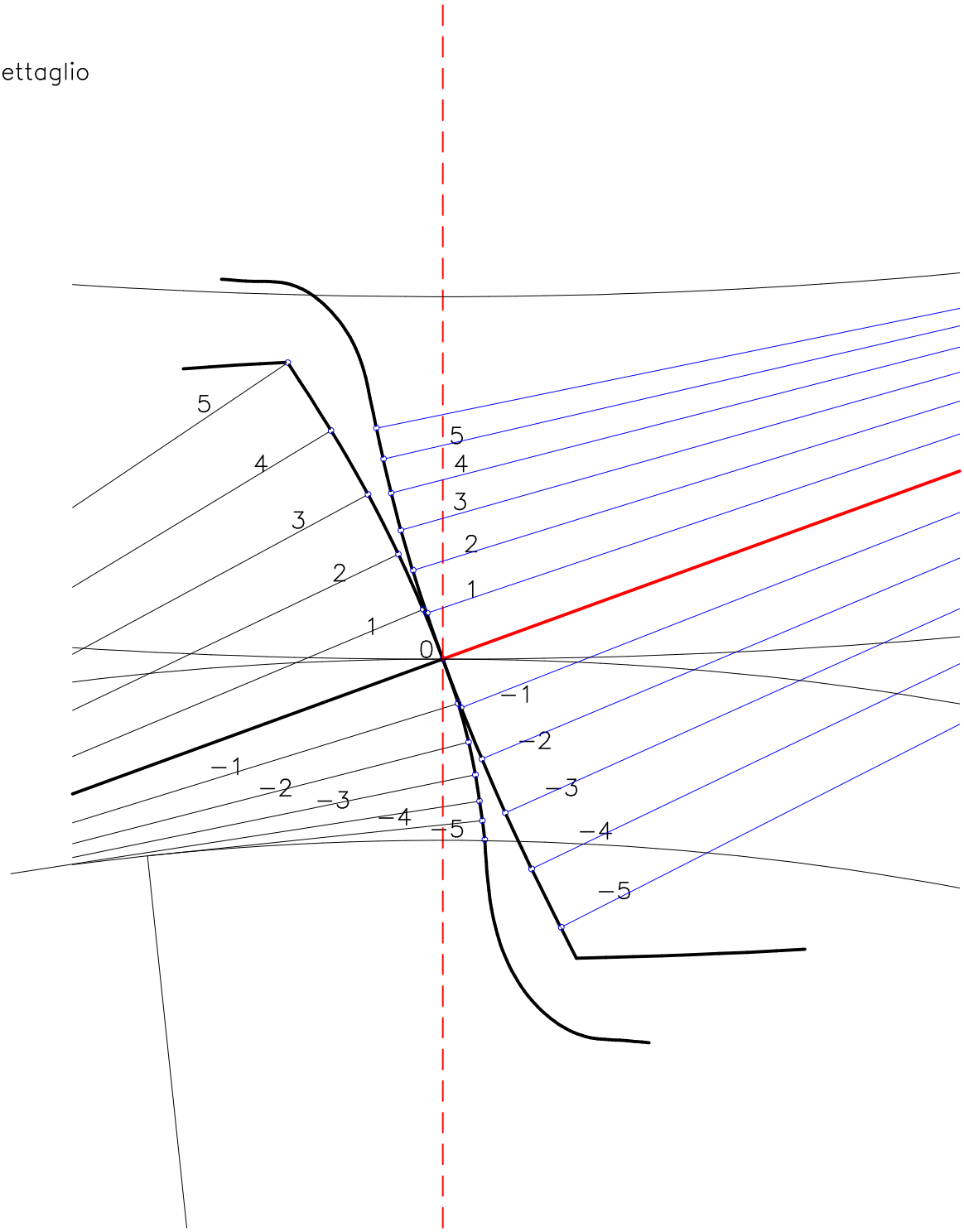
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Se ruotiamo le due ruote con con degli step di 2.8° per il pignone z20, e 1.4° per la corona coniugata z40, vediamo i punti noti che giaciono sulle evolventi.
L'evolvente del pignone al di sopra del cerchio primitivo ha un raggio più grande verso la testa del dente in contrapposizione al raggio evolvente sul tratto della corona dove delinea il piede del dente.
Per forza di cose gli step di evolvente che dovranno accopiarsi, hanno lunghezze diverse poichè su curvature diverse.
Solo il punto centrale è nullo.



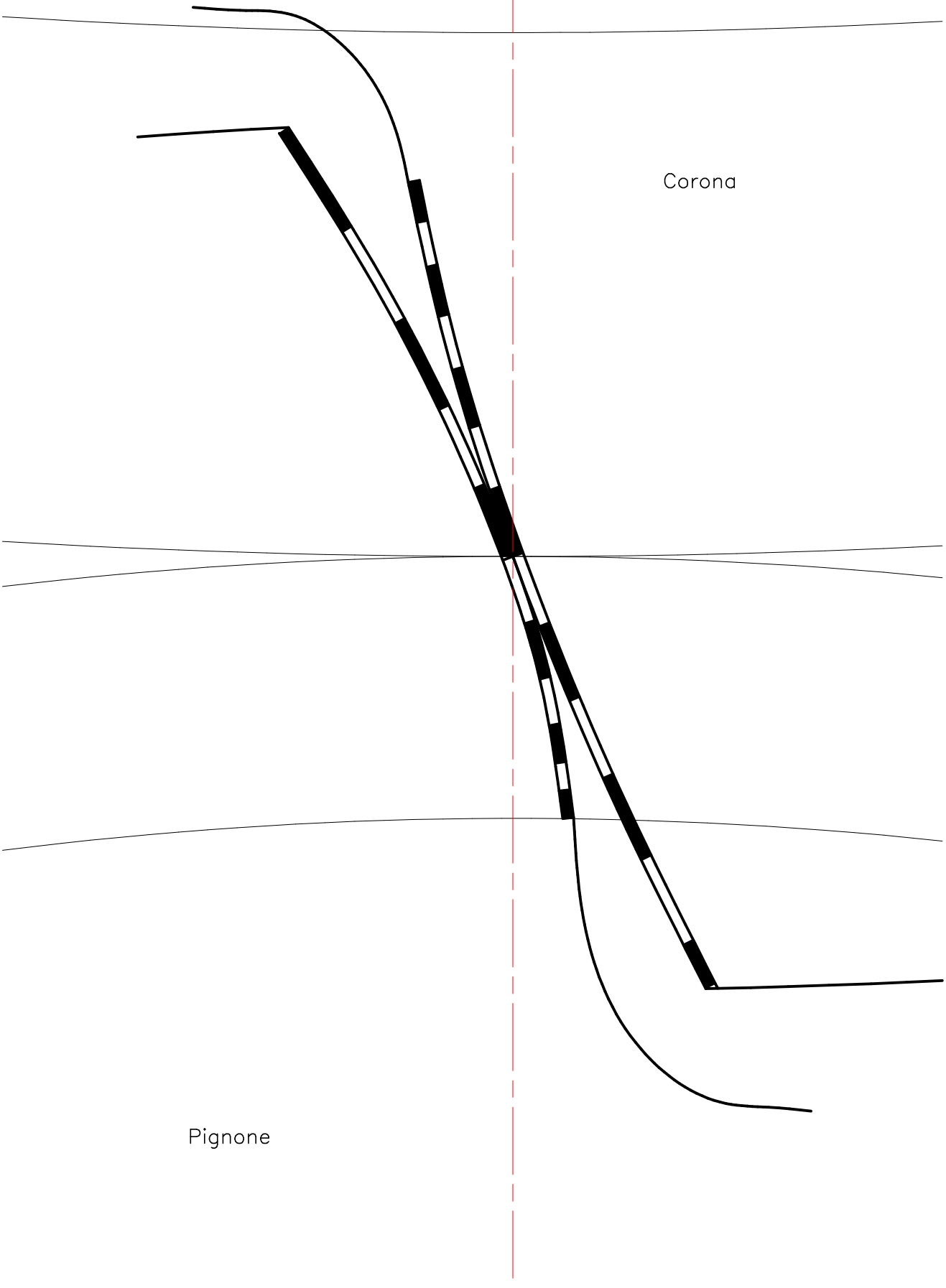
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dettaglio



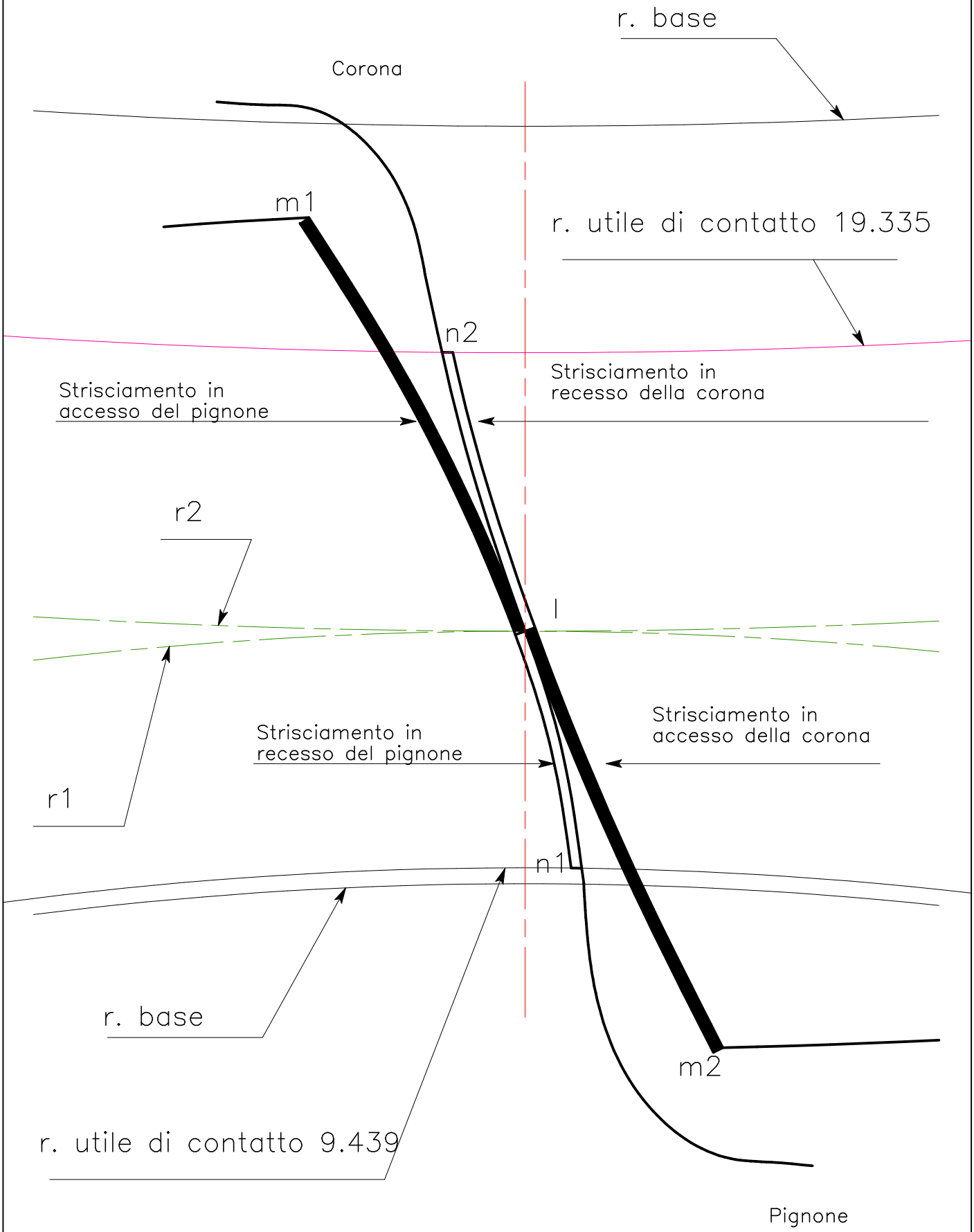
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Dettaglio con grafica esplicativa diversa



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CALCOLO STRISCIAMENTO TOTALE



©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

CALCOLO STRISCIAMENTO TOTALE

Strisciamento dei profili in accesso: Gf = Im1−In2

Strisciamento dei profili in recesso: Ga = Im2−In1

lo strisciamento totale del profilo: $G\alpha$ = Gf+Ga

(Numeri in valori assoluti)

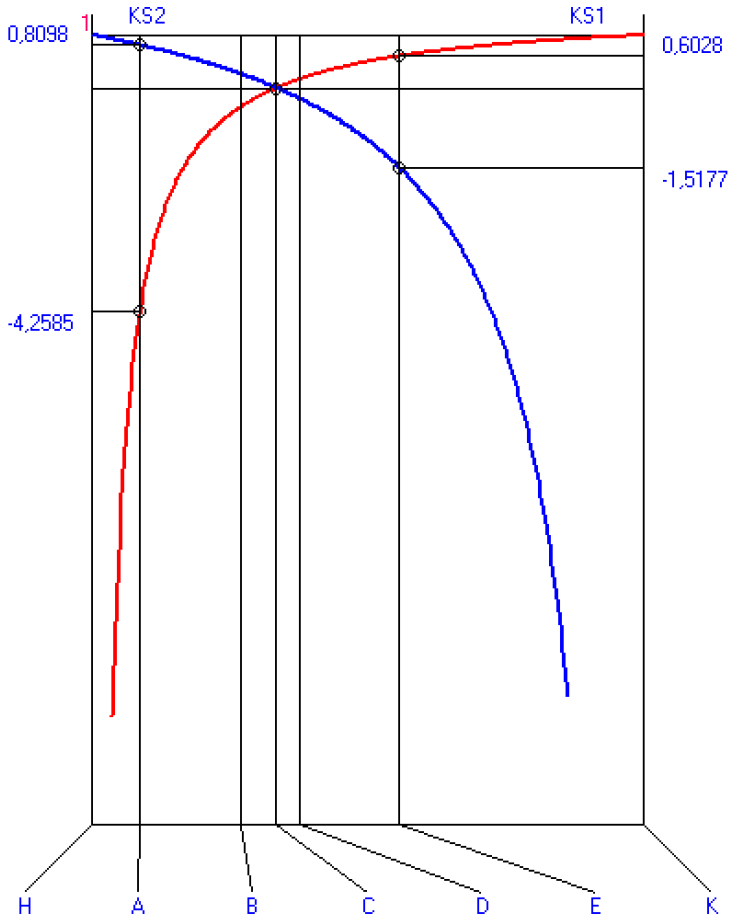
NB.
$G\alpha$ è evidentemente diverso dalla quantità $\overset{\frown}{m2\ n2} - \overset{\frown}{m1\ n1}$

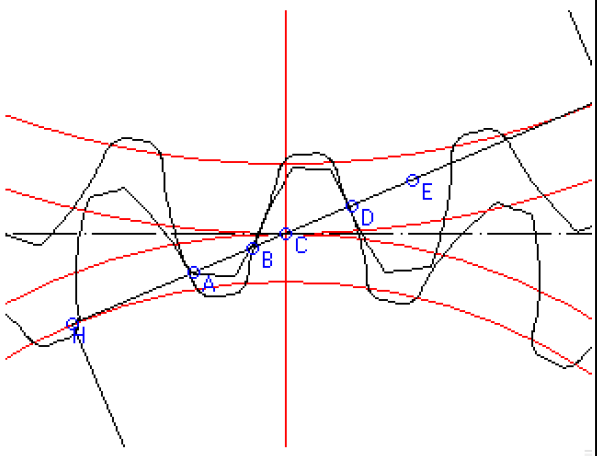
le lunghezze degli archi:
Im1= 1.117
In2 = 0.696
In1 = 0.584
Im2 = 1.091
Strisciamento dei profili in accesso (Z1): Gf = Im1−In2 = 1.117− 0.696 = 0.421
Strisciamento dei profili in recesso: (Z1)Ga = Im2−In1 = 1.091−0.584 = 0.51

lo strisciamento totale del profilo: $G\alpha$ = Gf+Ga = 0.421+ 0.51= 0.931

Dati da Gear−1		
Strisciamento di accesso	0,51	0,421
Strisciamento di recesso	−0,421	−0,5
Strisciamento totale	0,932	0,932
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−4,2585	0,8098
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,6028	−1,5177

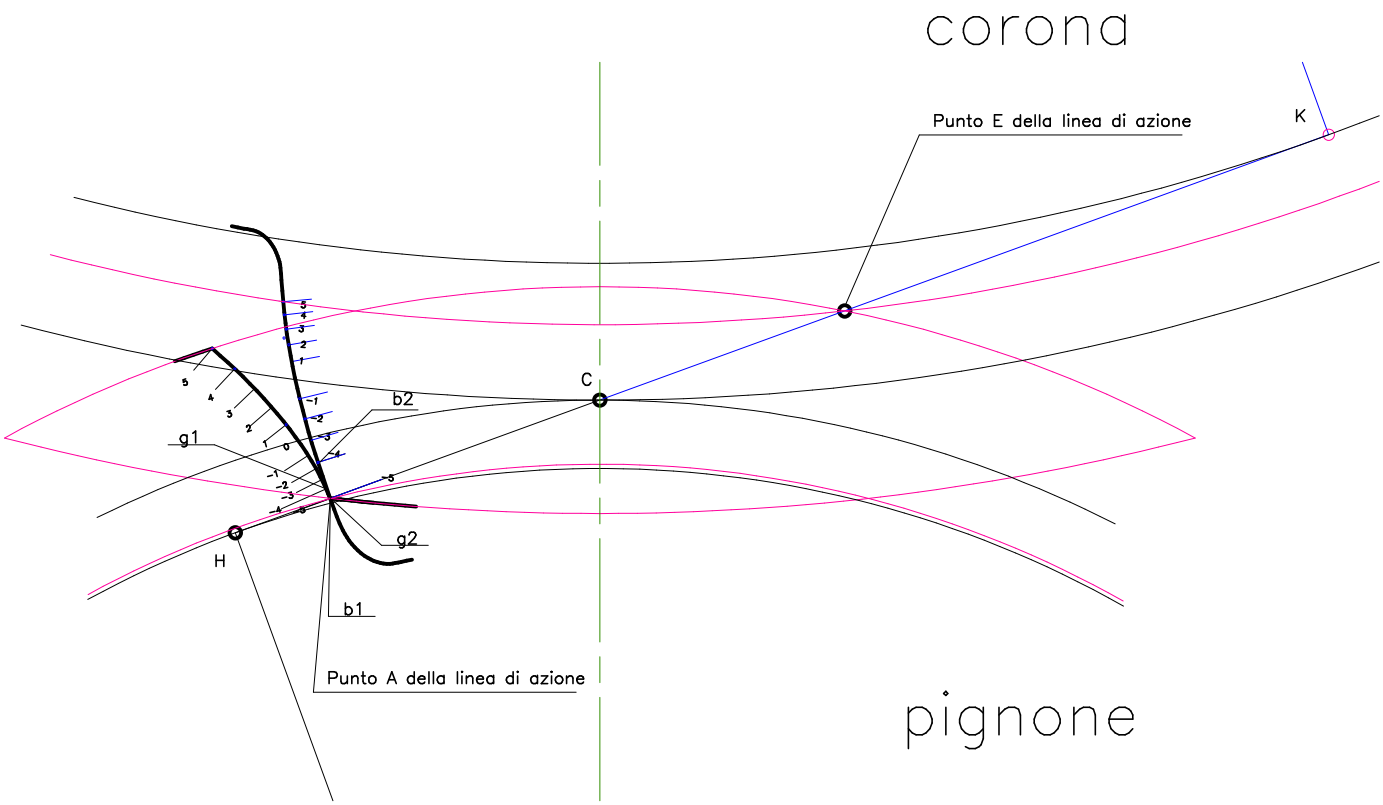
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo strisciamento specifico sul punto A della linea di azione



Pignone

bg1 =0.10
gb2 =0.35

Strisc. spec.= = (gb2−bg1)/g2 b2 = (0.36−0.07)/0.36 =0.80

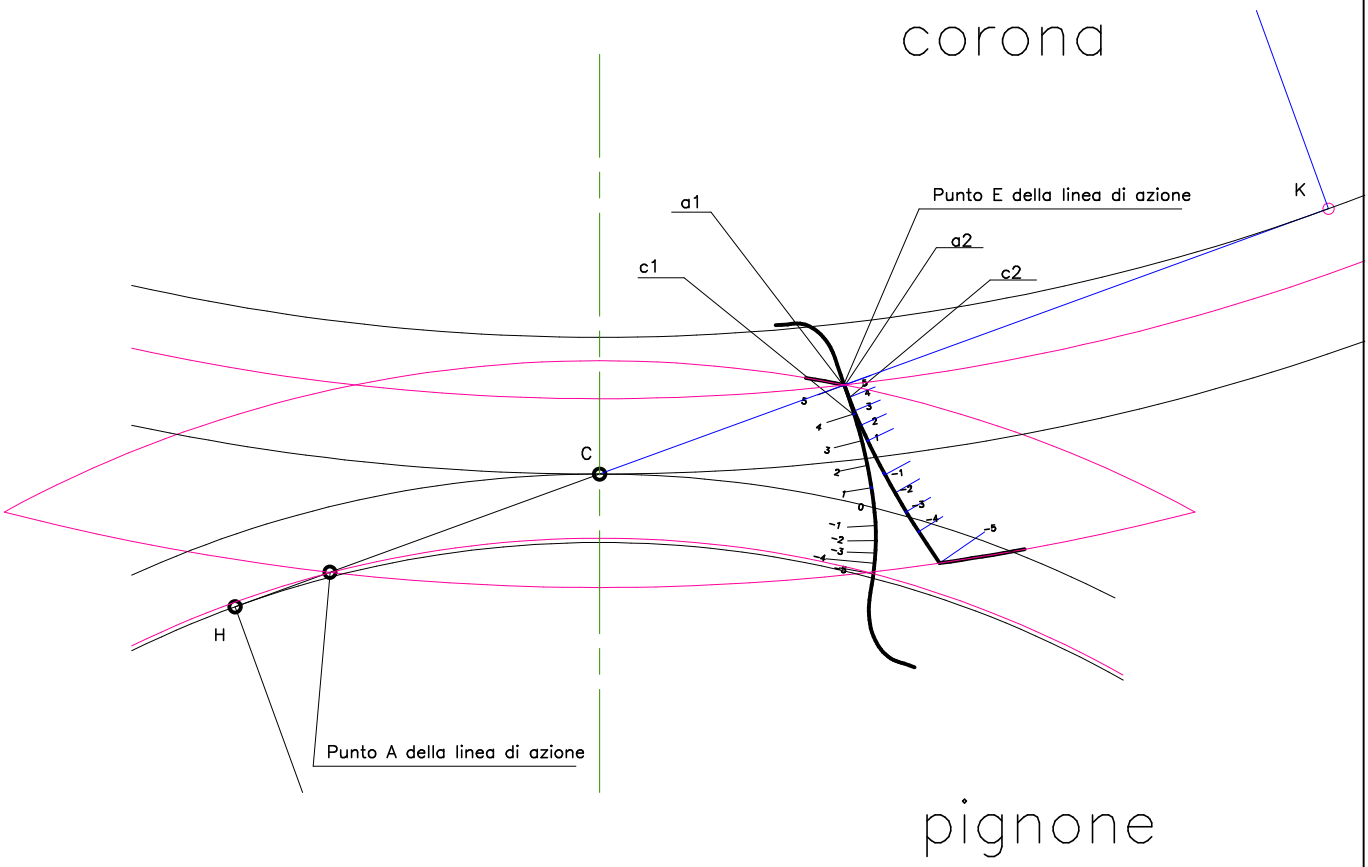
Corona

Strisc. spec.= =((gb2−bg1))/b1 g1 = (0.36−0.07)/0.07 =4.2

Dati da Gear−1		
Strisciamento di accesso	0,51	0,421
Strisciamento di recesso	−0,421	−0,5
Strisciamento totale	0,932	0,932
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−4,2585	0,8098
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,6028	−1,5177

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Calcolo strisciamento specifico sul punto E della linea di azione



Pignone

a1c1 =0.280
a2c2 =0.116

Strisc. spec.= (a1c1−a2c2)/a1c1 = (0.28−0.116)/0.28=0.6

Corona

Strisc. spec.= =((a1c1−a2c2)/a2c2 = (0.28−0.116)/0.116 =1.5

Dati da Gear−1		
Strisciamento di accesso	0,51	0,421
Strisciamento di recesso	−0,421	−0,5
Strisciamento totale	0,932	0,932
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−4,2585	0,8098
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,6028	−1,5177

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

La stessa coppia calcolando l'equilibratura dello strisciamento senza variazione del'interasse

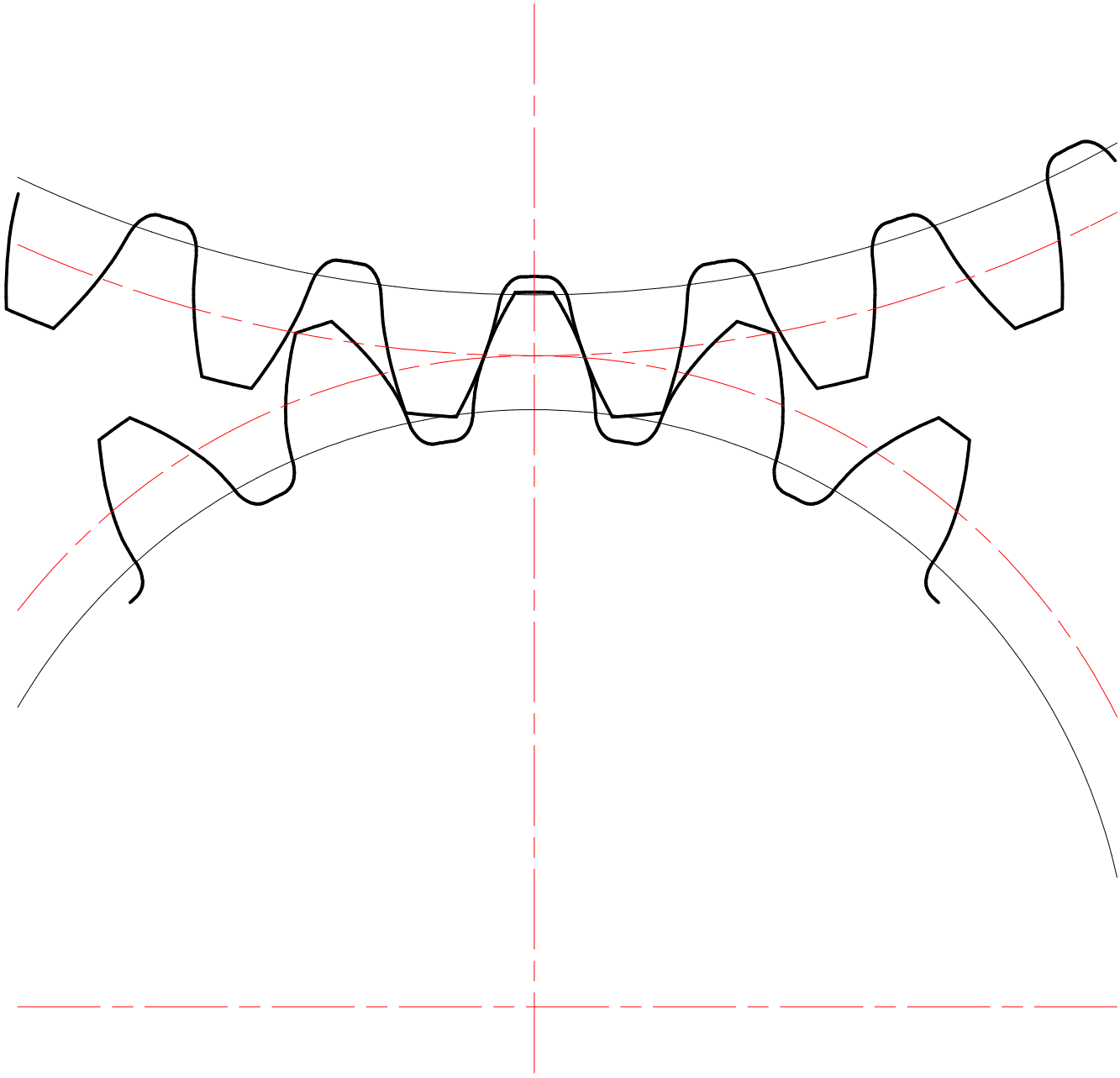
Modulo normale	1
Modulo normale base	0,9397
Modulo normale di funzionamento	1
Angolo di pressione utensile	20°
Angolo di pressione di funzionamento	20°
Interasse di funzionamento e di montaggio	30
Somma delle correzioni	0
Rapporto di condotta	1,5996

	PIGNONE	CORONA
N° denti	20	40
Diametro esterno	22,492	41,508
Diametro primitivo di funzionamento	20	40
Diametro primitivo	20	40
Diametro di base	18,7939	37,5877
Diametro interno	17,992	37,008
Diametro utile di contatto	19,0181	38,4643
Diametro di inizio evolvente utile	18,8928	38,0471

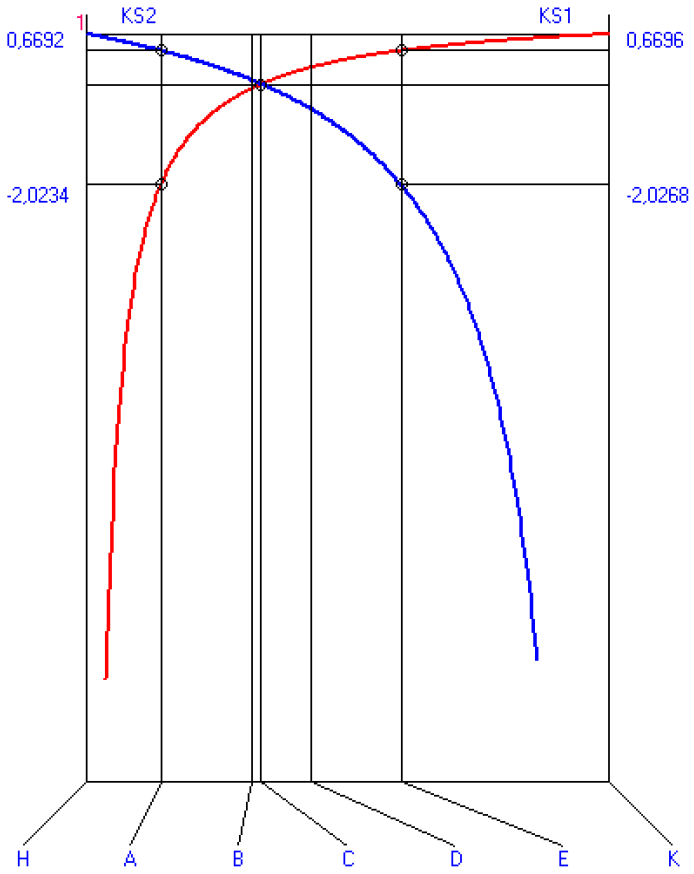
	Dopo l'equilibratura		Prima	
	PIGNONE	CORONA	PIGNONE	CORONA
Strisciamento di accesso	0,3079	0,6071	0,51	0,421
Strisciamento di recesso	−0,6071	−0,3079	−0,421	−0,5
Strisciamento totale	0,915	0,915	0,932	0,932
Strisciamento specifico nei punti A1 E2	−2,0234	0,6692	−4,2585	0,8098
Strisciamento specifico nei punti E1 A2	0,6696	−2,0268	0,6028	−1,5177

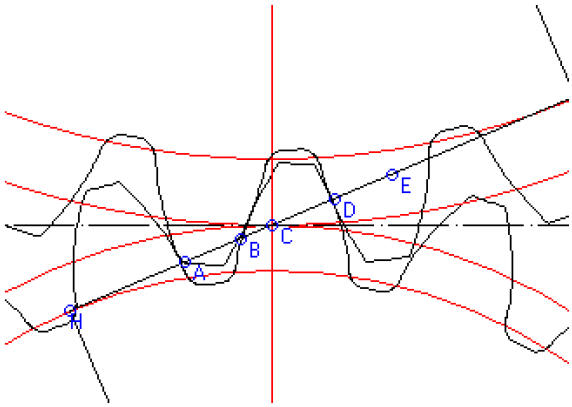
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

Disegno della coppia equilibrata.



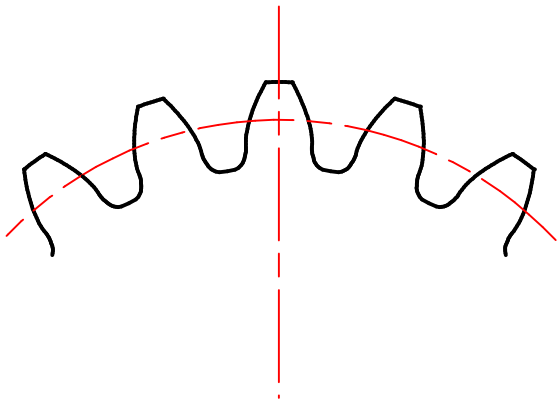
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.





©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

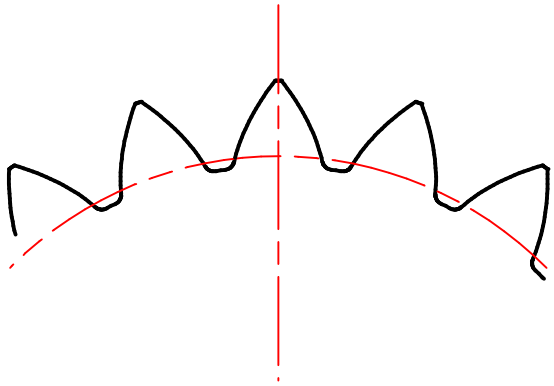
DIRITTI NORMALE italiano–francese



DENTATURA DIRITTA	DENTURE DROITE	
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO	MODULE	
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	$^{-0.02}_{-0.08}$
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	INTERAXE AU MONTAGE	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

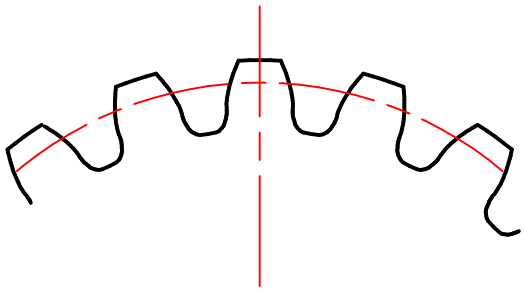
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DIRITTI CORRETTO italiano–francese



DENTATURA DIRITTA	DENTURE DROITE SURBAISSEE	
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO	MODULE	
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTION ON RAYON PRIMITIF (X*M)	
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	$^{-0.02}_{-0.08}$
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	INTERAXE AU MONTAGE	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

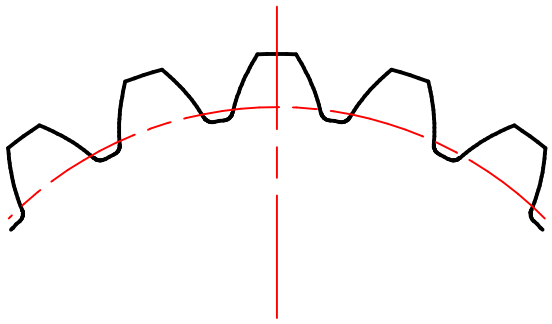
DIRITTI RIBASSATO italiano–francese



DENTATURA DIRITTA	DENTURE DROITE SURBAISSEE	
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO	MODULE	
RIBASSATO	BAISSEE	0.8 * M
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

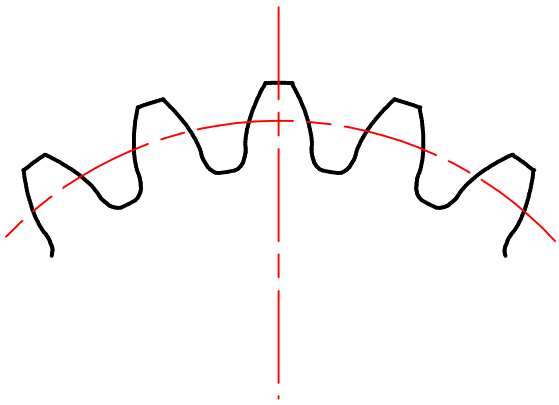
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DIRITTI RIBASSATO E CORRETTO italiano–francese



DENTATURA DIRITTA	DENTURE DROITE SURBAISSEE	
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO	MODULE	
RIBASSATO	BAISSEE	0.8 * M
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTION ON RAYON PRIMITIF (X*M)	
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	INTERAXE AU MONTAGE	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

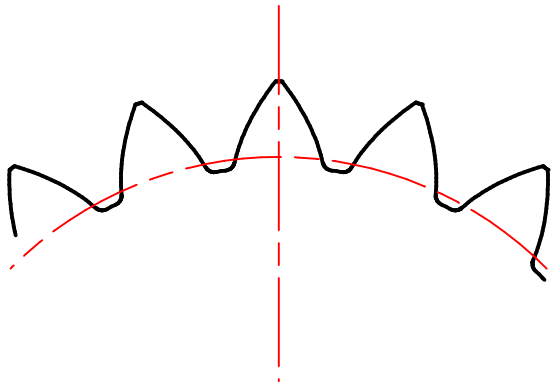
ELICOIDALE NORMALE italiano–francese



DATI DENTATURA ELICOIDALE	DENTURE	
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO NORMALE	MODULE	
MODULO CIRCONFERENZ.	MODULE CIRCONFERENTIEL	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
SENSO ELICA	SENSE HELICE	DROITE GAUCHE
ANG. ELICA SU DIAM. PRIM.	ANGLE D'NCLINISON HELICE	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	INTERAXE AU MONTAGE	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

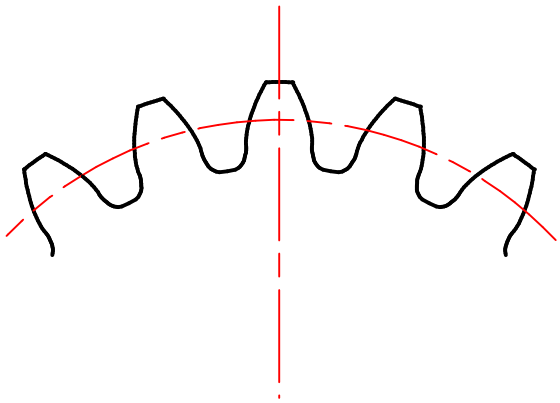
ELICOIDALE CORRETTO italiano–francese



DATI DENTATURA ELICOIDALE		
N° DENTI	N° DENTS	
MODULO NORMALE	MODULE	
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTION ON RAYON PRIMITIF (X*M)	
MODULO CIRCONFERENZ.	MODULE CIRCONFERENTIEL	
DIAM. PRIMITIVO	DIAMETRE PRIMITIF	
DIAMETRO ESTERNO	DIAMETRE EXTERIEUR	
DIAMETRO INTERNO	DIAMETRE INTERIEUR	
ANG. PRESS. UTENSILE	ANGLE DE PRESSION	
SENSO ELICA	SENSE HELICE	DROITE GAUCHE
ANG. ELICA SU DIAM. PRIM.	ANGLE D'NCLINISON HELICE	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° DENTS EN MESURE	
QUOTA WILDABHER	COTE WILDABHER	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	SURFACE DES DENTS	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	INTERAXE AU MONTAGE	
INGRANA CON PARTICOLARE	ENGRENE AVEC PIECE	

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

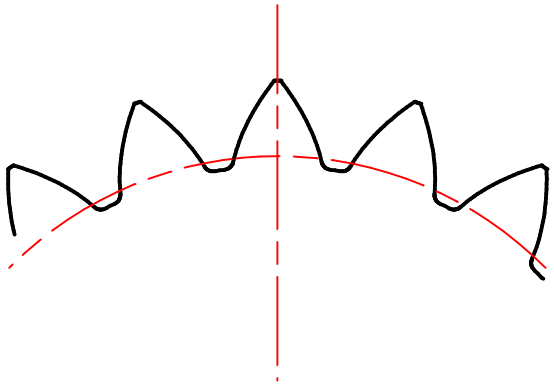
DIRITTI NORMALE italiano–inglese



DENTATURA DIRITTA		
N° DENTI	TEETH	
MODULO	NORM. MODULE	
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	OUTSIDE DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	ROOT DIAMETER	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	$^{-0.02}_{-0.08}$
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

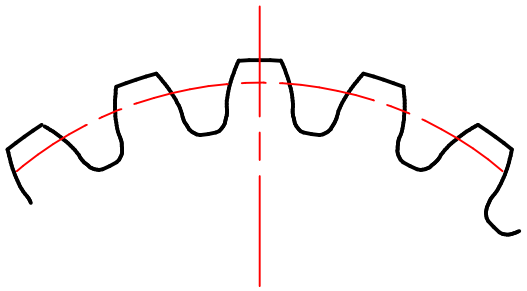
DIRITTI CORRETTO italiano–inglese



DENTATURA DIRITTA		
N° DENTI	TEETH	
MODULO	NORM. MODULE	
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTED PITCH CIRCLE (X*M)	
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	OUTSIDE DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	ROOT DIAMETER	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	$^{-0.02}_{-0.08}$
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

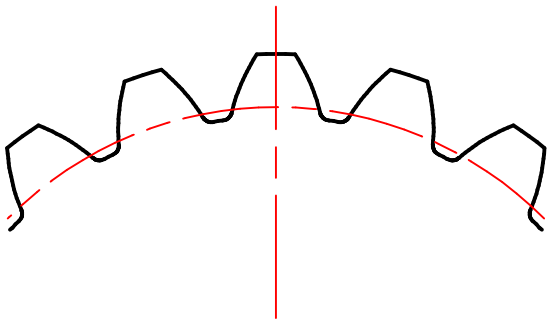
©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

DIRITTI RIBASSATO italiano—inglese



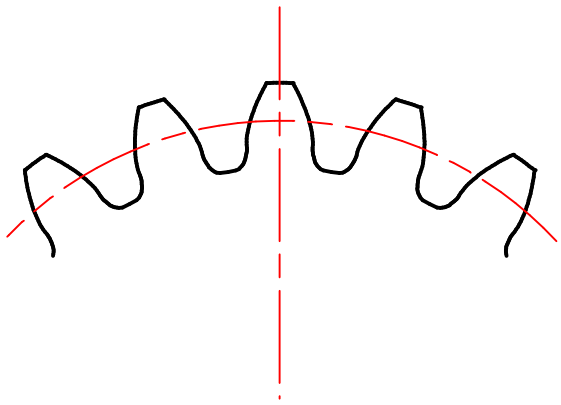
DENTATURA DIRITTA	SPUR GEAR	
N° DENTI	TEETH	
MODULO	NORM. MODULE	
RIBASSATO	CUT ADDENDUM	0.8 * M
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	ROOT DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	INSIDE DIAMETER	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

DIRITTI RIBASSATO E CORRETTO italiano–inglese



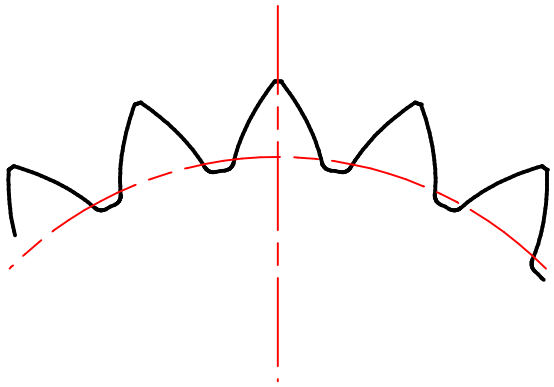
DENTATURA DIRITTA	SPUR GEAR	
N° DENTI	TEETH	
MODULO	NORM. MODULE	
RIBASSATO	CUT ADDENDUM	0.8 * M
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTED PITCH CIRCLE (X*M)	
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	OUTSIDE DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	ROOT DIAMETER	
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

ELICOIDALE NORMALE italiano–inglese



DATI DENTATURA ELICOIDALE	HELICAL GEAR	
N° DENTI	TEETH	
MODULO NORMALE	NORM. MODULE	
MODULO CIRCONFERENZ.	CIRC. MODULE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	OUTSIDE DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	ROOT DIAMETER	
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
SENSO ELICA	HELIX DIRECTION	RIGHT HAND
ANG. ELICA SU DIAM. PRIM.	HELIX ANGLE ON PITCH DIA.	LEFT HAND
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

ELICOIDALE CORRETTO italiano– inglese



DATI DENTATURA ELICOIDALE	HELICAL GEAR	
N° DENTI	TEETH	
MODULO NORMALE	NORM. MODULE	
CORREZIONE SUL RAGGIO PRIMITIVO (X*M)	CORRECTED PITCH CIRCLE (X*M)	
MODULO CIRCONFERENZ.	CIRC. MODULE	
DIAM. PRIMITIVO	CUTTING PITCH DIAMETER	
DIAMETRO ESTERNO	OUTSIDE DIAMETER	
DIAMETRO INTERNO	ROOT DIAMETER	
ANG. PRESS. UTENSILE	TOOL PRESSURE ANGLE	
SENSO ELICA	HELIX DIRECTION	RIGHT HAND
ANG. ELICA SU DIAM. PRIM.	HELIX ANGLE ON PITCH DIA.	LEFT HAND
N° DENTI DI MISURAZIONE	N° TEETH ON MEASUREMENT	
QUOTA WILDABHER	WILDABHER MEASUREMENT	−0.02 −0.08
SUPERF. DENTI	TOOTHING SURFACE	0,8 ▽
INTERASSE DI MONTAGGIO	ASSY DIST. BET. CENTER	
INGRANA CON PARTICOLARE	GEAR WITH PART	

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0,00000000	0,00000177	0,00001418	0,00004790	0,00011364	0,00022220	0,00038448	0,00061151	0,00091449
1	0,0167	0,00000000	0,00000186	0,00001454	0,00004871	0,00011507	0,00022443	0,00038770	0,00061591	0,00092025
2	0,0333	0,00000000	0,00000196	0,00001491	0,00004952	0,00011651	0,00022668	0,00039094	0,00062033	0,00092603
3	0,05	0,00000000	0,00000205	0,00001528	0,00005034	0,00011796	0,00022895	0,00039420	0,00062476	0,00093184
4	0,0667	0,00000000	0,00000215	0,00001565	0,00005117	0,00011943	0,00023123	0,00039748	0,00062922	0,00093767
5	0,0833	0,00000000	0,00000225	0,00001603	0,00005201	0,00012090	0,00023352	0,00040077	0,00063371	0,00094353
6	0,1	0,00000000	0,00000236	0,00001642	0,00005286	0,00012239	0,00023583	0,00040409	0,00063821	0,00094941
7	0,1167	0,00000000	0,00000247	0,00001682	0,00005372	0,00012389	0,00023816	0,00040742	0,00064273	0,00095531
8	0,1333	0,00000000	0,00000258	0,00001722	0,00005458	0,00012541	0,00024049	0,00041077	0,00064728	0,00096124
9	0,15	0,00000001	0,00000270	0,00001762	0,00005546	0,00012693	0,00024285	0,00041414	0,00065184	0,00096719
10	0,1667	0,00000001	0,00000281	0,00001804	0,00005634	0,00012847	0,00024522	0,00041752	0,00065643	0,00097317
11	0,1833	0,00000001	0,00000294	0,00001846	0,00005724	0,00013002	0,00024761	0,00042093	0,00066104	0,00097917
12	0,2	0,00000001	0,00000306	0,00001888	0,00005814	0,00013158	0,00025001	0,00042435	0,00066567	0,00098520
13	0,2167	0,00000002	0,00000319	0,00001931	0,00005906	0,00013316	0,00025243	0,00042779	0,00067033	0,00099126
14	0,2333	0,00000002	0,00000333	0,00001975	0,00005998	0,00013474	0,00025486	0,00043125	0,00067500	0,00099733
15	0,25	0,00000003	0,00000346	0,00002020	0,00006091	0,00013634	0,00025731	0,00043473	0,00067970	0,00100344
16	0,2667	0,00000003	0,00000360	0,00002065	0,00006186	0,00013796	0,00025977	0,00043823	0,00068442	0,00100956
17	0,2833	0,00000004	0,00000375	0,00002111	0,00006281	0,00013958	0,00026225	0,00044175	0,00068916	0,00101572
18	0,3	0,00000005	0,00000389	0,00002158	0,00006377	0,00014122	0,00026474	0,00044528	0,00069392	0,00102190
19	0,3167	0,00000006	0,00000405	0,00002205	0,00006474	0,00014287	0,00026726	0,00044884	0,00069870	0,00102810
20	0,3333	0,00000007	0,00000420	0,00002253	0,00006573	0,00014453	0,00026978	0,00045241	0,00070351	0,00103433
21	0,35	0,00000008	0,00000436	0,00002301	0,00006672	0,00014621	0,00027233	0,00045601	0,00070834	0,00104058
22	0,3667	0,00000009	0,00000452	0,00002351	0,00006772	0,00014790	0,00027489	0,00045962	0,00071319	0,00104686
23	0,3833	0,00000010	0,00000469	0,00002401	0,00006873	0,00014960	0,00027746	0,00046325	0,00071806	0,00105317
24	0,4	0,00000011	0,00000486	0,00002452	0,00006975	0,00015132	0,00028005	0,00046690	0,00072296	0,00105950
25	0,4167	0,00000013	0,00000504	0,00002503	0,00007078	0,00015305	0,00028266	0,00047057	0,00072788	0,00106585
26	0,4333	0,00000014	0,00000522	0,00002555	0,00007183	0,00015479	0,00028528	0,00047426	0,00073282	0,00107223
27	0,45	0,00000016	0,00000540	0,00002608	0,00007288	0,00015655	0,00028792	0,00047797	0,00073778	0,00107864
28	0,4667	0,00000018	0,00000559	0,00002662	0,00007394	0,00015831	0,00029058	0,00048169	0,00074277	0,00108507
29	0,4833	0,00000020	0,00000579	0,00002716	0,00007501	0,00016010	0,00029325	0,00048544	0,00074777	0,00109153
30	0,5	0,00000022	0,00000598	0,00002771	0,00007610	0,00016189	0,00029594	0,00048921	0,00075280	0,00109801
31	0,5167	0,00000024	0,00000618	0,00002827	0,00007719	0,00016370	0,00029864	0,00049299	0,00075786	0,00110453
32	0,5333	0,00000027	0,00000639	0,00002884	0,00007829	0,00016552	0,00030137	0,00049680	0,00076293	0,00111106
33	0,55	0,00000029	0,00000660	0,00002941	0,00007941	0,00016736	0,00030410	0,00050062	0,00076803	0,00111762
34	0,5667	0,00000032	0,00000682	0,00002999	0,00008053	0,00016921	0,00030686	0,00050447	0,00077315	0,00112421
35	0,5833	0,00000035	0,00000704	0,00003058	0,00008167	0,00017107	0,00030963	0,00050833	0,00077830	0,00113083
36	0,6	0,00000038	0,00000726	0,00003117	0,00008281	0,00017294	0,00031242	0,00051222	0,00078346	0,00113747
37	0,6167	0,00000042	0,00000749	0,00003178	0,00008397	0,00017483	0,00031522	0,00051612	0,00078865	0,00114413
38	0,6333	0,00000045	0,00000772	0,00003239	0,00008514	0,00017674	0,00031805	0,00052005	0,00079387	0,00115082
39	0,65	0,00000049	0,00000796	0,00003301	0,00008632	0,00017866	0,00032088	0,00052399	0,00079910	0,00115754
40	0,6667	0,00000053	0,00000821	0,00003364	0,00008751	0,00018059	0,00032374	0,00052795	0,00080436	0,00116429
41	0,6833	0,00000057	0,00000846	0,00003427	0,00008871	0,00018253	0,00032661	0,00053194	0,00080965	0,00117106
42	0,7	0,00000061	0,00000871	0,00003491	0,00008992	0,00018449	0,00032950	0,00053594	0,00081495	0,00117786
43	0,7167	0,00000065	0,00000897	0,00003556	0,00009114	0,00018646	0,00033241	0,00053997	0,00082028	0,00118468
44	0,7333	0,00000070	0,00000923	0,00003622	0,00009237	0,00018845	0,00033533	0,00054401	0,00082563	0,00119153
45	0,75	0,00000075	0,00000950	0,00003689	0,00009362	0,00019045	0,00033827	0,00054808	0,00083101	0,00119841
46	0,7667	0,00000080	0,00000978	0,00003757	0,00009487	0,00019247	0,00034123	0,00055216	0,00083641	0,00120532
47	0,7833	0,00000085	0,00001005	0,00003825	0,00009614	0,00019450	0,00034421	0,00055627	0,00084183	0,00121225
48	0,8	0,00000091	0,00001034	0,00003894	0,00009742	0,00019654	0,00034720	0,00056039	0,00084728	0,00121920
49	0,8167	0,00000097	0,00001063	0,00003964	0,00009870	0,00019860	0,00035021	0,00056454	0,00085275	0,00122619
50	0,8333	0,00000103	0,00001092	0,00004035	0,00010000	0,00020067	0,00035324	0,00056870	0,00085824	0,00123320
51	0,85	0,00000109	0,00001123	0,00004107	0,00010132	0,00020276	0,00035628	0,00057289	0,00086376	0,00124024
52	0,8667	0,00000115	0,00001153	0,00004179	0,00010264	0,00020486	0,00035934	0,00057710	0,00086930	0,00124731
53	0,8833	0,00000122	0,00001184	0,00004252	0,00010397	0,00020698	0,00036242	0,00058133	0,00087487	0,00125440
54	0,9	0,00000129	0,00001216	0,00004327	0,00010532	0,00020911	0,00036552	0,00058558	0,00088046	0,00126152
55	0,9167	0,00000137	0,00001248	0,00004402	0,00010668	0,00021125	0,00036864	0,00058985	0,00088607	0,00126866
56	0,9333	0,00000144	0,00001281	0,00004478	0,00010805	0,00021341	0,00037177	0,00059414	0,00089171	0,00127584
57	0,95	0,00000152	0,00001315	0,00004554	0,00010943	0,00021559	0,00037492	0,00059845	0,00089737	0,00128304
58	0,9667	0,00000160	0,00001349	0,00004632	0,00011082	0,00021778	0,00037809	0,00060278	0,00090305	0,00129027
59	0,9833	0,00000169	0,00001383	0,00004711	0,00011223	0,00021998	0,00038128	0,00060714	0,00090876	0,00129752
60	1	0,00000177	0,00001418	0,00004790	0,00011364	0,00022220	0,00038448	0,00061151	0,00091449	0,00130481

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	0	0,00130481	0,00179406	0,00239409	0,00311705	0,00397539	0,00498191	0,00614980	0,00749271	0,00902471
1	0,0167	0,00131212	0,00180311	0,00240510	0,00313021	0,00399091	0,00500001	0,00617071	0,00751665	0,00905193
2	0,0333	0,00131946	0,00181221	0,00241614	0,00314341	0,00400648	0,00501816	0,00619167	0,00754065	0,00907920
3	0,05	0,00132682	0,00182133	0,00242722	0,00315665	0,00402209	0,00503636	0,00621268	0,00756470	0,00910653
4	0,0667	0,00133422	0,00183048	0,00243833	0,00316992	0,00403774	0,00505460	0,00623373	0,00758880	0,00913392
5	0,0833	0,00134164	0,00183966	0,00244947	0,00318323	0,00405343	0,00507288	0,00625484	0,00761295	0,00916137
6	0,1	0,00134909	0,00184888	0,00246065	0,00319658	0,00406916	0,00509121	0,00627599	0,00763716	0,00918887
7	0,1167	0,00135656	0,00185812	0,00247187	0,00320997	0,00408493	0,00510959	0,00629719	0,00766142	0,00921643
8	0,1333	0,00136407	0,00186740	0,00248312	0,00322340	0,00410075	0,00512801	0,00631844	0,00768573	0,00924404
9	0,15	0,00137160	0,00187670	0,00249440	0,00323686	0,00411660	0,00514648	0,00633974	0,00771010	0,00927172
10	0,1667	0,00137916	0,00188604	0,00250572	0,00325037	0,00413250	0,00516499	0,00636109	0,00773452	0,00929945
11	0,1833	0,00138675	0,00189541	0,00251707	0,00326391	0,00414844	0,00518354	0,00638249	0,00775899	0,00932723
12	0,2	0,00139437	0,00190482	0,00252846	0,00327748	0,00416442	0,00520215	0,00640394	0,00778352	0,00935508
13	0,2167	0,00140201	0,00191425	0,00253988	0,00329110	0,00418044	0,00522080	0,00642544	0,00780810	0,00938298
14	0,2333	0,00140968	0,00192371	0,00255133	0,00330476	0,00419651	0,00523949	0,00644698	0,00783273	0,00941094
15	0,25	0,00141739	0,00193321	0,00256283	0,00331845	0,00421262	0,00525823	0,00646858	0,00785742	0,00943896
16	0,2667	0,00142512	0,00194274	0,00257435	0,00333218	0,00422877	0,00527701	0,00649023	0,00788216	0,00946703
17	0,2833	0,00143287	0,00195230	0,00258592	0,00334595	0,00424496	0,00529584	0,00651192	0,00790695	0,00949517
18	0,3	0,00144066	0,00196189	0,00259751	0,00335976	0,00426119	0,00531472	0,00653367	0,00793180	0,00952336
19	0,3167	0,00144847	0,00197151	0,00260914	0,00337361	0,00427747	0,00533364	0,00655546	0,00795670	0,00955160
20	0,3333	0,00145632	0,00198116	0,00262081	0,00338750	0,00429379	0,00535261	0,00657731	0,00798165	0,00957991
21	0,35	0,00146419	0,00199085	0,00263251	0,00340142	0,00431015	0,00537163	0,00659920	0,00800666	0,00960827
22	0,3667	0,00147209	0,00200057	0,00264425	0,00341539	0,00432655	0,00539069	0,00662115	0,00803172	0,00963670
23	0,3833	0,00148002	0,00201032	0,00265603	0,00342939	0,00434300	0,00540979	0,00664314	0,00805684	0,00966518
24	0,4	0,00148798	0,00202010	0,00266783	0,00344343	0,00435948	0,00542895	0,00666519	0,00808201	0,00969371
25	0,4167	0,00149596	0,00202992	0,00267968	0,00345751	0,00437602	0,00544815	0,00668728	0,00810723	0,00972231
26	0,4333	0,00150398	0,00203976	0,00269156	0,00347163	0,00439259	0,00546739	0,00670943	0,00813251	0,00975097
27	0,45	0,00151202	0,00204964	0,00270347	0,00348579	0,00440920	0,00548669	0,00673162	0,00815784	0,00977968
28	0,4667	0,00152010	0,00205955	0,00271543	0,00349999	0,00442586	0,00550603	0,00675387	0,00818323	0,00980845
29	0,4833	0,00152820	0,00206950	0,00272741	0,00351423	0,00444257	0,00552541	0,00677616	0,00820867	0,00983728
30	0,5	0,00153633	0,00207947	0,00273944	0,00352851	0,00445931	0,00554484	0,00679851	0,00823417	0,00986617
31	0,5167	0,00154449	0,00208948	0,00275149	0,00354282	0,00447610	0,00556432	0,00682091	0,00825972	0,00989512
32	0,5333	0,00155268	0,00209952	0,00276359	0,00355718	0,00449293	0,00558385	0,00684335	0,00828532	0,00992412
33	0,55	0,00156090	0,00210960	0,00277572	0,00357157	0,00450980	0,00560342	0,00686585	0,00831098	0,00995319
34	0,5667	0,00156915	0,00211970	0,00278789	0,00358601	0,00452672	0,00562304	0,00688840	0,00833670	0,00998231
35	0,5833	0,00157742	0,00212984	0,00280009	0,00360048	0,00454368	0,00564271	0,00691100	0,00836247	0,01001150
36	0,6	0,00158573	0,00214001	0,00281233	0,00361500	0,00456068	0,00566242	0,00693365	0,00838829	0,01004074
37	0,6167	0,00159407	0,00215022	0,00282460	0,00362955	0,00457773	0,00568218	0,00695636	0,00841417	0,01007004
38	0,6333	0,00160243	0,00216045	0,00283691	0,00364414	0,00459482	0,00570199	0,00697911	0,00844010	0,01009940
39	0,65	0,00161083	0,00217072	0,00284926	0,00365878	0,00461195	0,00572184	0,00700191	0,00846609	0,01012882
40	0,6667	0,00161925	0,00218103	0,00286164	0,00367345	0,00462913	0,00574174	0,00702477	0,00849214	0,01015830
41	0,6833	0,00162771	0,00219136	0,00287407	0,00368816	0,00464635	0,00576169	0,00704767	0,00851824	0,01018783
42	0,7	0,00163619	0,00220173	0,00288652	0,00370292	0,00466362	0,00578169	0,00707063	0,00854439	0,01021743
43	0,7167	0,00164471	0,00221213	0,00289902	0,00371771	0,00468092	0,00580173	0,00709364	0,00857060	0,01024709
44	0,7333	0,00165325	0,00222257	0,00291155	0,00373254	0,00469828	0,00582182	0,00711670	0,00859687	0,01027681
45	0,75	0,00166182	0,00223304	0,00292411	0,00374742	0,00471567	0,00584196	0,00713981	0,00862319	0,01030658
46	0,7667	0,00167043	0,00224354	0,00293672	0,00376233	0,00473311	0,00586215	0,00716297	0,00864957	0,01033642
47	0,7833	0,00167906	0,00225407	0,00294936	0,00377729	0,00475059	0,00588239	0,00718619	0,00867600	0,01036631
48	0,8	0,00168773	0,00226464	0,00296203	0,00379228	0,00476812	0,00590267	0,00720946	0,00870249	0,01039627
49	0,8167	0,00169642	0,00227525	0,00297475	0,00380732	0,00478569	0,00592300	0,00723277	0,00872903	0,01042628
50	0,8333	0,00170514	0,00228588	0,00298750	0,00382239	0,00480331	0,00594338	0,00725614	0,00875563	0,01045636
51	0,85	0,00171390	0,00229655	0,00300029	0,00383751	0,00482097	0,00596380	0,00727957	0,00878228	0,01048650
52	0,8667	0,00172268	0,00230725	0,00301311	0,00385267	0,00483867	0,00598428	0,00730304	0,00880900	0,01051669
53	0,8833	0,00173150	0,00231799	0,00302597	0,00386786	0,00485642	0,00600480	0,00732656	0,00883576	0,01054695
54	0,9	0,00174034	0,00232876	0,00303887	0,00388310	0,00487421	0,00602537	0,00735014	0,00886259	0,01057726
55	0,9167	0,00174922	0,00233956	0,00305181	0,00389838	0,00489205	0,00604599	0,00737377	0,00888947	0,01060764
56	0,9333	0,00175812	0,00235040	0,00306478	0,00391370	0,00490993	0,00606665	0,00739745	0,00891640	0,01063808
57	0,95	0,00176706	0,00236127	0,00307779	0,00392906	0,00492786	0,00608737	0,00742119	0,00894339	0,01066857
58	0,9667	0,00177603	0,00237218	0,00309084	0,00394446	0,00494583	0,00610813	0,00744498	0,00897044	0,01069913
59	0,9833	0,00178503	0,00238312	0,00310393	0,00395990	0,00496385	0,00612894	0,00746881	0,00899755	0,01072975
60	1	0,00179406	0,00239409	0,00311705	0,00397539	0,00498191	0,00614980	0,00749271	0,00902471	0,01076043

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	18	19	20	21	22	23	24	25	26
0	0	0,01076043	0,01271506	0,01490438	0,01734489	0,02005379	0,02304909	0,02634966	0,02997535	0,03394698
1	0,0167	0,01079117	0,01274958	0,01494295	0,01738779	0,02010131	0,02310154	0,02640737	0,03003864	0,03401623
2	0,0333	0,01082197	0,01278416	0,01498159	0,01743077	0,02014892	0,02315408	0,02646517	0,03010204	0,03408558
3	0,05	0,01085283	0,01281881	0,01502030	0,01747382	0,02019660	0,02320671	0,02652306	0,03016553	0,03415504
4	0,0667	0,01088376	0,01285353	0,01505908	0,01751694	0,02024436	0,02325942	0,02658104	0,03022912	0,03422459
5	0,0833	0,01091474	0,01288831	0,01509793	0,01756014	0,02029221	0,02331221	0,02663911	0,03029281	0,03429425
6	0,1	0,01094579	0,01292316	0,01513685	0,01760341	0,02034013	0,02336509	0,02669727	0,03035659	0,03436401
7	0,1167	0,01097689	0,01295807	0,01517584	0,01764676	0,02038813	0,02341805	0,02675552	0,03042047	0,03443387
8	0,1333	0,01100806	0,01299305	0,01521490	0,01769019	0,02043621	0,02347110	0,02681386	0,03048444	0,03450384
9	0,15	0,01103929	0,01302810	0,01525404	0,01773369	0,02048438	0,02352424	0,02687229	0,03054851	0,03457391
10	0,1667	0,01107058	0,01306321	0,01529324	0,01777726	0,02053262	0,02357746	0,02693082	0,03061268	0,03464408
11	0,1833	0,01110193	0,01309838	0,01533251	0,01782091	0,02058094	0,02363077	0,02698943	0,03067695	0,03471436
12	0,2	0,01113335	0,01313363	0,01537185	0,01786464	0,02062935	0,02368416	0,02704814	0,03074131	0,03478474
13	0,2167	0,01116482	0,01316894	0,01541126	0,01790844	0,02067783	0,02373764	0,02710694	0,03080577	0,03485522
14	0,2333	0,01119636	0,01320431	0,01545075	0,01795231	0,02072640	0,02379120	0,02716583	0,03087033	0,03492581
15	0,25	0,01122796	0,01323975	0,01549030	0,01799627	0,02077504	0,02384485	0,02722481	0,03093498	0,03499650
16	0,2667	0,01125962	0,01327526	0,01552993	0,01804029	0,02082377	0,02389859	0,02728388	0,03099974	0,03506729
17	0,2833	0,01129134	0,01331083	0,01556963	0,01808440	0,02087258	0,02395241	0,02734305	0,03106459	0,03513819
18	0,3	0,01132313	0,01334647	0,01560939	0,01812858	0,02092147	0,02400632	0,02740230	0,03112953	0,03520919
19	0,3167	0,01135497	0,01338218	0,01564923	0,01817283	0,02097044	0,02406032	0,02746165	0,03119458	0,03528030
20	0,3333	0,01138688	0,01341795	0,01568914	0,01821716	0,02101949	0,02411440	0,02752109	0,03125972	0,03535151
21	0,35	0,01141885	0,01345379	0,01572913	0,01826157	0,02106862	0,02416857	0,02758063	0,03132497	0,03542282
22	0,3667	0,01145089	0,01348970	0,01576918	0,01830606	0,02111783	0,02422283	0,02764025	0,03139031	0,03549424
23	0,3833	0,01148298	0,01352567	0,01580930	0,01835062	0,02116713	0,02427717	0,02769997	0,03145574	0,03556576
24	0,4	0,01151514	0,01356172	0,01584950	0,01839525	0,02121650	0,02433160	0,02775978	0,03152128	0,03563739
25	0,4167	0,01154736	0,01359782	0,01588977	0,01843997	0,02126596	0,02438611	0,02781968	0,03158692	0,03570912
26	0,4333	0,01157965	0,01363400	0,01593011	0,01848476	0,02131550	0,02444072	0,02787968	0,03165265	0,03578096
27	0,45	0,01161199	0,01367024	0,01597052	0,01852963	0,02136512	0,02449541	0,02793977	0,03171848	0,03585290
28	0,4667	0,01164440	0,01370655	0,01601100	0,01857457	0,02141483	0,02455018	0,02799995	0,03178441	0,03592495
29	0,4833	0,01167687	0,01374292	0,01605156	0,01861959	0,02146461	0,02460505	0,02806022	0,03185044	0,03599710
30	0,5	0,01170941	0,01377937	0,01609218	0,01866469	0,02151448	0,02466000	0,02812059	0,03191657	0,03606936
31	0,5167	0,01174201	0,01381588	0,01613288	0,01870986	0,02156443	0,02471504	0,02818105	0,03198280	0,03614172
32	0,5333	0,01177467	0,01385246	0,01617365	0,01875511	0,02161446	0,02477017	0,02824160	0,03204913	0,03621419
33	0,55	0,01180739	0,01388910	0,01621450	0,01880044	0,02166458	0,02482538	0,02830225	0,03211556	0,03628676
34	0,5667	0,01184018	0,01392582	0,01625541	0,01884585	0,02171477	0,02488069	0,02836299	0,03218208	0,03635944
35	0,5833	0,01187303	0,01396260	0,01629640	0,01889133	0,02176505	0,02493608	0,02842382	0,03224871	0,03643223
36	0,6	0,01190594	0,01399945	0,01633746	0,01893689	0,02181541	0,02499155	0,02848475	0,03231543	0,03650512
37	0,6167	0,01193892	0,01403637	0,01637860	0,01898253	0,02186586	0,02504712	0,02854577	0,03238226	0,03657811
38	0,6333	0,01197196	0,01407335	0,01641980	0,01902824	0,02191638	0,02510278	0,02860689	0,03244918	0,03665122
39	0,65	0,01200506	0,01411041	0,01646108	0,01907404	0,02196699	0,02515852	0,02866809	0,03251621	0,03672443
40	0,6667	0,01203823	0,01414753	0,01650243	0,01911991	0,02201769	0,02521435	0,02872940	0,03258333	0,03679774
41	0,6833	0,01207146	0,01418472	0,01654386	0,01916586	0,02206846	0,02527027	0,02879079	0,03265056	0,03687116
42	0,7	0,01210476	0,01422197	0,01658536	0,01921188	0,02211932	0,02532628	0,02885229	0,03271788	0,03694469
43	0,7167	0,01213811	0,01425930	0,01662693	0,01925799	0,02217026	0,02538237	0,02891387	0,03278531	0,03701833
44	0,7333	0,01217154	0,01429670	0,01666857	0,01930417	0,02222129	0,02543856	0,02897555	0,03285283	0,03709207
45	0,75	0,01220502	0,01433416	0,01671029	0,01935043	0,02227240	0,02549483	0,02903732	0,03292046	0,03716592
46	0,7667	0,01223857	0,01437169	0,01675208	0,01939677	0,02232359	0,02555120	0,02909919	0,03298819	0,03723988
47	0,7833	0,01227219	0,01440929	0,01679394	0,01944319	0,02237486	0,02560765	0,02916116	0,03305601	0,03731394
48	0,8	0,01230587	0,01444696	0,01683588	0,01948969	0,02242622	0,02566419	0,02922322	0,03312394	0,03738811
49	0,8167	0,01233961	0,01448470	0,01687789	0,01953626	0,02247767	0,02572082	0,02928537	0,03319197	0,03746239
50	0,8333	0,01237342	0,01452251	0,01691998	0,01958292	0,02252919	0,02577754	0,02934762	0,03326010	0,03753677
51	0,85	0,01240729	0,01456038	0,01696214	0,01962965	0,02258080	0,02583435	0,02940996	0,03332833	0,03761126
52	0,8667	0,01244123	0,01459833	0,01700437	0,01967646	0,02263250	0,02589125	0,02947240	0,03339666	0,03768586
53	0,8833	0,01247523	0,01463634	0,01704667	0,01972335	0,02268428	0,02594823	0,02953493	0,03346510	0,03776057
54	0,9	0,01250930	0,01467443	0,01708905	0,01977032	0,02273614	0,02600531	0,02959756	0,03353363	0,03783539
55	0,9167	0,01254343	0,01471258	0,01713151	0,01981736	0,02278809	0,02606248	0,02966029	0,03360227	0,03791031
56	0,9333	0,01257762	0,01475080	0,01717404	0,01986449	0,02284012	0,02611974	0,02972311	0,03367101	0,03798534
57	0,95	0,01261188	0,01478909	0,01721664	0,01991170	0,02289223	0,02617708	0,02978602	0,03373985	0,03806048
58	0,9667	0,01264621	0,01482745	0,01725932	0,01995898	0,02294443	0,02623452	0,02984903	0,03380879	0,03813573
59	0,9833	0,01268060	0,01486588	0,01730207	0,02000635	0,02299672	0,02629205	0,02991214	0,03387784	0,03821109
60	1	0,01271506	0,01490438	0,01734489	0,02005379	0,02304909	0,02634966	0,02997535	0,03394698	0,03828655

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	27	28	29	30	31	32	33	34	35
0	0	0,03828655	0,04301724	0,04816357	0,05375149	0,05980855	0,06636399	0,07344894	0,08109657	0,08934230
1	0,0167	0,03836213	0,04309954	0,04825301	0,05384852	0,05991364	0,06647765	0,07357169	0,08122900	0,08948501
2	0,0333	0,03843781	0,04318195	0,04834257	0,05394568	0,06001887	0,06659145	0,07369461	0,08136159	0,08962789
3	0,05	0,03851360	0,04326448	0,04843225	0,05404297	0,06012424	0,06670540	0,07381767	0,08149435	0,08977095
4	0,0667	0,03858950	0,04334712	0,04852206	0,05414039	0,06022974	0,06681949	0,07394090	0,08162727	0,08991419
5	0,0833	0,03866551	0,04342988	0,04861199	0,05423794	0,06033539	0,06693374	0,07406428	0,08176037	0,09005761
6	0,1	0,03874163	0,04351275	0,04870205	0,05433562	0,06044117	0,06704813	0,07418782	0,08189362	0,09020120
7	0,1167	0,03881785	0,04359574	0,04879223	0,05443343	0,06054709	0,06716267	0,07431151	0,08202705	0,09034498
8	0,1333	0,03889419	0,04367885	0,04888253	0,05453138	0,06065315	0,06727735	0,07443536	0,08216064	0,09048892
9	0,15	0,03897064	0,04376208	0,04897295	0,05462945	0,06075936	0,06739219	0,07455937	0,08229441	0,09063305
10	0,1667	0,03904719	0,04384542	0,04906350	0,05472766	0,06086570	0,06750718	0,07468354	0,08242833	0,09077736
11	0,1833	0,03912386	0,04392887	0,04915417	0,05482599	0,06097218	0,06762231	0,07480787	0,08256243	0,09092184
12	0,2	0,03920063	0,04401245	0,04924497	0,05492446	0,06107880	0,06773759	0,07493235	0,08269669	0,09106650
13	0,2167	0,03927752	0,04409614	0,04933589	0,05502307	0,06118556	0,06785302	0,07505699	0,08283113	0,09121135
14	0,2333	0,03935452	0,04417994	0,04942693	0,05512180	0,06129246	0,06796860	0,07518179	0,08296573	0,09135637
15	0,25	0,03943162	0,04426387	0,04951810	0,05522066	0,06139951	0,06808433	0,07530675	0,08310050	0,09150157
16	0,2667	0,03950884	0,04434791	0,04960940	0,05531966	0,06150669	0,06820021	0,07543187	0,08323543	0,09164694
17	0,2833	0,03958616	0,04443207	0,04970081	0,05541879	0,06161401	0,06831623	0,07555715	0,08337054	0,09179250
18	0,3	0,03966360	0,04451635	0,04979236	0,05551806	0,06172147	0,06843241	0,07568258	0,08350582	0,09193824
19	0,3167	0,03974115	0,04460074	0,04988402	0,05561745	0,06182908	0,06854874	0,07580818	0,08364126	0,09208416
20	0,3333	0,03981881	0,04468525	0,04997582	0,05571698	0,06193682	0,06866521	0,07593393	0,08377687	0,09223026
21	0,35	0,03989658	0,04476988	0,05006774	0,05581664	0,06204471	0,06878184	0,07605984	0,08391266	0,09237654
22	0,3667	0,03997446	0,04485463	0,05015978	0,05591643	0,06215274	0,06889862	0,07618591	0,08404861	0,09252299
23	0,3833	0,04005245	0,04493949	0,05025195	0,05601636	0,06226091	0,06901554	0,07631215	0,08418473	0,09266963
24	0,4	0,04013055	0,04502448	0,05034424	0,05611642	0,06236922	0,06913262	0,07643854	0,08432103	0,09281645
25	0,4167	0,04020876	0,04510958	0,05043666	0,05621662	0,06247768	0,06924985	0,07656509	0,08445749	0,09296346
26	0,4333	0,04028709	0,04519480	0,05052921	0,05631694	0,06258627	0,06936723	0,07669180	0,08459412	0,09311064
27	0,45	0,04036553	0,04528014	0,05062188	0,05641741	0,06269501	0,06948476	0,07681868	0,08473093	0,09325800
28	0,4667	0,04044407	0,04536559	0,05071468	0,05651800	0,06280389	0,06960244	0,07694571	0,08486790	0,09340555
29	0,4833	0,04052273	0,04545117	0,05080760	0,05661873	0,06291291	0,06972027	0,07707291	0,08500505	0,09355327
30	0,5	0,04060151	0,04553686	0,05090065	0,05671959	0,06302207	0,06983825	0,07720026	0,08514237	0,09370118
31	0,5167	0,04068039	0,04562268	0,05099383	0,05682059	0,06313138	0,06995639	0,07732778	0,08527985	0,09384927
32	0,5333	0,04075939	0,04570861	0,05108713	0,05692172	0,06324083	0,07007468	0,07745546	0,08541751	0,09399755
33	0,55	0,04083849	0,04579466	0,05118056	0,05702299	0,06335042	0,07019312	0,07758330	0,08555535	0,09414600
34	0,5667	0,04091771	0,04588083	0,05127411	0,05712439	0,06346016	0,07031171	0,07771130	0,08569335	0,09429464
35	0,5833	0,04099705	0,04596712	0,05136780	0,05722593	0,06357004	0,07043045	0,07783946	0,08583152	0,09444346
36	0,6	0,04107649	0,04605353	0,05146161	0,05732760	0,06368006	0,07054934	0,07796778	0,08596987	0,09459247
37	0,6167	0,04115605	0,04614006	0,05155554	0,05742941	0,06379023	0,07066839	0,07809627	0,08610839	0,09474166
38	0,6333	0,04123572	0,04622671	0,05164961	0,05753135	0,06390054	0,07078759	0,07822492	0,08624708	0,09489103
39	0,65	0,04131551	0,04631348	0,05174380	0,05763343	0,06401099	0,07090695	0,07835373	0,08638595	0,09504058
40	0,6667	0,04139540	0,04640037	0,05183812	0,05773564	0,06412159	0,07102645	0,07848270	0,08652498	0,09519032
41	0,6833	0,04147541	0,04648738	0,05193257	0,05783799	0,06423233	0,07114611	0,07861184	0,08666419	0,09534025
42	0,7	0,04155553	0,04657451	0,05202714	0,05794047	0,06434321	0,07126592	0,07874114	0,08680358	0,09549035
43	0,7167	0,04163577	0,04666176	0,05212184	0,05804309	0,06445425	0,07138589	0,07887060	0,08694313	0,09564064
44	0,7333	0,04171612	0,04674913	0,05221668	0,05814584	0,06456542	0,07150601	0,07900023	0,08708287	0,09579112
45	0,75	0,04179658	0,04683663	0,05231163	0,05824874	0,06467674	0,07162628	0,07913002	0,08722277	0,09594178
46	0,7667	0,04187716	0,04692424	0,05240672	0,05835176	0,06478820	0,07174671	0,07925997	0,08736285	0,09609263
47	0,7833	0,04195785	0,04701197	0,05250194	0,05845493	0,06489981	0,07186729	0,07939008	0,08750310	0,09624366
48	0,8	0,04203866	0,04709983	0,05259728	0,05855823	0,06501157	0,07198803	0,07952036	0,08764353	0,09639487
49	0,8167	0,04211958	0,04718780	0,05269276	0,05866167	0,06512347	0,07210892	0,07965081	0,08778413	0,09654628
50	0,8333	0,04220061	0,04727590	0,05278836	0,05876524	0,06523551	0,07222996	0,07978142	0,08792490	0,09669786
51	0,85	0,04228176	0,04736412	0,05288409	0,05886896	0,06534770	0,07235116	0,07991219	0,08806585	0,09684964
52	0,8667	0,04236302	0,04745246	0,05297995	0,05897280	0,06546004	0,07247252	0,08004313	0,08820698	0,09700160
53	0,8833	0,04244439	0,04754092	0,05307594	0,05907679	0,06557252	0,07259402	0,08017423	0,08834828	0,09715374
54	0,9	0,04252588	0,04762950	0,05317206	0,05918091	0,06568515	0,07271569	0,08030550	0,08848975	0,09730608
55	0,9167	0,04260749	0,04771821	0,05326831	0,05928518	0,06579792	0,07283751	0,08043693	0,08863140	0,09745859
56	0,9333	0,04268921	0,04780704	0,05336468	0,05938958	0,06591084	0,07295948	0,08056853	0,08877323	0,09761130
57	0,95	0,04277104	0,04789599	0,05346119	0,05949411	0,06602391	0,07308161	0,08070029	0,08891523	0,09776419
58	0,9667	0,04285299	0,04798506	0,05355783	0,05959879	0,06613712	0,07320390	0,08083222	0,08905741	0,09791727
59	0,9833	0,04293506	0,04807425	0,05365460	0,05970360	0,06625048	0,07332634	0,08096431	0,08919977	0,09807054
60	1	0,04301724	0,04816357	0,05375149	0,05980855	0,06636399	0,07344894	0,08109657	0,08934230	0,09822400

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	36	37	38	39	40	41	42	43	44
0	0	0,09822400	0,10778223	0,11806051	0,12910562	0,14096793	0,15370174	0,16736576	0,18202351	0,19774390
1	0,0167	0,09837764	0,10794751	0,11823818	0,12929649	0,14117286	0,15392169	0,16760173	0,18227661	0,19801533
2	0,0333	0,09853147	0,10811299	0,11841606	0,12948758	0,14137804	0,15414189	0,16783797	0,18253000	0,19828707
3	0,05	0,09868549	0,10827866	0,11859415	0,12967890	0,14158345	0,15436235	0,16807449	0,18278369	0,19855913
4	0,0667	0,09883970	0,10844454	0,11877246	0,12987044	0,14178911	0,15458306	0,16831129	0,18303768	0,19883151
5	0,0833	0,09899410	0,10861063	0,11895098	0,13006222	0,14199502	0,15480404	0,16854837	0,18329196	0,19910421
6	0,1	0,09914868	0,10877691	0,11912971	0,13025422	0,14220116	0,15502528	0,16878572	0,18354654	0,19937722
7	0,1167	0,09930346	0,10894339	0,11930866	0,13044645	0,14240755	0,15524678	0,16902335	0,18380142	0,19965055
8	0,1333	0,09945842	0,10911008	0,11948783	0,13063891	0,14261418	0,15546853	0,16926126	0,18405659	0,19992419
9	0,15	0,09961357	0,10927696	0,11966720	0,13083159	0,14282106	0,15569055	0,16949945	0,18431206	0,20019816
10	0,1667	0,09976892	0,10944405	0,11984680	0,13102451	0,14302818	0,15591283	0,16973792	0,18456783	0,20047245
11	0,1833	0,09992445	0,10961134	0,12002661	0,13121766	0,14323555	0,15613537	0,16997666	0,18482390	0,20074705
12	0,2	0,10008017	0,10977883	0,12020663	0,13141103	0,14344316	0,15635817	0,17021569	0,18508027	0,20102198
13	0,2167	0,10023609	0,10994653	0,12038687	0,13160464	0,14365102	0,15658123	0,17045499	0,18533693	0,20129722
14	0,2333	0,10039219	0,11011442	0,12056732	0,13179847	0,14385912	0,15680456	0,17069457	0,18559390	0,20157279
15	0,25	0,10054848	0,11028252	0,12074800	0,13199254	0,14406747	0,15702815	0,17093444	0,18585117	0,20184868
16	0,2667	0,10070497	0,11045083	0,12092888	0,13218683	0,14427606	0,15725200	0,17117458	0,18610873	0,20212489
17	0,2833	0,10086164	0,11061933	0,12110999	0,13238136	0,14448490	0,15747611	0,17141501	0,18636660	0,20240142
18	0,3	0,10101851	0,11078804	0,12129131	0,13257612	0,14469398	0,15770048	0,17165571	0,18662476	0,20267827
19	0,3167	0,10117557	0,11095696	0,12147285	0,13277111	0,14490332	0,15792512	0,17189670	0,18688323	0,20295544
20	0,3333	0,10133282	0,11112608	0,12165460	0,13296633	0,14511290	0,15815003	0,17213797	0,18714200	0,20323294
21	0,35	0,10149026	0,11129540	0,12183658	0,13316178	0,14532272	0,15837519	0,17237953	0,18740107	0,20351076
22	0,3667	0,10164789	0,11146492	0,12201877	0,13335747	0,14553280	0,15860063	0,17262136	0,18766044	0,20378890
23	0,3833	0,10180572	0,11163465	0,12220117	0,13355339	0,14574312	0,15882632	0,17286348	0,18792012	0,20406737
24	0,4	0,10196374	0,11180459	0,12238380	0,13374954	0,14595369	0,15905228	0,17310588	0,18818010	0,20434616
25	0,4167	0,10212195	0,11197473	0,12256665	0,13394592	0,14616451	0,15927851	0,17334856	0,18844038	0,20462528
26	0,4333	0,10228035	0,11214508	0,12274971	0,13414253	0,14637558	0,15950500	0,17359153	0,18870096	0,20490472
27	0,45	0,10243895	0,11231563	0,12293299	0,13433938	0,14658689	0,15973176	0,17383478	0,18896185	0,20518449
28	0,4667	0,10259774	0,11248639	0,12311649	0,13453646	0,14679846	0,15995878	0,17407832	0,18922304	0,20546458
29	0,4833	0,10275672	0,11265735	0,12330021	0,13473378	0,14701027	0,16018607	0,17432214	0,18948454	0,20574500
30	0,5	0,10291590	0,11282852	0,12348415	0,13493133	0,14722234	0,16041362	0,17456624	0,18974634	0,20602575
31	0,5167	0,10307527	0,11299989	0,12366831	0,13512912	0,14743465	0,16064145	0,17481063	0,19000845	0,20630682
32	0,5333	0,10323483	0,11317148	0,12385270	0,13532714	0,14764722	0,16086954	0,17505531	0,19027086	0,20658822
33	0,55	0,10339459	0,11334326	0,12403730	0,13552539	0,14786003	0,16109790	0,17530027	0,19053358	0,20686995
34	0,5667	0,10355455	0,11351526	0,12422212	0,13572388	0,14807310	0,16132652	0,17554552	0,19079661	0,20715200
35	0,5833	0,10371469	0,11368746	0,12440716	0,13592260	0,14828642	0,16155542	0,17579105	0,19105994	0,20743438
36	0,6	0,10387504	0,11385987	0,12459242	0,13612156	0,14849998	0,16178458	0,17603688	0,19132358	0,20771710
37	0,6167	0,10403557	0,11403249	0,12477790	0,13632076	0,14871380	0,16201401	0,17628299	0,19158752	0,20800014
38	0,6333	0,10419631	0,11420532	0,12496361	0,13652019	0,14892788	0,16224371	0,17652938	0,19185178	0,20828351
39	0,65	0,10435723	0,11437835	0,12514954	0,13671986	0,14914220	0,16247368	0,17677607	0,19211634	0,20856721
40	0,6667	0,10451836	0,11455159	0,12533569	0,13691976	0,14935678	0,16270391	0,17702304	0,19238121	0,20885124
41	0,6833	0,10467968	0,11472504	0,12552206	0,13711990	0,14957161	0,16293442	0,17727030	0,19264639	0,20913561
42	0,7	0,10484119	0,11489870	0,12570865	0,13732028	0,14978669	0,16316520	0,17751785	0,19291187	0,20942030
43	0,7167	0,10500290	0,11507257	0,12589547	0,13752090	0,15000202	0,16339625	0,17776569	0,19317767	0,20970532
44	0,7333	0,10516481	0,11524665	0,12608250	0,13772175	0,15021761	0,16362757	0,17801382	0,19344378	0,20999068
45	0,75	0,10532692	0,11542094	0,12626977	0,13792284	0,15043346	0,16385916	0,17826224	0,19371019	0,21027637
46	0,7667	0,10548922	0,11559543	0,12645725	0,13812417	0,15064955	0,16409102	0,17851094	0,19397692	0,21056239
47	0,7833	0,10565172	0,11577014	0,12664496	0,13832574	0,15086590	0,16432316	0,17875994	0,19424396	0,21084875
48	0,8	0,10581441	0,11594505	0,12683289	0,13852755	0,15108251	0,16455556	0,17900923	0,19451131	0,21113543
49	0,8167	0,10597731	0,11612018	0,12702105	0,13872959	0,15129937	0,16478824	0,17925881	0,19477897	0,21142246
50	0,8333	0,10614040	0,11629552	0,12720943	0,13893188	0,15151649	0,16502119	0,17950869	0,19504694	0,21170981
51	0,85	0,10630369	0,11647106	0,12739804	0,13913440	0,15173386	0,16525442	0,17975885	0,19531523	0,21199750
52	0,8667	0,10646717	0,11664682	0,12758687	0,13933716	0,15195149	0,16548791	0,18000931	0,19558383	0,21228553
53	0,8833	0,10663086	0,11682279	0,12777592	0,13954017	0,15216937	0,16572168	0,18026005	0,19585274	0,21257389
54	0,9	0,10679474	0,11699897	0,12796520	0,13974341	0,15238751	0,16595573	0,18051110	0,19612196	0,21286259
55	0,9167	0,10695883	0,11717537	0,12815471	0,13994689	0,15260590	0,16619005	0,18076243	0,19639150	0,21315162
56	0,9333	0,10712311	0,11735197	0,12834444	0,14015062	0,15282456	0,16642464	0,18101406	0,19666135	0,21344099
57	0,95	0,10728759	0,11752879	0,12853439	0,14035459	0,15304347	0,16665951	0,18126598	0,19693152	0,21373069
58	0,9667	0,10745227	0,11770582	0,12872458	0,14055879	0,15326264	0,16689465	0,18151819	0,19720200	0,21402074
59	0,9833	0,10761715	0,11788306	0,12891499	0,14076324	0,15348206	0,16713007	0,18177070	0,19747279	0,21431112
60	1	0,10778223	0,11806051	0,12910562	0,14096793	0,15370174	0,16736576	0,18202351	0,19774390	0,21460184

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	45	46	47	48	49	50	51	52	53
0	0	0,21460184	0,23267886	0,25206396	0,27285447	0,29515707	0,31908897	0,34477924	0,37237042	0,40202032
1	0,0167	0,21489289	0,23299097	0,25239867	0,27321348	0,29554225	0,31950235	0,34522310	0,37284725	0,40253290
2	0,0333	0,21518429	0,23330344	0,25273377	0,27357291	0,29592787	0,31991623	0,34566749	0,37332466	0,40304610
3	0,05	0,21547603	0,23361627	0,25306926	0,27393276	0,29631395	0,32033059	0,34611240	0,37380264	0,40355992
4	0,0667	0,21576810	0,23392947	0,25340514	0,27429303	0,29670048	0,32074545	0,34655785	0,37428119	0,40407436
5	0,0833	0,21606052	0,23424304	0,25374142	0,27465373	0,29708747	0,32116079	0,34700383	0,37476032	0,40458943
6	0,1	0,21635327	0,23455697	0,25407809	0,27501484	0,29747491	0,32157663	0,34745034	0,37524002	0,40510512
7	0,1167	0,21664637	0,23487126	0,25441515	0,27537638	0,29786281	0,32199295	0,34789738	0,37572030	0,40562144
8	0,1333	0,21693981	0,23518592	0,25475260	0,27573834	0,29825117	0,32240977	0,34834495	0,37620116	0,40613838
9	0,15	0,21723359	0,23550095	0,25509045	0,27610073	0,29863998	0,32282709	0,34879306	0,37668259	0,40665595
10	0,1667	0,21752771	0,23581635	0,25542869	0,27646354	0,29902925	0,32324490	0,34924170	0,37716460	0,40717415
11	0,1833	0,21782217	0,23613211	0,25576733	0,27682677	0,29941897	0,32366320	0,34969087	0,37764719	0,40769297
12	0,2	0,21811698	0,23644824	0,25610636	0,27719044	0,29980916	0,32408199	0,35014058	0,37813036	0,40821243
13	0,2167	0,21841213	0,23676474	0,25644579	0,27755452	0,30019980	0,32450129	0,35059083	0,37861411	0,40873251
14	0,2333	0,21870762	0,23708161	0,25678561	0,27791904	0,30059091	0,32492108	0,35104161	0,37909845	0,40925323
15	0,25	0,21900346	0,23739885	0,25712583	0,27828398	0,30098247	0,32534136	0,35149294	0,37958336	0,40977458
16	0,2667	0,21929964	0,23771646	0,25746645	0,27864935	0,30137450	0,32576215	0,35194479	0,38006886	0,41029656
17	0,2833	0,21959617	0,23803443	0,25780747	0,27901514	0,30176699	0,32618343	0,35239719	0,38055494	0,41081918
18	0,3	0,21989304	0,23835278	0,25814888	0,27938137	0,30215994	0,32660521	0,35285013	0,38104161	0,41134243
19	0,3167	0,22019026	0,23867150	0,25849070	0,27974802	0,30255335	0,32702749	0,35330361	0,38152886	0,41186632
20	0,3333	0,22048782	0,23899059	0,25883291	0,28011510	0,30294722	0,32745027	0,35375763	0,38201670	0,41239084
21	0,35	0,22078573	0,23931005	0,25917552	0,28048262	0,30334156	0,32787355	0,35421219	0,38250513	0,41291600
22	0,3667	0,22108399	0,23962989	0,25951854	0,28085056	0,30373637	0,32829733	0,35466729	0,38299414	0,41344180
23	0,3833	0,22138259	0,23995010	0,25986195	0,28121894	0,30413163	0,32872162	0,35512294	0,38348375	0,41396824
24	0,4	0,22168155	0,24027068	0,26020576	0,28158775	0,30452737	0,32914641	0,35557913	0,38397394	0,41449532
25	0,4167	0,22198085	0,24059163	0,26054998	0,28195699	0,30492357	0,32957170	0,35603586	0,38446472	0,41502304
26	0,4333	0,22228050	0,24091296	0,26089460	0,28232666	0,30532024	0,32999749	0,35649314	0,38495609	0,41555140
27	0,45	0,22258049	0,24123466	0,26123962	0,28269677	0,30571737	0,33042380	0,35695097	0,38544806	0,41608041
28	0,4667	0,22288084	0,24155674	0,26158505	0,28306731	0,30611497	0,33085060	0,35740934	0,38594062	0,41661006
29	0,4833	0,22318154	0,24187919	0,26193087	0,28343829	0,30651305	0,33127791	0,35786826	0,38643377	0,41714035
30	0,5	0,22348258	0,24220202	0,26227711	0,28380970	0,30691159	0,33170573	0,35832773	0,38692752	0,41767129
31	0,5167	0,22378398	0,24252523	0,26262374	0,28418155	0,30731060	0,33213406	0,35878775	0,38742186	0,41820287
32	0,5333	0,22408573	0,24284881	0,26297079	0,28455383	0,30771008	0,33256289	0,35924832	0,38791679	0,41873511
33	0,55	0,22438783	0,24317277	0,26331823	0,28492655	0,30811003	0,33299224	0,35970944	0,38841233	0,41926799
34	0,5667	0,22469028	0,24349711	0,26366609	0,28529971	0,30851045	0,33342209	0,36017111	0,38890846	0,41980152
35	0,5833	0,22499308	0,24382182	0,26401435	0,28567330	0,30891135	0,33385245	0,36063333	0,38940519	0,42033569
36	0,6	0,22529624	0,24414692	0,26436301	0,28604733	0,30931272	0,33428332	0,36109610	0,38990252	0,42087052
37	0,6167	0,22559975	0,24447239	0,26471209	0,28642180	0,30971456	0,33471471	0,36155943	0,39040045	0,42140601
38	0,6333	0,22590361	0,24479825	0,26506157	0,28679672	0,31011687	0,33514660	0,36202331	0,39089898	0,42194214
39	0,65	0,22620783	0,24512448	0,26541147	0,28717207	0,31051966	0,33557901	0,36248775	0,39139811	0,42247893
40	0,6667	0,22651240	0,24545109	0,26576177	0,28754786	0,31092293	0,33601194	0,36295274	0,39189784	0,42301637
41	0,6833	0,22681732	0,24577809	0,26611248	0,28792409	0,31132667	0,33644537	0,36341829	0,39239818	0,42355447
42	0,7	0,22712260	0,24610546	0,26646360	0,28830077	0,31173089	0,33687932	0,36388440	0,39289912	0,42409323
43	0,7167	0,22742824	0,24643322	0,26681513	0,28867788	0,31213558	0,33731379	0,36435106	0,39340067	0,42463264
44	0,7333	0,22773423	0,24676136	0,26716707	0,28905544	0,31254075	0,33774877	0,36481828	0,39390282	0,42517271
45	0,75	0,22804058	0,24708988	0,26751943	0,28943345	0,31294640	0,33818427	0,36528606	0,39440558	0,42571344
46	0,7667	0,22834729	0,24741879	0,26787219	0,28981189	0,31335253	0,33862029	0,36575441	0,39490894	0,42625483
47	0,7833	0,22865435	0,24774808	0,26822537	0,29019079	0,31375914	0,33905683	0,36622331	0,39541292	0,42679688
48	0,8	0,22896177	0,24807775	0,26857896	0,29057012	0,31416623	0,33949388	0,36669277	0,39591750	0,42733960
49	0,8167	0,22926955	0,24840781	0,26893297	0,29094990	0,31457380	0,33993145	0,36716280	0,39642269	0,42788297
50	0,8333	0,22957768	0,24873825	0,26928739	0,29133013	0,31498185	0,34036955	0,36763339	0,39692850	0,42842701
51	0,85	0,22988618	0,24906908	0,26964222	0,29171081	0,31539038	0,34080816	0,36810454	0,39743491	0,42897172
52	0,8667	0,23019503	0,24940029	0,26999747	0,29209193	0,31579940	0,34124730	0,36857626	0,39794194	0,42951709
53	0,8833	0,23050425	0,24973190	0,27035314	0,29247350	0,31620890	0,34168695	0,36904854	0,39844958	0,43006312
54	0,9	0,23081382	0,25006388	0,27070922	0,29285552	0,31661888	0,34212713	0,36952139	0,39895784	0,43060983
55	0,9167	0,23112376	0,25039626	0,27106572	0,29323798	0,31702935	0,34256784	0,36999481	0,39946671	0,43115720
56	0,9333	0,23143405	0,25072902	0,27142263	0,29362090	0,31744030	0,34300907	0,37046879	0,39997620	0,43170524
57	0,95	0,23174471	0,25106217	0,27177996	0,29400427	0,31785174	0,34345082	0,37094335	0,40048630	0,43225395
58	0,9667	0,23205573	0,25139571	0,27213771	0,29438809	0,31826366	0,34389310	0,37141847	0,40099702	0,43280334
59	0,9833	0,23236711	0,25172964	0,27249588	0,29477235	0,31867607	0,34433591	0,37189416	0,40150836	0,43335339
60	1	0,23267886	0,25206396	0,27285447	0,29515707	0,31908897	0,34477924	0,37237042	0,40202032	0,43390412

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	54	55	56	57	58	59	60	61	62
0	0	0,43390412	0,46821692	0,50517659	0,54502729	0,58804356	0,63453522	0,68485326	0,73939691	0,79862233
1	0,0167	0,43445553	0,46881058	0,50581636	0,54571748	0,58878903	0,63534146	0,68572651	0,74034428	0,79965196
2	0,0333	0,43500761	0,46940498	0,50645693	0,54640855	0,58953546	0,63614877	0,68660093	0,74129296	0,80068304
3	0,05	0,43556036	0,47000012	0,50709831	0,54710050	0,59028287	0,63695714	0,68747654	0,74224293	0,80171557
4	0,0667	0,43611379	0,47059600	0,50774049	0,54779333	0,59103124	0,63776658	0,68835332	0,74319421	0,80274955
5	0,0833	0,43666790	0,47119261	0,50838348	0,54848705	0,59178058	0,63857708	0,68923128	0,74414680	0,80378498
6	0,1	0,43722269	0,47178997	0,50902728	0,54918165	0,59253089	0,63938866	0,69011042	0,74510070	0,80482188
7	0,1167	0,43777816	0,47238806	0,50967189	0,54987714	0,59328218	0,64020130	0,69099075	0,74605591	0,80586023
8	0,1333	0,43833431	0,47298690	0,51031731	0,55057351	0,59403444	0,64101503	0,69187226	0,74701244	0,80690004
9	0,15	0,43889114	0,47358648	0,51096355	0,55127078	0,59478768	0,64182982	0,69275496	0,74797029	0,80794132
10	0,1667	0,43944866	0,47418680	0,51161059	0,55196894	0,59554189	0,64264570	0,69363886	0,74892945	0,80898407
11	0,1833	0,44000686	0,47478787	0,51225845	0,55266798	0,59629709	0,64346265	0,69452394	0,74988994	0,81002828
12	0,2	0,44056574	0,47538969	0,51290713	0,55336793	0,59705327	0,64428069	0,69541022	0,75085175	0,81107397
13	0,2167	0,44112531	0,47599226	0,51355662	0,55406876	0,59781043	0,64509981	0,69629770	0,75181488	0,81212114
14	0,2333	0,44168557	0,47659557	0,51420693	0,55477050	0,59856857	0,64592001	0,69718637	0,75277935	0,81316978
15	0,25	0,44224651	0,47719963	0,51485806	0,55547313	0,59932770	0,64674130	0,69807625	0,75374514	0,81421991
16	0,2667	0,44280814	0,47780445	0,51551001	0,55617666	0,60008782	0,64756368	0,69896732	0,75471227	0,81527152
17	0,2833	0,44337046	0,47841001	0,51616278	0,55688109	0,60084893	0,64838714	0,69985961	0,75568074	0,81632461
18	0,3	0,44393347	0,47901633	0,51681638	0,55758642	0,60161103	0,64921170	0,70075309	0,75665054	0,81737920
19	0,3167	0,44449718	0,47962340	0,51747080	0,55829266	0,60237412	0,65003735	0,70164779	0,75762168	0,81843527
20	0,3333	0,44506157	0,48023123	0,51812604	0,55899980	0,60313821	0,65086410	0,70254370	0,75859417	0,81949284
21	0,35	0,44562667	0,48083981	0,51878211	0,55970784	0,60390329	0,65169195	0,70344082	0,75956800	0,82055191
22	0,3667	0,44619245	0,48144916	0,51943901	0,56041680	0,60466936	0,65252089	0,70433915	0,76054318	0,82161248
23	0,3833	0,44675893	0,48205926	0,52009674	0,56112666	0,60543644	0,65335093	0,70523871	0,76151970	0,82267455
24	0,4	0,44732611	0,48267012	0,52075530	0,56183743	0,60620452	0,65418208	0,70613948	0,76249758	0,82373812
25	0,4167	0,44789398	0,48328174	0,52141469	0,56254911	0,60697360	0,65501433	0,70704147	0,76347682	0,82480321
26	0,4333	0,44846255	0,48389412	0,52207491	0,56326171	0,60774368	0,65584769	0,70794469	0,76445741	0,82586980
27	0,45	0,44903183	0,48450727	0,52273597	0,56397522	0,60851477	0,65668215	0,70884913	0,76543936	0,82693791
28	0,4667	0,44960180	0,48512118	0,52339787	0,56468965	0,60928686	0,65751773	0,70975479	0,76642268	0,82800753
29	0,4833	0,45017247	0,48573585	0,52406060	0,56540499	0,61005996	0,65835441	0,71066169	0,76740735	0,82907868
30	0,5	0,45074385	0,48635129	0,52472417	0,56612126	0,61083407	0,65919221	0,71156982	0,76839340	0,83015134
31	0,5167	0,45131593	0,48696750	0,52538857	0,56683844	0,61160920	0,66003113	0,71247918	0,76938081	0,83122553
32	0,5333	0,45188872	0,48758448	0,52605382	0,56755655	0,61238534	0,66087116	0,71338978	0,77036959	0,83230125
33	0,55	0,45246221	0,48820223	0,52671991	0,56827557	0,61316249	0,66171231	0,71430161	0,77135975	0,83337850
34	0,5667	0,45303641	0,48882075	0,52738685	0,56899553	0,61394066	0,66255459	0,71521469	0,77235128	0,83445728
35	0,5833	0,45361131	0,48944004	0,52805462	0,56971640	0,61471984	0,66339798	0,71612901	0,77334420	0,83553760
36	0,6	0,45418693	0,49006010	0,52872325	0,57043821	0,61550005	0,66424250	0,71704457	0,77433849	0,83661946
37	0,6167	0,45476325	0,49068094	0,52939272	0,57116095	0,61628128	0,66508815	0,71796138	0,77533417	0,83770285
38	0,6333	0,45534028	0,49130255	0,53006304	0,57188461	0,61706353	0,66593492	0,71887943	0,77633123	0,83878780
39	0,65	0,45591803	0,49192494	0,53073421	0,57260921	0,61784680	0,66678283	0,71979874	0,77732968	0,83987429
40	0,6667	0,45649649	0,49254811	0,53140623	0,57333474	0,61863110	0,66763186	0,72071930	0,77832953	0,84096232
41	0,6833	0,45707566	0,49317206	0,53207910	0,57406120	0,61941643	0,66848203	0,72164111	0,77933076	0,84205192
42	0,7	0,45765555	0,49379679	0,53275282	0,57478860	0,62020279	0,66933334	0,72256419	0,78033339	0,84314307
43	0,7167	0,45823615	0,49442229	0,53342740	0,57551694	0,62099018	0,67018578	0,72348852	0,78133743	0,84423577
44	0,7333	0,45881747	0,49504858	0,53410284	0,57624622	0,62177860	0,67103937	0,72441411	0,78234286	0,84533004
45	0,75	0,45939951	0,49567566	0,53477913	0,57697643	0,62256806	0,67189409	0,72534096	0,78334969	0,84642587
46	0,7667	0,45998226	0,49630352	0,53545628	0,57770759	0,62335856	0,67274996	0,72626909	0,78435793	0,84752327
47	0,7833	0,46056574	0,49693216	0,53613429	0,57843970	0,62415009	0,67360697	0,72719847	0,78536758	0,84862224
48	0,8	0,46114994	0,49756159	0,53681316	0,57917274	0,62494266	0,67446514	0,72812913	0,78637864	0,84972279
49	0,8167	0,46173486	0,49819181	0,53749290	0,57990674	0,62573627	0,67532445	0,72906107	0,78739111	0,85082491
50	0,8333	0,46232050	0,49882282	0,53817350	0,58064168	0,62653093	0,67618491	0,72999427	0,78840500	0,85192861
51	0,85	0,46290686	0,49945462	0,53885496	0,58137757	0,62732663	0,67704652	0,73092875	0,78942031	0,85303389
52	0,8667	0,46349396	0,50008721	0,53953729	0,58211441	0,62812338	0,67790929	0,73186452	0,79043704	0,85414075
53	0,8833	0,46408177	0,50072060	0,54022049	0,58285221	0,62892117	0,67877322	0,73280156	0,79145519	0,85524920
54	0,9	0,46467032	0,50135478	0,54090456	0,58359096	0,62972001	0,67963830	0,73373988	0,79247477	0,85635925
55	0,9167	0,46525959	0,50198975	0,54158950	0,58433066	0,63051991	0,68050455	0,73467949	0,79349578	0,85747088
56	0,9333	0,46584959	0,50262552	0,54227531	0,58507132	0,63132086	0,68137196	0,73562039	0,79451821	0,85858412
57	0,95	0,46644033	0,50326209	0,54296199	0,58581294	0,63212286	0,68224053	0,73656258	0,79554209	0,85969895
58	0,9667	0,46703179	0,50389945	0,54364955	0,58655552	0,63292593	0,68311027	0,73750606	0,79656739	0,86081539
59	0,9833	0,46762399	0,50453762	0,54433798	0,58729906	0,63373004	0,68398118	0,73845084	0,79759414	0,86193343
60	1	0,46821692	0,50517659	0,54502729	0,58804356	0,63453522	0,68485326	0,73939691	0,79862233	0,86305308

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	63	64	65	66	67	68	69	70	71
0	0	0,86305308	0,93329312	1,01004291	1,09411947	1,18648177	1,28826296	1,40081188	1,52574694	1,66502711
1	0,0167	0,86417434	0,93451684	1,01138169	1,09558806	1,18809751	1,29004645	1,40278771	1,52794474	1,66748291
2	0,0333	0,86529721	0,93574238	1,01272251	1,09705895	1,18971588	1,29183294	1,40476698	1,53014652	1,66994336
3	0,05	0,86642171	0,93696972	1,01406537	1,09853214	1,19133687	1,29362242	1,40674969	1,53235230	1,67240847
4	0,0667	0,86754782	0,93819888	1,01541028	1,10000765	1,19296048	1,29541490	1,40873587	1,53456208	1,67487825
5	0,0833	0,86867556	0,93942986	1,01675723	1,10148548	1,19458674	1,29721040	1,41072551	1,53677588	1,67735272
6	0,1	0,86980492	0,94066267	1,01810624	1,10296563	1,19621563	1,29900892	1,41271862	1,53899370	1,67983189
7	0,1167	0,87093591	0,94189730	1,01945730	1,10444810	1,19784716	1,30081046	1,41471522	1,54121555	1,68231577
8	0,1333	0,87206854	0,94313376	1,02081043	1,10593291	1,19948135	1,30261504	1,41671531	1,54344146	1,68480437
9	0,15	0,87320280	0,94437205	1,02216562	1,10742005	1,20111820	1,30442265	1,41871890	1,54567141	1,68729771
10	0,1667	0,87433870	0,94561219	1,02352288	1,10890954	1,20275771	1,30623332	1,42072599	1,54790544	1,68979580
11	0,1833	0,87547624	0,94685416	1,02488221	1,11040137	1,20439988	1,30804703	1,42273660	1,55014353	1,69229865
12	0,2	0,87661543	0,94809798	1,02624362	1,11189555	1,20604474	1,30986381	1,42475074	1,55238572	1,69480627
13	0,2167	0,87775627	0,94934364	1,02760711	1,11339209	1,20769227	1,31168366	1,42676841	1,55463200	1,69731868
14	0,2333	0,87889875	0,95059116	1,02897268	1,11489098	1,20934249	1,31350658	1,42878961	1,55688239	1,69983589
15	0,25	0,88004289	0,95184053	1,03034035	1,11639225	1,21099541	1,31533258	1,43081437	1,55913690	1,70235791
16	0,2667	0,88118869	0,95309176	1,03171011	1,11789589	1,21265102	1,31716167	1,43284269	1,56139553	1,70488476
17	0,2833	0,88233615	0,95434485	1,03308197	1,11940190	1,21430934	1,31899386	1,43487458	1,56365830	1,70741644
18	0,3	0,88348527	0,95559981	1,03445593	1,12091029	1,21597036	1,32082915	1,43691004	1,56592522	1,70995298
19	0,3167	0,88463606	0,95685664	1,03583200	1,12242107	1,21763411	1,32266756	1,43894908	1,56819630	1,71249438
20	0,3333	0,88578852	0,95811535	1,03721018	1,12393424	1,21930057	1,32450908	1,44099172	1,57047155	1,71504065
21	0,35	0,88694265	0,95937593	1,03859048	1,12544981	1,22096977	1,32635372	1,44303796	1,57275098	1,71759182
22	0,3667	0,88809845	0,96063839	1,03997289	1,12696778	1,22264170	1,32820150	1,44508781	1,57503461	1,72014789
23	0,3833	0,88925594	0,96190273	1,04135744	1,12848815	1,22431637	1,33005242	1,44714128	1,57732243	1,72270887
24	0,4	0,89041511	0,96316897	1,04274411	1,13001094	1,22599379	1,33190648	1,44919838	1,57961447	1,72527479
25	0,4167	0,89157596	0,96443709	1,04413291	1,13153614	1,22767396	1,33376370	1,45125912	1,58191073	1,72784565
26	0,4333	0,89273851	0,96570712	1,04552385	1,13306377	1,22935689	1,33562408	1,45332350	1,58421122	1,73042146
27	0,45	0,89390274	0,96697904	1,04691693	1,13459382	1,23104258	1,33748763	1,45539154	1,58651596	1,73300224
28	0,4667	0,89506867	0,96825286	1,04831216	1,13612631	1,23273105	1,33935435	1,45746324	1,58882496	1,73558801
29	0,4833	0,89623630	0,96952859	1,04970954	1,13766123	1,23442229	1,34122426	1,45953861	1,59113822	1,73817877
30	0,5	0,89740563	0,97080623	1,05110907	1,13919859	1,23611632	1,34309736	1,46161766	1,59345576	1,74077455
31	0,5167	0,89857667	0,97208579	1,05251076	1,14073841	1,23781313	1,34497366	1,46370041	1,59577759	1,74337534
32	0,5333	0,89974941	0,97336726	1,05391462	1,14228067	1,23951275	1,34685316	1,46578685	1,59810372	1,74598118
33	0,55	0,90092387	0,97465066	1,05532065	1,14382540	1,24121516	1,34873588	1,46787701	1,60043416	1,74859206
34	0,5667	0,90210004	0,97593598	1,05672884	1,14537258	1,24292039	1,35062181	1,46997088	1,60276893	1,75120801
35	0,5833	0,90327792	0,97722323	1,05813922	1,14692224	1,24462842	1,35251098	1,47206847	1,60510802	1,75382904
36	0,6	0,90445753	0,97851241	1,05955177	1,14847437	1,24633928	1,35440338	1,47416981	1,60745146	1,75645516
37	0,6167	0,90563887	0,97980353	1,06096652	1,15002898	1,24805297	1,35629903	1,47627489	1,60979926	1,75908638
38	0,6333	0,90682193	0,98109659	1,06238345	1,15158608	1,24976949	1,35819792	1,47838372	1,61215142	1,76172273
39	0,65	0,90800672	0,98239160	1,06380258	1,15314566	1,25148885	1,36010008	1,48049632	1,61450796	1,76436421
40	0,6667	0,90919324	0,98368856	1,06522391	1,15470774	1,25321106	1,36200550	1,48261269	1,61686889	1,76701084
41	0,6833	0,91038151	0,98498747	1,06664744	1,15627232	1,25493612	1,36391419	1,48473284	1,61923422	1,76966263
42	0,7	0,91157151	0,98628833	1,06807318	1,15783941	1,25666404	1,36582617	1,48685678	1,62160397	1,77231959
43	0,7167	0,91276326	0,98759115	1,06950113	1,15940901	1,25839483	1,36774144	1,48898453	1,62397813	1,77498175
44	0,7333	0,91395676	0,98889594	1,07093131	1,16098113	1,26012848	1,36966000	1,49111608	1,62635674	1,77764911
45	0,75	0,91515200	0,99020270	1,07236370	1,16255576	1,26186502	1,37158187	1,49325146	1,62873979	1,78032168
46	0,7667	0,91634901	0,99151143	1,07379832	1,16413293	1,26360444	1,37350706	1,49539066	1,63112729	1,78299950
47	0,7833	0,91754776	0,99282213	1,07523517	1,16571263	1,26534675	1,37543556	1,49753370	1,63351927	1,78568256
48	0,8	0,91874828	0,99413482	1,07667426	1,16729487	1,26709197	1,37736739	1,49968059	1,63591573	1,78837088
49	0,8167	0,91995057	0,99544949	1,07811559	1,16887965	1,26884008	1,37930256	1,50183134	1,63831668	1,79106447
50	0,8333	0,92115462	0,99676614	1,07955917	1,17046698	1,27059111	1,38124107	1,50398596	1,64072214	1,79376336
51	0,85	0,92236044	0,99808479	1,08100500	1,17205687	1,27234505	1,38318293	1,50614445	1,64313212	1,79646755
52	0,8667	0,92356804	0,99940543	1,08245308	1,17364932	1,27410192	1,38512816	1,50830683	1,64554662	1,79917707
53	0,8833	0,92477742	1,00072808	1,08390342	1,17524433	1,27586172	1,38707675	1,51047310	1,64796566	1,80189192
54	0,9	0,92598858	1,00205272	1,08535602	1,17684192	1,27762446	1,38902872	1,51264328	1,65038926	1,80461211
55	0,9167	0,92720152	1,00337938	1,08681090	1,17844208	1,27939015	1,39098407	1,51481738	1,65281742	1,80733768
56	0,9333	0,92841625	1,00470804	1,08826804	1,18004483	1,28115878	1,39294282	1,51699540	1,65525016	1,81006862
57	0,95	0,92963277	1,00603873	1,08972747	1,18165017	1,28293037	1,39490496	1,51917736	1,65768748	1,81280495
58	0,9667	0,93085109	1,00737143	1,09118918	1,18325810	1,28470493	1,39687052	1,52136326	1,66012941	1,81554670
59	0,9833	0,93207120	1,00870615	1,09265318	1,18486863	1,28648246	1,39883949	1,52355312	1,66257595	1,81829387
60	1	0,93329312	1,01004291	1,09411947	1,18648177	1,28826296	1,40081188	1,52574694	1,66502711	1,82104648

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	72	73	74	75	76	77	78	79	80
0	0	1,82104648	1,99676226	2,19587080	2,42305387	2,68433070	2,98757235	3,34327329	3,76574391	4,27501842
1	0,0167	1,82380454	1,99987757	2,19941249	2,42711014	2,68901584	2,99303715	3,34972090	3,77345466	4,28439032
2	0,0333	1,82656807	2,00299936	2,20296197	2,43117587	2,69371262	2,99851650	3,35618701	3,78118943	4,29379422
3	0,05	1,82933709	2,00612767	2,20651926	2,43525109	2,69842108	3,00401045	3,36267168	3,78894833	4,30323026
4	0,0667	1,83211160	2,00926252	2,21008440	2,43933583	2,70314126	3,00951904	3,36917501	3,79673147	4,31269862
5	0,0833	1,83489164	2,01240391	2,21365740	2,44343013	2,70787321	3,01504235	3,37569707	3,80453897	4,32219945
6	0,1	1,83767720	2,01555188	2,21723830	2,44753402	2,71261696	3,02058043	3,38223793	3,81237093	4,33173292
7	0,1167	1,84046831	2,01870644	2,22082711	2,45164753	2,71737256	3,02613333	3,38879768	3,82022747	4,34129919
8	0,1333	1,84326498	2,02186761	2,22442386	2,45577068	2,72214006	3,03170112	3,39537640	3,82810870	4,35089843
9	0,15	1,84606723	2,02503541	2,22802858	2,45990353	2,72691949	3,03728385	3,40197416	3,83601474	4,36053081
10	0,1667	1,84887507	2,02820985	2,23164129	2,46404609	2,73171090	3,04288157	3,40859105	3,84394569	4,37019649
11	0,1833	1,85168852	2,03139097	2,23526201	2,46819840	2,73651433	3,04849436	3,41522715	3,85190168	4,37989565
12	0,2	1,85450760	2,03457878	2,23889077	2,47236049	2,74132982	3,05412226	3,42188254	3,85988281	4,38962846
13	0,2167	1,85733231	2,03777330	2,24252761	2,47653240	2,74615743	3,05976533	3,42855730	3,86788922	4,39939508
14	0,2333	1,86016268	2,04097455	2,24617253	2,48071416	2,75099719	3,06542364	3,43525151	3,87592100	4,40919569
15	0,25	1,86299873	2,04418255	2,24982557	2,48490580	2,75584914	3,07109725	3,44196525	3,88397829	4,41903047
16	0,2667	1,86584046	2,04739732	2,25348676	2,48910736	2,76071334	3,07678621	3,44869862	3,89206120	4,42889959
17	0,2833	1,86868790	2,05061888	2,25715612	2,49331886	2,76558982	3,08249059	3,45545169	3,90016985	4,43880323
18	0,3	1,87154106	2,05384725	2,26083367	2,49754035	2,77047864	3,08821044	3,46222455	3,90830436	4,44874157
19	0,3167	1,87439995	2,05708245	2,26451944	2,50177186	2,77537983	3,09394583	3,46901728	3,91646485	4,45871478
20	0,3333	1,87726460	2,06032450	2,26821347	2,50601342	2,78029344	3,09969682	3,47582996	3,92465144	4,46872304
21	0,35	1,88013501	2,06357342	2,27191576	2,51026507	2,78521952	3,10546346	3,48266269	3,93286426	4,47876654
22	0,3667	1,88301121	2,06682924	2,27562636	2,51452684	2,79015812	3,11124583	3,48951555	3,94110343	4,48884546
23	0,3833	1,88589322	2,07009197	2,27934529	2,51879876	2,79510927	3,11704399	3,49638863	3,94936908	4,49895999
24	0,4	1,88878104	2,07336163	2,28307257	2,52308087	2,80007303	3,12285799	3,50328200	3,95766132	4,50911030
25	0,4167	1,89167470	2,07663825	2,28680823	2,52737321	2,80504944	3,12868790	3,51019577	3,96598028	4,51929659
26	0,4333	1,89457421	2,07992185	2,29055231	2,53167581	2,81003854	3,13453378	3,51713002	3,97432610	4,52951905
27	0,45	1,89747958	2,08321244	2,29430481	2,53598870	2,81504040	3,14039571	3,52408483	3,98269889	4,53977786
28	0,4667	1,90039085	2,08651006	2,29806578	2,54031193	2,82005504	3,14627373	3,53106030	3,99109879	4,55007321
29	0,4833	1,90330801	2,08981471	2,30183524	2,54464552	2,82508252	3,15216792	3,53805652	3,99952592	4,56040530
30	0,5	1,90623109	2,09312642	2,30561322	2,54898951	2,83012289	3,15807833	3,54507357	4,00798042	4,57077432
31	0,5167	1,90916011	2,09644522	2,30939974	2,55334394	2,83517620	3,16400505	3,55211155	4,01646241	4,58118046
32	0,5333	1,91209509	2,09977112	2,31319483	2,55770885	2,84024249	3,16994812	3,55917055	4,02497203	4,59162392
33	0,55	1,91503603	2,10310414	2,31699852	2,56208426	2,84532180	3,17590762	3,56625065	4,03350941	4,60210490
34	0,5667	1,91798296	2,10644432	2,32081084	2,56647023	2,85041420	3,18188361	3,57335197	4,04207467	4,61262360
35	0,5833	1,92093589	2,10979166	2,32463182	2,57086677	2,85551973	3,18787616	3,58047457	4,05066797	4,62318022
36	0,6	1,92389484	2,11314619	2,32846148	2,57527394	2,86063843	3,19388533	3,58761857	4,05928942	4,63377495
37	0,6167	1,92685984	2,11650794	2,33229985	2,57969176	2,86577036	3,19991120	3,59478404	4,06793917	4,64440801
38	0,6333	1,92983089	2,11987692	2,33614697	2,58412028	2,87091557	3,20595383	3,60197110	4,07661735	4,65507959
39	0,65	1,93280801	2,12325316	2,34000285	2,58855953	2,87607410	3,21201329	3,60917983	4,08532410	4,66578990
40	0,6667	1,93579122	2,12663668	2,34386753	2,59300955	2,88124601	3,21808964	3,61641032	4,09405956	4,67653916
41	0,6833	1,93878055	2,13002750	2,34774104	2,59747038	2,88643135	3,22418295	3,62366268	4,10282386	4,68732756
42	0,7	1,94177600	2,13342565	2,35162340	2,60194205	2,89163016	3,23029330	3,63093700	4,11161716	4,69815532
43	0,7167	1,94477759	2,13683114	2,35551465	2,60642460	2,89684250	3,23642076	3,63823338	4,12043958	4,70902266
44	0,7333	1,94778534	2,14024400	2,35941481	2,61091808	2,90206841	3,24256538	3,64555192	4,12929126	4,71992978
45	0,75	1,95079928	2,14366425	2,36332391	2,61542251	2,90730796	3,24872725	3,65289271	4,13817237	4,73087690
46	0,7667	1,95381941	2,14709192	2,36724199	2,61993794	2,91256119	3,25490643	3,66025585	4,14708303	4,74186423
47	0,7833	1,95684576	2,15052702	2,37116907	2,62446441	2,91782815	3,26110300	3,66764145	4,15602338	4,75289200
48	0,8	1,95987835	2,15396959	2,37510518	2,62900195	2,92310889	3,26731702	3,67504960	4,16499359	4,76396043
49	0,8167	1,96291718	2,15741964	2,37905034	2,63355060	2,92840347	3,27354857	3,68248040	4,17399379	4,77506973
50	0,8333	1,96596229	2,16087719	2,38300460	2,63811041	2,93371194	3,27979772	3,68993396	4,18302413	4,78622013
51	0,85	1,96901368	2,16434228	2,38696799	2,64268141	2,93903436	3,28606454	3,69741038	4,19208476	4,79741186
52	0,8667	1,97207138	2,16781492	2,39094052	2,64726365	2,94437077	3,29234910	3,70490976	4,20117583	4,80864513
53	0,8833	1,97513541	2,17129514	2,39492223	2,65185715	2,94972123	3,29865149	3,71243220	4,21029748	4,81992018
54	0,9	1,97820578	2,17478295	2,39891315	2,65646197	2,95508579	3,30497176	3,71997782	4,21944988	4,83123724
55	0,9167	1,98128251	2,17827840	2,40291332	2,66107814	2,96046451	3,31131000	3,72754670	4,22863317	4,84259654
56	0,9333	1,98436562	2,18178148	2,40692276	2,66570571	2,96585744	3,31766628	3,73513896	4,23784750	4,85399831
57	0,95	1,98745514	2,18529225	2,41094151	2,67034470	2,97126463	3,32404067	3,74275471	4,24709304	4,86544278
58	0,9667	1,99055107	2,18881070	2,41496958	2,67499517	2,97668614	3,33043325	3,75039404	4,25636994	4,87693020
59	0,9833	1,99365344	2,19233688	2,41900703	2,67965716	2,98212203	3,33684410	3,75805707	4,26567834	4,88846080
60	1	1,99676226	2,19587080	2,42305387	2,68433070	2,98757235	3,34327329	3,76574391	4,27501842	4,90003482

©Copyright CRIVELLIN PROGETTAZIONI S.r.l. Tutti i diritti riservati.

		inv	Gradi							
Primi	cent.	81	82	83	84	85	86	87	88	89
0	0	4,90003482	5,68419974	6,69572315	8,04828788	9,94652244	12,79968310	17,56270024	27,10036354	55,73661860
1	0,0167	4,91165250	5,69895811	6,71506438	8,07469388	9,98465360	12,85942209	17,66920242	27,34090821	56,70753958
2	0,0333	4,92331409	5,71377905	6,73449909	8,10124848	10,02304197	12,91966472	17,77690343	27,58553319	57,71194729
3	0,05	4,93501983	5,72866294	6,75402793	8,12795293	10,06169015	12,98041736	17,88582359	27,83434311	58,75160418
4	0,0667	4,94676996	5,74361018	6,77365159	8,15480849	10,10060078	13,04168650	17,99598368	28,08744620	59,82839860
5	0,0833	4,95856475	5,75862117	6,79337075	8,18181644	10,13977652	13,10347872	18,10740496	28,34495445	60,94435622
6	0,1	4,97040443	5,77369631	6,81318611	8,20897807	10,17922008	13,16580074	18,22010917	28,60698379	62,10165280
7	0,1167	4,98228926	5,78883601	6,83309837	8,23629469	10,21893420	13,22865937	18,33411856	28,87365426	63,30262826
8	0,1333	4,99421950	5,80404068	6,85310822	8,26376761	10,25892166	13,29206156	18,44945590	29,14509015	64,54980254
9	0,15	5,00619540	5,81931073	6,87321639	8,29139818	10,29918528	13,35601436	18,56614448	29,42142028	65,84589323
10	0,1667	5,01821722	5,83464659	6,89342359	8,31918774	10,33972792	13,42052496	18,68420814	29,70277812	67,19383529
11	0,1833	5,03028522	5,85004866	6,91373055	8,34713767	10,38055247	13,48560067	18,80367131	29,98930204	68,59680332
12	0,2	5,04239966	5,86551739	6,93413800	8,37524934	10,42166187	13,55124891	18,92455896	30,28113555	70,05823643
13	0,2167	5,05456082	5,88105318	6,95464668	8,40352415	10,46305909	13,61747726	19,04689668	30,57842752	71,58186643
14	0,2333	5,06676894	5,89665649	6,97525734	8,43196352	10,50474716	13,68429341	19,17071070	30,88133243	73,17174964
15	0,25	5,07902431	5,91232773	6,99597074	8,46056887	10,54672913	13,75170521	19,29602783	31,19001065	74,83230295
16	0,2667	5,09132719	5,92806736	7,01678763	8,48934166	10,58900812	13,81972063	19,42287559	31,50462872	76,56834477
17	0,2833	5,10367786	5,94387581	7,03770880	8,51828335	10,63158727	13,88834779	19,55128214	31,82535964	78,38514175
18	0,3	5,11607658	5,95975354	7,05873502	8,54739543	10,67446977	13,95759496	19,68127635	32,15238320	80,28846209
19	0,3167	5,12852365	5,97570098	7,07986706	8,57667938	10,71765886	14,02747055	19,81288781	32,48588632	82,28463679
20	0,3333	5,14101932	5,99171860	7,10110574	8,60613673	10,76115783	14,09798314	19,94614683	32,82606338	84,38062993
21	0,35	5,15356390	6,00780686	7,12245184	8,63576901	10,80497001	14,16914144	20,08108450	33,17311662	86,58411983
22	0,3667	5,16615766	6,02396622	7,14390618	8,66557778	10,84909877	14,24095436	20,21773269	33,52725654	88,90359309
23	0,3833	5,17880088	6,04019714	7,16546958	8,69556460	10,89354756	14,31343093	20,35612410	33,88870230	91,34845377
24	0,4	5,19149385	6,05650010	7,18714286	8,72573106	10,93831984	14,38658037	20,49629224	34,25768223	93,92915082
25	0,4167	5,20423687	6,07287556	7,20892686	8,75607878	10,98341914	14,46041208	20,63827151	34,63443424	96,65732735
26	0,4333	5,21703022	6,08932402	7,23082242	8,78660938	11,02884906	14,53493561	20,78209718	35,01920637	99,54599626
27	0,45	5,22987420	6,10584595	7,25283040	8,81732452	11,07461321	14,61016071	20,92780545	35,41225734	102,60974776
28	0,4667	5,24276911	6,12244184	7,27495164	8,84822584	11,12071528	14,68609731	21,07543349	35,81385712	105,86499586
29	0,4833	5,25571524	6,13911219	7,29718703	8,87931506	11,16715902	14,76275553	21,22501944	36,22428752	109,33027247
30	0,5	5,26871290	6,15585748	7,31953743	8,91059386	11,21394823	14,84014567	21,37660245	36,64384291	113,02658045
31	0,5167	5,28176239	6,17267822	7,34200374	8,94206399	11,26108674	14,91827824	21,53022274	37,07283087	116,97781959
32	0,5333	5,29486401	6,18957492	7,36458686	8,97372719	11,30857849	14,99716395	21,68592159	37,51157296	121,21130396
33	0,55	5,30801808	6,20654809	7,38728768	9,00558523	11,35642743	15,07681372	21,84374143	37,96040553	125,75839412
34	0,5667	5,32122490	6,22359823	7,41010713	9,03763990	11,40463759	15,15723866	22,00372585	38,41968058	130,65527537
35	0,5833	5,33448480	6,24072587	7,43304612	9,06989303	11,45321306	15,23845012	22,16591962	38,88976666	135,94392263
36	0,6	5,34779807	6,25793154	7,45610560	9,10234645	11,50215800	15,32045968	22,33036877	39,37104988	141,67330666
37	0,6167	5,36116506	6,27521575	7,47928650	9,13500201	11,55147661	15,40327912	22,49712062	39,86393497	147,90091486
38	0,6333	5,37458606	6,29257905	7,50258977	9,16786161	11,60117319	15,48692048	22,66622383	40,36884637	154,69468688
39	0,65	5,38806141	6,31002197	7,52601640	9,20092714	11,65125206	15,57139602	22,83772840	40,88622950	162,13550328
40	0,6667	5,40159144	6,32754506	7,54956733	9,23420055	11,70171764	15,65671824	23,01168582	41,41655207	170,32042072
41	0,6833	5,41517647	6,34514886	7,57324357	9,26768377	11,75257442	15,74289993	23,18814900	41,96030542	179,36692882
42	0,7	5,42881683	6,36283392	7,59704610	9,30137881	11,80382693	15,82995410	23,36717243	42,51800615	189,41862604
43	0,7167	5,44251287	6,38060080	7,62097593	9,33528765	11,85547981	15,91789403	23,54881218	43,09019764	200,65289869
44	0,7333	5,45626490	6,39845008	7,64503408	9,36941233	11,90753774	16,00673329	23,73312595	43,67745191	213,29147965
45	0,75	5,47007328	6,41638230	7,66922157	9,40375490	11,96000548	16,09648570	23,92017316	44,28037146	227,61523061
46	0,7667	5,48393835	6,43439806	7,69353944	9,43831745	12,01288788	16,18716540	24,11001502	44,89959138	243,98525940
47	0,7833	5,49786044	6,45249792	7,71798874	9,47310208	12,06618986	16,27878679	24,30271456	45,53578154	262,87378399
48	0,8	5,51183992	6,47068247	7,74257052	9,50811093	12,11991640	16,37136459	24,49833672	46,18964903	284,91042834
49	0,8167	5,52587713	6,48895230	7,76728586	9,54334617	12,17407259	16,46491382	24,69694844	46,86194079	310,95377056
50	0,8333	5,53997242	6,50730801	7,79213585	9,57880997	12,22866357	16,55944982	24,89861871	47,55344642	342,20582001
51	0,85	5,55412614	6,52575019	7,81712157	9,61450457	12,28369460	16,65498825	25,10341866	48,26500132	380,40281242
52	0,8667	5,56833867	6,54427945	7,84224414	9,65043221	12,33917098	16,75154511	25,31142163	48,99749000	428,14910142
53	0,8833	5,58261036	6,56289641	7,86750467	9,68659517	12,39509814	16,84913673	25,52270330	49,75184981	489,53724269
54	0,9	5,59694157	6,58160168	7,89290429	9,72299575	12,45148156	16,94777981	25,73734172	50,52907488	571,38816236
55	0,9167	5,61133268	6,60039588	7,91844415	9,75963630	12,50832684	17,04749140	25,95541746	51,33022054	685,97952746
56	0,9333	5,62578405	6,61927965	7,94412540	9,79651917	12,56563965	17,14828891	26,17701367	52,15640805	857,86667207
57	0,95	5,64029607	6,63825361	7,96994921	9,83364678	12,62342576	17,25019016	26,40221623	53,00882990	1144,34537571
58	0,9667	5,65486910	6,65731842	7,99591676	9,87102154	12,68169105	17,35321333	26,63111381	53,88875548	1717,30297692
59	0,9833	5,66950353	6,67647471	8,02202925	9,90864593	12,74044147	17,45737702	26,86379802	54,79753744	3436,17616838
60	1	5,68419974	6,69572315	8,04828788	9,94652244	12,79968310	17,56270024	27,10036354	55,73661860	16324552277619100

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	14,50000								Alfa	14,50000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,25862	0,25038	0,96815	0,00554						0,25862	0,25038	0,96815	0,00554				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	3,04153							1,57080	3,14159	3,04153					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	5	1,7945	13,9606						151	13	2,3314	38,8297
				52	5	1,7999	13,9660						152	13	2,3367	38,8350
3	2	1,5369	4,5784	53	5	1,8053	13,9714		101	2	2,0630	5,1045	153	13	2,3421	38,8404
4	2	1,5422	4,5838	54	5	1,8106	13,9767		102	2	2,0683	5,1098	154	13	2,3475	38,8458
5	2	1,5476	4,5891	55	5	1,8160	13,9821		103	2	2,0737	5,1152	155	13	2,3528	38,8511
6	2	1,5530	4,5945	56	5	1,8214	13,9875		104	2	2,0791	5,1206	156	13	2,3582	38,8565
7	2	1,5583	4,5999	57	5	1,8268	13,9929		105	2	2,0844	5,1260	157	13	2,3636	38,8619
8	2	1,5637	4,6052	58	5	1,8321	13,9982		106	2	2,0898	5,1313	158	13	2,3689	38,8672
9	1	1,5691	1,5691	59	5	1,8375	14,0036		107	9	2,0952	26,4274	159	13	2,3743	38,8726
10	1	1,5744	1,5744	60	5	1,8429	14,0090		108	9	2,1005	26,4327	160	13	2,3797	38,8780
11	1	1,5798	1,5798	61	5	1,8482	14,0143		109	9	2,1059	26,4381	161	13	2,3850	38,8834
12	1	1,5852	1,5852	62	5	1,8536	14,0197		110	9	2,1113	26,4435	162	14	2,3904	41,9302
13	2	1,5905	4,6321	63	6	1,8590	17,0666		111	9	2,1166	26,4488	163	14	2,3958	41,9356
14	2	1,5959	4,6374	64	6	1,8643	17,0720		112	10	2,1220	29,4957	164	14	2,4012	41,9410
15	2	1,6013	4,6428	65	6	1,8697	17,0773		113	10	2,1274	29,5011	165	14	2,4065	41,9464
16	2	1,6067	4,6482	66	6	1,8751	17,0827		114	10	2,1327	29,5065	166	14	2,4119	41,9517
17	2	1,6120	4,6535	67	6	1,8804	17,0881		115	10	2,1381	29,5118	167	14	2,4173	41,9571
18	2	1,6174	4,6589	68	6	1,8858	17,0934		116	10	2,1435	29,5172	168	14	2,4226	41,9625
19	2	1,6228	4,6643	69	6	1,8912	17,0988		117	10	2,1488	29,5226	169	14	2,4280	41,9678
20	2	1,6281	4,6697	70	6	1,8965	17,1042		118	10	2,1542	29,5279	170	14	2,4334	41,9732
21	2	1,6335	4,6750	71	6	1,9019	17,1095		119	10	2,1596	29,5333	171	14	2,4387	41,9786
22	2	1,6389	4,6804	72	6	1,9073	17,1149		120	10	2,1649	29,5387	172	14	2,4441	41,9839
23	2	1,6442	4,6858	73	6	1,9126	17,1203		121	10	2,1703	29,5440	173	14	2,4495	41,9893
24	2	1,6496	4,6911	74	6	1,9180	17,1256		122	10	2,1757	29,5494	174	15	2,4548	45,0362
25	3	1,6550	7,7380	75	7	1,9234	20,1725		123	10	2,1811	29,5548	175	15	2,4602	45,0416
26	3	1,6603	7,7434	76	7	1,9287	20,1779		124	10	2,1864	29,5602	176	15	2,4656	45,0469
27	3	1,6657	7,7488	77	7	1,9341	20,1833		125	11	2,1918	32,6070	177	15	2,4709	45,0523
28	3	1,6711	7,7541	78	7	1,9395	20,1886		126	11	2,1972	32,6124	178	15	2,4763	45,0577
29	3	1,6764	7,7595	79	7	1,9449	20,1940		127	11	2,2025	32,6178	179	15	2,4817	45,0630
30	3	1,6818	7,7649	80	7	1,9502	20,1994		128	11	2,2079	32,6232	180	15	2,4870	45,0684
31	3	1,6872	7,7702	81	7	1,9556	20,2047		129	11	2,2133	32,6285	181	15	2,4924	45,0738
32	3	1,6925	7,7756	82	7	1,9610	20,2101		130	11	2,2186	32,6339	182	15	2,4978	45,0791
33	3	1,6979	7,7810	83	7	1,9663	20,2155		131	11	2,2240	32,6393	183	15	2,5031	45,0845
34	3	1,7033	7,7863	84	7	1,9717	20,2208		132	11	2,2294	32,6446	184	15	2,5085	45,0899
35	3	1,7087	7,7917	85	7	1,9771	20,2262		133	11	2,2347	32,6500	185	15	2,5139	45,0952
36	3	1,7140	7,7971	86	7	1,9824	20,2316		134	11	2,2401	32,6554	186	15	2,5193	45,1006
37	3	1,7194	7,8024	87	8	1,9878	23,2785		135	11	2,2455	32,6607	187	16	2,5246	48,1475
38	4	1,7248	10,8493	88	8	1,9932	23,2838		136	11	2,2508	32,6661	188	16	2,5300	48,1529
39	4	1,7301	10,8547	89	8	1,9985	23,2892		137	12	2,2562	35,7130	189	16	2,5354	48,1582
40	4	1,7355	10,8601	90	8	2,0039	23,2946		138	12	2,2616	35,7184	190	16	2,5407	48,1636
41	4	1,7409	10,8654	91	8	2,0093	23,2999		139	12	2,2669	35,7237	191	16	2,5461	48,1690
42	4	1,7462	10,8708	92	8	2,0146	23,3053		140	12	2,2723	35,7291	192	16	2,5515	48,1743
43	4	1,7516	10,8762	93	8	2,0200	23,3107		141	12	2,2777	35,7345	193	16	2,5568	48,1797
44	4	1,7570	10,8815	94	8	2,0254	23,3161		142	12	2,2831	35,7398	194	16	2,5622	48,1851
45	4	1,7623	10,8869	95	8	2,0307	23,3214		143	12	2,2884	35,7452	195	16	2,5676	48,1904
46	4	1,7677	10,8923	96	8	2,0361	23,3268		144	12	2,2938	35,7506	196	16	2,5729	48,1958
47	4	1,7731	10,8976	97	8	2,0415	23,3322		145	12	2,2992	35,7559	197	16	2,5783	48,2012
48	4	1,7784	10,9030	98	8	2,0468	23,3375		146	12	2,3045	35,7613	198	16	2,5837	48,2066
49	4	1,7838	10,9084	99	8	2,0522	23,3429		147	12	2,3099	35,7667	199	17	2,5890	51,2534
50	5	1,7892	13,9553	100	9	2,0576	26,3898		148	12	2,3153	35,7720	200	17	2,5944	51,2588
									149	13	2,3206	38,8189	201	17	2,5998	51,2642
									150	13	2,3260	38,8243	202	17	2,6051	51,2696

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	15,00000								Alfa	15,00000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,26795	0,25882	0,96593	0,00615						0,26795	0,25882	0,96593	0,00615				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	3,03455							1,57080	3,14159	3,03455					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	5	1,8202	13,9584						151	13	2,4143	38,8288
				52	5	1,8262	13,9643						152	13	2,4202	38,8347
3	2	1,5351	4,5696	53	5	1,8321	13,9703		101	2	2,1172	5,1518	153	13	2,4261	38,8407
4	2	1,5410	4,5756	54	5	1,8380	13,9762		102	2	2,1232	5,1577	154	13	2,4321	38,8466
5	2	1,5470	4,5815	55	5	1,8440	13,9822		103	2	2,1291	5,1637	155	13	2,4380	38,8526
6	2	1,5529	4,5875	56	5	1,8499	13,9881		104	2	2,1351	5,1696	156	14	2,4440	41,8930
7	2	1,5589	4,5934	57	5	1,8559	13,9940		105	2	2,1410	5,1755	157	14	2,4499	41,8990
8	2	1,5648	4,5993	58	5	1,8618	14,0000		106	2	2,1469	5,1815	158	14	2,4558	41,9049
9	1	1,5707	1,5707	59	5	1,8677	14,0059		107	9	2,1529	26,4292	159	14	2,4618	41,9109
10	1	1,5767	1,5767	60	6	1,8737	17,0464		108	10	2,1588	29,4697	160	14	2,4677	41,9168
11	1	1,5826	1,5826	61	6	1,8796	17,0524		109	10	2,1648	29,4757	161	14	2,4737	41,9227
12	2	1,5886	4,6231	62	6	1,8856	17,0583		110	10	2,1707	29,4816	162	14	2,4796	41,9287
13	2	1,5945	4,6290	63	6	1,8915	17,0642		111	10	2,1766	29,4876	163	14	2,4855	41,9346
14	2	1,6004	4,6350	64	6	1,8974	17,0702		112	10	2,1826	29,4935	164	14	2,4915	41,9406
15	2	1,6064	4,6409	65	6	1,9034	17,0761		113	10	2,1885	29,4994	165	14	2,4974	41,9465
16	2	1,6123	4,6469	66	6	1,9093	17,0821		114	10	2,1945	29,5054	166	14	2,5034	41,9524
17	2	1,6183	4,6528	67	6	1,9153	17,0880		115	10	2,2004	29,5113	167	14	2,5093	41,9584
18	2	1,6242	4,6587	68	6	1,9212	17,0939		116	10	2,2063	29,5173	168	15	2,5152	44,9989
19	2	1,6301	4,6647	69	6	1,9272	17,0999		117	10	2,2123	29,5232	169	15	2,5212	45,0048
20	2	1,6361	4,6706	70	6	1,9331	17,1058		118	10	2,2182	29,5291	170	15	2,5271	45,0108
21	2	1,6420	4,6766	71	6	1,9390	17,1118		119	10	2,2242	29,5351	171	15	2,5331	45,0167
22	2	1,6480	4,6825	72	7	1,9450	20,1522		120	11	2,2301	32,5756	172	15	2,5390	45,0226
23	2	1,6539	4,6884	73	7	1,9509	20,1582		121	11	2,2360	32,5815	173	15	2,5449	45,0286
24	3	1,6598	7,7289	74	7	1,9569	20,1641		122	11	2,2420	32,5874	174	15	2,5509	45,0345
25	3	1,6658	7,7349	75	7	1,9628	20,1701		123	11	2,2479	32,5934	175	15	2,5568	45,0405
26	3	1,6717	7,7408	76	7	1,9687	20,1760		124	11	2,2539	32,5993	176	15	2,5628	45,0464
27	3	1,6777	7,7468	77	7	1,9747	20,1819		125	11	2,2598	32,6053	177	15	2,5687	45,0523
28	3	1,6836	7,7527	78	7	1,9806	20,1879		126	11	2,2657	32,6112	178	15	2,5746	45,0583
29	3	1,6895	7,7586	79	7	1,9866	20,1938		127	11	2,2717	32,6171	179	15	2,5806	45,0642
30	3	1,6955	7,7646	80	7	1,9925	20,1998		128	11	2,2776	32,6231	180	16	2,5865	48,1047
31	3	1,7014	7,7705	81	7	1,9984	20,2057		129	11	2,2836	32,6290	181	16	2,5925	48,1106
32	3	1,7074	7,7765	82	7	2,0044	20,2116		130	11	2,2895	32,6350	182	16	2,5984	48,1166
33	3	1,7133	7,7824	83	7	2,0103	20,2176		131	11	2,2954	32,6409	183	16	2,6043	48,1225
34	3	1,7192	7,7883	84	8	2,0163	23,2581		132	12	2,3014	35,6814	184	16	2,6103	48,1285
35	3	1,7252	7,7943	85	8	2,0222	23,2640		133	12	2,3073	35,6873	185	16	2,6162	48,1344
36	4	1,7311	10,8348	86	8	2,0281	23,2700		134	12	2,3133	35,6933	186	16	2,6222	48,1403
37	4	1,7371	10,8407	87	8	2,0341	23,2759		135	12	2,3192	35,6992	187	16	2,6281	48,1463
38	4	1,7430	10,8466	88	8	2,0400	23,2818		136	12	2,3251	35,7051	188	16	2,6340	48,1522
39	4	1,7489	10,8526	89	8	2,0460	23,2878		137	12	2,3311	35,7111	189	16	2,6400	48,1582
40	4	1,7549	10,8585	90	8	2,0519	23,2937		138	12	2,3370	35,7170	190	16	2,6459	48,1641
41	4	1,7608	10,8645	91	8	2,0578	23,2997		139	12	2,3430	35,7230	191	16	2,6519	48,1700
42	4	1,7668	10,8704	92	8	2,0638	23,3056		140	12	2,3489	35,7289	192	17	2,6578	51,2105
43	4	1,7727	10,8763	93	8	2,0697	23,3115		141	12	2,3548	35,7348	193	17	2,6637	51,2165
44	4	1,7786	10,8823	94	8	2,0757	23,3175		142	12	2,3608	35,7408	194	17	2,6697	51,2224
45	4	1,7846	10,8882	95	8	2,0816	23,3234		143	12	2,3667	35,7467	195	17	2,6756	51,2284
46	4	1,7905	10,8942	96	9	2,0875	26,3639		144	13	2,3727	38,7872	196	17	2,6816	51,2343
47	4	1,7965	10,9001	97	9	2,0935	26,3698		145	13	2,3786	38,7932	197	17	2,6875	51,2402
48	5	1,8024	13,9406	98	9	2,0994	26,3758		146	13	2,3845	38,7991	198	17	2,6934	51,2462
49	5	1,8083	13,9465	99	9	2,1054	26,3817		147	13	2,3905	38,8050	199	17	2,6994	51,2521
50	5	1,8143	13,9525	100	9	2,1113	26,3877		148	13	2,3964	38,8110	200	17	2,7053	51,2581
									149	13	2,4024	38,8169	201	17	2,7113	51,2640
									150	13	2,4083	38,8229	202	17	2,7172	51,2699

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	17,50000								Alfa	17,50000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,31530	0,30071	0,95372	0,00987						0,31530	0,30071	0,95372	0,00987				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	2,99619							1,57080	3,14159	2,99619					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	5	1,9780	13,9627						151	15	2,9189	44,8656
				52	6	1,9874	16,9683						152	15	2,9283	44,8750
3	2	1,5263	4,5225	53	6	1,9968	16,9778		101	2	2,4485	5,4446	153	15	2,9378	44,8844
4	2	1,5357	4,5319	54	6	2,0062	16,9872		102	2	2,4579	5,4541	154	15	2,9472	44,8938
5	2	1,5451	4,5413	55	6	2,0156	16,9966		103	2	2,4673	5,4635	155	16	2,9566	47,8994
6	2	1,5546	4,5507	56	6	2,0250	17,0060		104	2	2,4767	5,4729	156	16	2,9660	47,9088
7	2	1,5640	4,5602	57	6	2,0344	17,0154		105	2	2,4861	5,4823	157	16	2,9754	47,9182
8	2	1,5734	4,5696	58	6	2,0438	17,0248		106	2	2,4955	5,4917	158	16	2,9848	47,9277
9	1	1,5828	1,5828	59	6	2,0533	17,0342		107	11	2,5049	32,4668	159	16	2,9942	47,9371
10	1	1,5922	1,5922	60	6	2,0627	17,0436		108	11	2,5143	32,4762	160	16	3,0036	47,9465
11	2	1,6016	4,5978	61	6	2,0721	17,0530		109	11	2,5237	32,4856	161	16	3,0130	47,9559
12	2	1,6110	4,6072	62	7	2,0815	20,0586		110	11	2,5331	32,4950	162	16	3,0224	47,9653
13	2	1,6204	4,6166	63	7	2,0909	20,0680		111	11	2,5426	32,5045	163	16	3,0318	47,9747
14	2	1,6298	4,6260	64	7	2,1003	20,0774		112	11	2,5520	32,5139	164	16	3,0413	47,9841
15	2	1,6392	4,6354	65	7	2,1097	20,0869		113	11	2,5614	32,5233	165	17	3,0507	50,9897
16	2	1,6486	4,6448	66	7	2,1191	20,0963		114	12	2,5708	35,5289	166	17	3,0601	50,9991
17	2	1,6581	4,6542	67	7	2,1285	20,1057		115	12	2,5802	35,5383	167	17	3,0695	51,0085
18	2	1,6675	4,6637	68	7	2,1379	20,1151		116	12	2,5896	35,5477	168	17	3,0789	51,0179
19	2	1,6769	4,6731	69	7	2,1474	20,1245		117	12	2,5990	35,5571	169	17	3,0883	51,0273
20	2	1,6863	4,6825	70	7	2,1568	20,1339		118	12	2,6084	35,5665	170	17	3,0977	51,0368
21	3	1,6957	7,6881	71	7	2,1662	20,1433		119	12	2,6178	35,5759	171	17	3,1071	51,0462
22	3	1,7051	7,6975	72	8	2,1756	23,1489		120	12	2,6272	35,5853	172	17	3,1165	51,0556
23	3	1,7145	7,7069	73	8	2,1850	23,1583		121	12	2,6366	35,5947	173	17	3,1259	51,0650
24	3	1,7239	7,7163	74	8	2,1944	23,1677		122	12	2,6461	35,6041	174	17	3,1354	51,0744
25	3	1,7333	7,7257	75	8	2,2038	23,1771		123	12	2,6555	35,6136	175	18	3,1448	54,0800
26	3	1,7427	7,7351	76	8	2,2132	23,1866		124	13	2,6649	38,6192	176	18	3,1542	54,0894
27	3	1,7522	7,7445	77	8	2,2226	23,1960		125	13	2,6743	38,6286	177	18	3,1636	54,0988
28	3	1,7616	7,7539	78	8	2,2320	23,2054		126	13	2,6837	38,6380	178	18	3,1730	54,1082
29	3	1,7710	7,7634	79	8	2,2414	23,2148		127	13	2,6931	38,6474	179	18	3,1824	54,1176
30	3	1,7804	7,7728	80	8	2,2509	23,2242		128	13	2,7025	38,6568	180	18	3,1918	54,1270
31	4	1,7898	10,7784	81	8	2,2603	23,2336		129	13	2,7119	38,6662	181	18	3,2012	54,1365
32	4	1,7992	10,7878	82	8	2,2697	23,2430		130	13	2,7213	38,6756	182	18	3,2106	54,1459
33	4	1,8086	10,7972	83	9	2,2791	26,2486		131	13	2,7307	38,6850	183	18	3,2200	54,1553
34	4	1,8180	10,8066	84	9	2,2885	26,2580		132	13	2,7402	38,6944	184	18	3,2294	54,1647
35	4	1,8274	10,8160	85	9	2,2979	26,2674		133	13	2,7496	38,7038	185	18	3,2389	54,1741
36	4	1,8368	10,8254	86	9	2,3073	26,2768		134	14	2,7590	41,7094	186	19	3,2483	57,1797
37	4	1,8462	10,8348	87	9	2,3167	26,2862		135	14	2,7684	41,7189	187	19	3,2577	57,1891
38	4	1,8557	10,8442	88	9	2,3261	26,2957		136	14	2,7778	41,7283	188	19	3,2671	57,1985
39	4	1,8651	10,8536	89	9	2,3355	26,3051		137	14	2,7872	41,7377	189	19	3,2765	57,2079
40	4	1,8745	10,8630	90	9	2,3450	26,3145		138	14	2,7966	41,7471	190	19	3,2859	57,2173
41	4	1,8839	10,8725	91	9	2,3544	26,3239		139	14	2,8060	41,7565	191	19	3,2953	57,2267
42	5	1,8933	13,8781	92	9	2,3638	26,3333		140	14	2,8154	41,7659	192	19	3,3047	57,2361
43	5	1,9027	13,8875	93	10	2,3732	29,3389		141	14	2,8248	41,7753	193	19	3,3141	57,2456
44	5	1,9121	13,8969	94	10	2,3826	29,3483		142	14	2,8342	41,7847	194	19	3,3235	57,2550
45	5	1,9215	13,9063	95	10	2,3920	29,3577		143	14	2,8437	41,7941	195	19	3,3330	57,2644
46	5	1,9309	13,9157	96	10	2,4014	29,3671		144	15	2,8531	44,7997	196	20	3,3424	60,2700
47	5	1,9403	13,9251	97	10	2,4108	29,3765		145	15	2,8625	44,8091	197	20	3,3518	60,2794
48	5	1,9498	13,9345	98	10	2,4202	29,3859		146	15	2,8719	44,8185	198	20	3,3612	60,2888
49	5	1,9592	13,9439	99	10	2,4296	29,3954		147	15	2,8813	44,8280	199	20	3,3706	60,2982
50	5	1,9686	13,9533	100	10	2,4390	29,4048		148	15	2,8907	44,8374	200	20	3,3800	60,3076
									149	15	2,9001	44,8468	201	20	3,3894	60,3170
									150	15	2,9095	44,8562	202	20	3,3988	60,3264

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	20,00000								Alfa	20,00000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,36397	0,34202	0,93969	0,01490						0,36397	0,34202	0,93969	0,01490				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	2,95213							1,57080	3,14159	2,95213					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	6	2,1903	16,9510						151	17	3,5909	50,8250
				52	6	2,2044	16,9650						152	17	3,6049	50,8390
3	2	1,5181	4,4702	53	6	2,2184	16,9790		101	2	2,8906	5,8428	153	18	3,6189	53,8051
4	2	1,5321	4,4842	54	7	2,2324	19,9452		102	2	2,9046	5,8568	154	18	3,6329	53,8192
5	2	1,5461	4,4982	55	7	2,2464	19,9592		103	2	2,9186	5,8708	155	18	3,6469	53,8332
6	2	1,5601	4,5122	56	7	2,2604	19,9732		104	2	2,9326	5,8848	156	18	3,6609	53,8472
7	2	1,5741	4,5262	57	7	2,2744	19,9872		105	2	2,9466	5,8988	157	18	3,6749	53,8612
8	2	1,5881	4,5402	58	7	2,2884	20,0012		106	2	2,9607	5,9128	158	18	3,6889	53,8752
9	2	1,6021	4,5542	59	7	2,3024	20,0152		107	12	2,9747	35,4481	159	18	3,7029	53,8892
10	2	1,6161	4,5683	60	7	2,3164	20,0292		108	13	2,9887	38,4142	160	18	3,7170	53,9032
11	2	1,6301	4,5823	61	7	2,3304	20,0432		109	13	3,0027	38,4282	161	18	3,7310	53,9172
12	2	1,6441	4,5963	62	7	2,3444	20,0572		110	13	3,0167	38,4423	162	19	3,7450	56,8833
13	2	1,6581	4,6103	63	8	2,3584	23,0233		111	13	3,0307	38,4563	163	19	3,7590	56,8973
14	2	1,6721	4,6243	64	8	2,3724	23,0373		112	13	3,0447	38,4703	164	19	3,7730	56,9113
15	2	1,6861	4,6383	65	8	2,3864	23,0513		113	13	3,0587	38,4843	165	19	3,7870	56,9253
16	2	1,7002	4,6523	66	8	2,4004	23,0654		114	13	3,0727	38,4983	166	19	3,8010	56,9394
17	2	1,7142	4,6663	67	8	2,4144	23,0794		115	13	3,0867	38,5123	167	19	3,8150	56,9534
18	3	1,7282	7,6324	68	8	2,4284	23,0934		116	13	3,1007	38,5263	168	19	3,8290	56,9674
19	3	1,7422	7,6464	69	8	2,4424	23,1074		117	14	3,1147	41,4924	169	19	3,8430	56,9814
20	3	1,7562	7,6604	70	8	2,4565	23,1214		118	14	3,1287	41,5064	170	19	3,8570	56,9954
21	3	1,7702	7,6744	71	8	2,4705	23,1354		119	14	3,1427	41,5204	171	20	3,8710	59,9615
22	3	1,7842	7,6885	72	9	2,4845	26,1015		120	14	3,1567	41,5344	172	20	3,8850	59,9755
23	3	1,7982	7,7025	73	9	2,4985	26,1155		121	14	3,1707	41,5484	173	20	3,8990	59,9895
24	3	1,8122	7,7165	74	9	2,5125	26,1295		122	14	3,1847	41,5625	174	20	3,9130	60,0035
25	3	1,8262	7,7305	75	9	2,5265	26,1435		123	14	3,1987	41,5765	175	20	3,9270	60,0175
26	3	1,8402	7,7445	76	9	2,5405	26,1575		124	14	3,2128	41,5905	176	20	3,9410	60,0315
27	4	1,8542	10,7106	77	9	2,5545	26,1715		125	14	3,2268	41,6045	177	20	3,9550	60,0455
28	4	1,8682	10,7246	78	9	2,5685	26,1855		126	15	3,2408	44,5706	178	20	3,9691	60,0595
29	4	1,8822	10,7386	79	9	2,5825	26,1996		127	15	3,2548	44,5846	179	20	3,9831	60,0736
30	4	1,8962	10,7526	80	9	2,5965	26,2136		128	15	3,2688	44,5986	180	21	3,9971	63,0397
31	4	1,9102	10,7666	81	10	2,6105	29,1797		129	15	3,2828	44,6126	181	21	4,0111	63,0537
32	4	1,9242	10,7806	82	10	2,6245	29,1937		130	15	3,2968	44,6266	182	21	4,0251	63,0677
33	4	1,9382	10,7946	83	10	2,6385	29,2077		131	15	3,3108	44,6406	183	21	4,0391	63,0817
34	4	1,9523	10,8086	84	10	2,6525	29,2217		132	15	3,3248	44,6546	184	21	4,0531	63,0957
35	4	1,9663	10,8227	85	10	2,6665	29,2357		133	15	3,3388	44,6686	185	21	4,0671	63,1097
36	5	1,9803	13,7888	86	10	2,6805	29,2497		134	15	3,3528	44,6826	186	21	4,0811	63,1237
37	5	1,9943	13,8028	87	10	2,6945	29,2637		135	16	3,3668	47,6488	187	21	4,0951	63,1377
38	5	2,0083	13,8168	88	10	2,7086	29,2777		136	16	3,3808	47,6628	188	21	4,1091	63,1517
39	5	2,0223	13,8308	89	10	2,7226	29,2917		137	16	3,3948	47,6768	189	22	4,1231	66,1179
40	5	2,0363	13,8448	90	11	2,7366	32,2579		138	16	3,4088	47,6908	190	22	4,1371	66,1319
41	5	2,0503	13,8588	91	11	2,7506	32,2719		139	16	3,4228	47,7048	191	22	4,1511	66,1459
42	5	2,0643	13,8728	92	11	2,7646	32,2859		140	16	3,4368	47,7188	192	22	4,1651	66,1599
43	5	2,0783	13,8868	93	11	2,7786	32,2999		141	16	3,4508	47,7328	193	22	4,1791	66,1739
44	5	2,0923	13,9008	94	11	2,7926	32,3139		142	16	3,4649	47,7468	194	22	4,1931	66,1879
45	6	2,1063	16,8670	95	11	2,8066	32,3279		143	16	3,4789	47,7608	195	22	4,2071	66,2019
46	6	2,1203	16,8810	96	11	2,8206	32,3419		144	17	3,4929	50,7270	196	22	4,2212	66,2159
47	6	2,1343	16,8950	97	11	2,8346	32,3559		145	17	3,5069	50,7410	197	22	4,2352	66,2299
48	6	2,1483	16,9090	98	11	2,8486	32,3699		146	17	3,5209	50,7550	198	23	4,2492	69,1961
49	6	2,1623	16,9230	99	12	2,8626	35,3361		147	17	3,5349	50,7690	199	23	4,2632	69,2101
50	6	2,1763	16,9370	100	12	2,8766	35,3501		148	17	3,5489	50,7830	200	23	4,2772	69,2241
									149	17	3,5629	50,7970	201	23	4,2912	69,2381
									150	17	3,5769	50,8110	202	23	4,3052	69,2521

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	22,50000								Alfa	22,50000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,41421	0,38268	0,92388	0,02151						0,41421	0,38268	0,92388	0,02151				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	2,90245							1,57080	3,14159	2,90245					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	7	2,4649	19,8797						151	19	4,4526	56,6968
				52	7	2,4848	19,8995						152	20	4,4725	59,6191
3	2	1,5109	4,4133	53	7	2,5047	19,9194		101	2	3,4588	6,3612	153	20	4,4924	59,6390
4	2	1,5307	4,4332	54	7	2,5246	19,9393		102	2	3,4787	6,3811	154	20	4,5123	59,6589
5	2	1,5506	4,4531	55	7	2,5444	19,9592		103	2	3,4985	6,4010	155	20	4,5321	59,6787
6	2	1,5705	4,4729	56	8	2,5643	22,8815		104	2	3,5184	6,4209	156	20	4,5520	59,6986
7	2	1,5904	4,4928	57	8	2,5842	22,9014		105	2	3,5383	6,4407	157	20	4,5719	59,7185
8	2	1,6102	4,5127	58	8	2,6041	22,9213		106	2	3,5582	6,4606	158	20	4,5918	59,7384
9	2	1,6301	4,5326	59	8	2,6240	22,9411		107	14	3,5780	41,3099	159	20	4,6116	59,7582
10	2	1,6500	4,5524	60	8	2,6438	22,9610		108	14	3,5979	41,3298	160	21	4,6315	62,6806
11	2	1,6699	4,5723	61	8	2,6637	22,9809		109	14	3,6178	41,3497	161	21	4,6514	62,7005
12	2	1,6897	4,5922	62	8	2,6836	23,0008		110	14	3,6377	41,3696	162	21	4,6713	62,7203
13	2	1,7096	4,6121	63	8	2,7035	23,0206		111	14	3,6576	41,3894	163	21	4,6911	62,7402
14	2	1,7295	4,6320	64	9	2,7233	25,9430		112	15	3,6774	44,3118	164	21	4,7110	62,7601
15	2	1,7494	4,6518	65	9	2,7432	25,9628		113	15	3,6973	44,3316	165	21	4,7309	62,7800
16	3	1,7693	7,5742	66	9	2,7631	25,9827		114	15	3,7172	44,3515	166	21	4,7508	62,7998
17	3	1,7891	7,5940	67	9	2,7830	26,0026		115	15	3,7371	44,3714	167	21	4,7707	62,8197
18	3	1,8090	7,6139	68	9	2,8028	26,0225		116	15	3,7569	44,3913	168	22	4,7905	65,7420
19	3	1,8289	7,6338	69	9	2,8227	26,0424		117	15	3,7768	44,4112	169	22	4,8104	65,7619
20	3	1,8488	7,6537	70	9	2,8426	26,0622		118	15	3,7967	44,4310	170	22	4,8303	65,7818
21	3	1,8686	7,6735	71	9	2,8625	26,0821		119	15	3,8166	44,4509	171	22	4,8502	65,8017
22	3	1,8885	7,6934	72	10	2,8824	29,0044		120	16	3,8364	47,3732	172	22	4,8700	65,8216
23	3	1,9084	7,7133	73	10	2,9022	29,0243		121	16	3,8563	47,3931	173	22	4,8899	65,8414
24	4	1,9283	10,6356	74	10	2,9221	29,0442		122	16	3,8762	47,4130	174	22	4,9098	65,8613
25	4	1,9481	10,6555	75	10	2,9420	29,0641		123	16	3,8961	47,4329	175	22	4,9297	65,8812
26	4	1,9680	10,6754	76	10	2,9619	29,0839		124	16	3,9159	47,4527	176	23	4,9495	68,8035
27	4	1,9879	10,6953	77	10	2,9817	29,1038		125	16	3,9358	47,4726	177	23	4,9694	68,8234
28	4	2,0078	10,7151	78	10	3,0016	29,1237		126	16	3,9557	47,4925	178	23	4,9893	68,8433
29	4	2,0277	10,7350	79	10	3,0215	29,1436		127	16	3,9756	47,5124	179	23	5,0092	68,8631
30	4	2,0475	10,7549	80	11	3,0414	32,0659		128	17	3,9955	50,4347	180	23	5,0290	68,8830
31	4	2,0674	10,7748	81	11	3,0612	32,0858		129	17	4,0153	50,4546	181	23	5,0489	68,9029
32	5	2,0873	13,6971	82	11	3,0811	32,1057		130	17	4,0352	50,4745	182	23	5,0688	68,9228
33	5	2,1072	13,7170	83	11	3,1010	32,1255		131	17	4,0551	50,4943	183	23	5,0887	68,9426
34	5	2,1270	13,7368	84	11	3,1209	32,1454		132	17	4,0750	50,5142	184	24	5,1086	71,8650
35	5	2,1469	13,7567	85	11	3,1408	32,1653		133	17	4,0948	50,5341	185	24	5,1284	71,8849
36	5	2,1668	13,7766	86	11	3,1606	32,1852		134	17	4,1147	50,5540	186	24	5,1483	71,9047
37	5	2,1867	13,7965	87	11	3,1805	32,2050		135	17	4,1346	50,5738	187	24	5,1682	71,9246
38	5	2,2065	13,8164	88	12	3,2004	35,1274		136	18	4,1545	53,4962	188	24	5,1881	71,9445
39	5	2,2264	13,8362	89	12	3,2203	35,1472		137	18	4,1743	53,5161	189	24	5,2079	71,9644
40	6	2,2463	16,7586	90	12	3,2401	35,1671		138	18	4,1942	53,5359	190	24	5,2278	71,9842
41	6	2,2662	16,7784	91	12	3,2600	35,1870		139	18	4,2141	53,5558	191	24	5,2477	72,0041
42	6	2,2861	16,7983	92	12	3,2799	35,2069		140	18	4,2340	53,5757	192	25	5,2676	74,9264
43	6	2,3059	16,8182	93	12	3,2998	35,2268		141	18	4,2539	53,5956	193	25	5,2874	74,9463
44	6	2,3258	16,8381	94	12	3,3196	35,2466		142	18	4,2737	53,6154	194	25	5,3073	74,9662
45	6	2,3457	16,8579	95	12	3,3395	35,2665		143	18	4,2936	53,6353	195	25	5,3272	74,9861
46	6	2,3656	16,8778	96	13	3,3594	38,1888		144	19	4,3135	56,5576	196	25	5,3471	75,0060
47	6	2,3854	16,8977	97	13	3,3793	38,2087		145	19	4,3334	56,5775	197	25	5,3670	75,0258
48	7	2,4053	19,8200	98	13	3,3992	38,2286		146	19	4,3532	56,5974	198	25	5,3868	75,0457
49	7	2,4252	19,8399	99	13	3,4190	38,2485		147	19	4,3731	56,6173	199	25	5,4067	75,0656
50	7	2,4451	19,8598	100	13	3,4389	38,2683		148	19	4,3930	56,6371	200	26	5,4266	77,9879
									149	19	4,4129	56,6570	201	26	5,4465	78,0078
									150	19	4,4327	56,6769	202	26	5,4663	78,0277

Calcolo misura Wildhaber

M	1,00000								M	1,00000						
Alfa	30,00000								Alfa	30,00000						
Xm	0,00000								Xm	0,00000						
tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa						tan.alfa	Sin alfa	Cos alfa	Inv Alfa				
0,57735	0,50000	0,86603	0,05375						0,57735	0,50000	0,86603	0,05375				
Sc	Pc	P.base							Sc	Pc	P.base					
1,57080	3,14159	2,72070							1,57080	3,14159	2,72070					
Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber		Z	N	S.base	Wildhaber	Z	N	S.base	Wildhaber
				51	9	3,7344	25,5000						151	26	8,3894	76,4069
				52	9	3,7810	25,5466						152	26	8,4360	76,4534
3	2	1,5000	4,2207	53	9	3,8275	25,5931		101	2	6,0619	8,7826	153	26	8,4825	76,5000
4	2	1,5466	4,2672	54	10	3,8741	28,3603		102	2	6,1085	8,8292	154	26	8,5291	76,5466
5	2	1,5931	4,3138	55	10	3,9206	28,4069		103	2	6,1550	8,8757	155	26	8,5756	76,5931
6	2	1,6397	4,3603	56	10	3,9672	28,4534		104	2	6,2016	8,9223	156	27	8,6222	79,3603
7	2	1,6862	4,4069	57	10	4,0137	28,5000		105	2	6,2481	8,9688	157	27	8,6687	79,4069
8	2	1,7328	4,4534	58	10	4,0603	28,5466		106	2	6,2947	9,0154	158	27	8,7153	79,4534
9	2	1,7793	4,5000	59	10	4,1068	28,5931		107	18	6,3412	52,5931	159	27	8,7618	79,5000
10	2	1,8259	4,5466	60	11	4,1534	31,3603		108	19	6,3878	55,3603	160	27	8,8084	79,5466
11	2	1,8724	4,5931	61	11	4,1999	31,4069		109	19	6,4343	55,4069	161	27	8,8549	79,5931
12	3	1,9190	7,3603	62	11	4,2465	31,4534		110	19	6,4809	55,4534	162	28	8,9015	82,3603
13	3	1,9655	7,4069	63	11	4,2930	31,5000		111	19	6,5274	55,5000	163	28	8,9480	82,4069
14	3	2,0121	7,4534	64	11	4,3396	31,5466		112	19	6,5740	55,5466	164	28	8,9946	82,4534
15	3	2,0586	7,5000	65	11	4,3861	31,5931		113	19	6,6205	55,5931	165	28	9,0411	82,5000
16	3	2,1052	7,5466	66	12	4,4327	34,3603		114	20	6,6671	58,3603	166	28	9,0877	82,5466
17	3	2,1517	7,5931	67	12	4,4792	34,4069		115	20	6,7136	58,4069	167	28	9,1342	82,5931
18	4	2,1983	10,3603	68	12	4,5258	34,4534		116	20	6,7602	58,4534	168	29	9,1808	85,3603
19	4	2,2448	10,4069	69	12	4,5723	34,5000		117	20	6,8067	58,5000	169	29	9,2273	85,4069
20	4	2,2914	10,4534	70	12	4,6189	34,5466		118	20	6,8533	58,5466	170	29	9,2739	85,4534
21	4	2,3379	10,5000	71	12	4,6654	34,5931		119	20	6,8998	58,5931	171	29	9,3204	85,5000
22	4	2,3845	10,5466	72	13	4,7120	37,3603		120	21	6,9464	61,3603	172	29	9,3670	85,5466
23	4	2,4310	10,5931	73	13	4,7585	37,4069		121	21	6,9929	61,4069	173	29	9,4135	85,5931
24	5	2,4776	13,3603	74	13	4,8051	37,4534		122	21	7,0395	61,4534	174	30	9,4601	88,3603
25	5	2,5241	13,4069	75	13	4,8516	37,5000		123	21	7,0860	61,5000	175	30	9,5066	88,4069
26	5	2,5707	13,4534	76	13	4,8982	37,5466		124	21	7,1326	61,5466	176	30	9,5532	88,4534
27	5	2,6172	13,5000	77	13	4,9447	37,5931		125	21	7,1791	61,5931	177	30	9,5997	88,5000
28	5	2,6638	13,5466	78	14	4,9913	40,3603		126	22	7,2257	64,3603	178	30	9,6463	88,5466
29	5	2,7103	13,5931	79	14	5,0378	40,4069		127	22	7,2722	64,4069	179	30	9,6928	88,5931
30	6	2,7569	16,3603	80	14	5,0844	40,4534		128	22	7,3188	64,4534	180	31	9,7394	91,3603
31	6	2,8034	16,4069	81	14	5,1309	40,5000		129	22	7,3653	64,5000	181	31	9,7859	91,4069
32	6	2,8500	16,4534	82	14	5,1775	40,5466		130	22	7,4119	64,5466	182	31	9,8325	91,4534
33	6	2,8965	16,5000	83	14	5,2240	40,5931		131	22	7,4584	64,5931	183	31	9,8790	91,5000
34	6	2,9431	16,5466	84	15	5,2706	43,3603		132	23	7,5050	67,3603	184	31	9,9256	91,5466
35	6	2,9896	16,5931	85	15	5,3171	43,4069		133	23	7,5515	67,4069	185	31	9,9721	91,5931
36	7	3,0362	19,3603	86	15	5,3637	43,4534		134	23	7,5981	67,4534	186	32	10,0187	94,3603
37	7	3,0827	19,4069	87	15	5,4102	43,5000		135	23	7,6446	67,5000	187	32	10,0652	94,4069
38	7	3,1293	19,4534	88	15	5,4568	43,5466		136	23	7,6912	67,5466	188	32	10,1118	94,4534
39	7	3,1758	19,5000	89	15	5,5033	43,5931		137	23	7,7377	67,5931	189	32	10,1583	94,5000
40	7	3,2224	19,5466	90	16	5,5499	46,3603		138	24	7,7843	70,3603	190	32	10,2049	94,5466
41	7	3,2689	19,5931	91	16	5,5964	46,4069		139	24	7,8308	70,4069	191	32	10,2514	94,5931
42	8	3,3155	22,3603	92	16	5,6430	46,4534		140	24	7,8774	70,4534	192	33	10,2980	97,3603
43	8	3,3620	22,4069	93	16	5,6895	46,5000		141	24	7,9239	70,5000	193	33	10,3445	97,4069
44	8	3,4086	22,4534	94	16	5,7361	46,5466		142	24	7,9705	70,5466	194	33	10,3911	97,4534
45	8	3,4551	22,5000	95	16	5,7826	46,5931		143	24	8,0170	70,5931	195	33	10,4376	97,5000
46	8	3,5017	22,5466	96	17	5,8292	49,3603		144	25	8,0636	73,3603	196	33	10,4842	97,5466
47	8	3,5482	22,5931	97	17	5,8757	49,4069		145	25	8,1101	73,4069	197	33	10,5307	97,5931
48	9	3,5948	25,3603	98	17	5,9223	49,4534		146	25	8,1567	73,4534	198	34	10,5773	100,3603
49	9	3,6413	25,4069	99	17	5,9688	49,5000		147	25	8,2032	73,5000	199	34	10,6238	100,4069
50	9	3,6879	25,4534	100	17	6,0154	49,5466		148	25	8,2498	73,5466	200	34	10,6704	100,4534
									149	25	8,2963	73,5931	201	34	10,7169	100,5000
									150	26	8,3429	76,3603	202	34	10,7635	100,5466

CRIVELLIN PROGETTAZIONI s.r.l

Via Euclide. milano 23

2042 Bra (CN)

Sito Web : www.crivellin.com

E-mail: progettazioni.crivellin@gmail.com

Allegato a GEAR -1

Dimensionamento di una coppia di ingranaggi cilindrici a fatica

Manuale d'uso

Simbologia

R = a rottura

P = a pressione superficiale

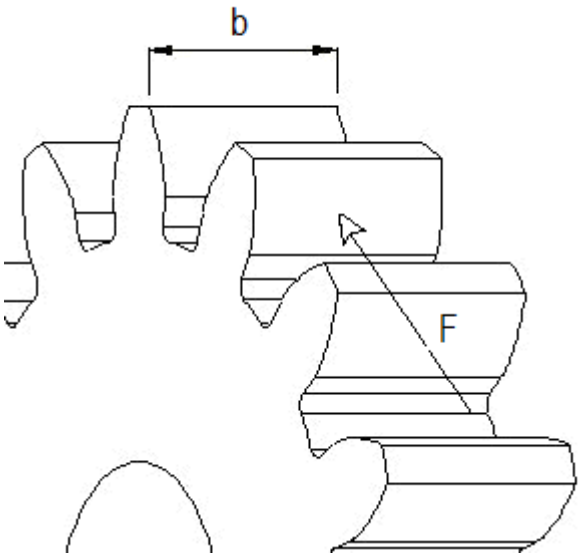
Simboli	Descrizione	Unità	
b	Larghezza fascia dentata	mm	R-P
m_o	Modulo normale (utensile)	mm	R
Xm	Spostamento di profilo (correzione) sul raggio	mm	-
x	Coefficiente di spostamento		-
F	Forza tangenziale sul diametro primitivo	daN	R-P
Ω	Coefficiente di correzione tensione base	-	P
d1	Diametro primitivo del pignone (Z1)	mm	P
Cr	Fattore di rapporto	-	P
Cβ	Fattore di inclinazione dentatura elicoidale	-	P
Kv	Fattore dinamico di velocità	-	R-P
K_{HL}	Fattore di durata a pressione	-	P
K_M	Fattore di contatto	-	R-P
K_A	Fattore di servizio	-	R-P
K_{BL}	Fattore di durata a rottura	-	R
Yε	Fattore di condotta (Non rapporto di condotta)	-	R
Y_F	Fattore di Lewis	-	R
Yβ	Fattore di inclinazione elica	-	R
$\sigma_{b\ lim}$	Sollecitazione limite tensione alla base	daN/mm^2	R
σ_b	Sollecitazione tensione alla base	daN/mm^2	R

Dimensionamento di ruote dentate ad assi paralleli.

Occorre calcolare la larghezza della dentatura del pignone e della corona dentata sia a rottura che a pressione superficiale.

Il maggiore di questi quattro valori sarà scelto come larghezza della dentatura dei due ingranaggi.

Dimensionamento a pressione superficiale.



Per angolo di pressione normale α n =20°

$$b = \frac{F}{\Omega_0 * d_1 * C_r * C_\beta * K_v * K_{HL} * K_M * K_A}$$

Per α n = 15° moltiplicare F per 0.92

Per α n = 17° 30’ moltiplicare F per 0.96

Per α n = 25° moltiplicare F per 1.07

b= larghezza della dentatura in mm.
F = sforzo tangenziale primitivo (daN).
d_1 = diametro primitivo del pignone (mm)

L’ingranaggio calcolato con la formula precedente può sopportare un sovraccarico istantaneo fino a 3*F per un tempo di 15÷20 sec.

Data una potenza P da trasmettere (Kw) e un numero di giri al minuto (RPM)

Si calcola il momento torcente (Coppia) in daN per metro.

$$\text{Coppia} = \frac{954.9 * P}{RPM} = (daN*Mt) \qquad F = \frac{\text{Coppia} * 2000}{d1} = daN$$

Ω0	Materiale
0.1-0.2	Ghisa
0.2-0.8	Acciaio non trattato
0.8-1.3	Acciaio da tempra superficiale a induzione
1-1.5	Acciaio cementato e temprato

C_r = Fattore di rapporto (E' uguale per pignone e corona)

$$i = \frac{Z2}{Z1}$$

per ingranaggio esterno $C_R = \frac{i}{i + 1}$

per ingranaggio interno $C_R = \frac{i}{i - 1}$

C_β = Fattore di inclinazione (Uguale per pignone e corona)

Dipende dall'angolo di inclinazione dell'elica β - $C_\beta = 1 + (0.0376 * \beta^{0.658})$

Andamento di C_β

β°	C_β
0°	1
5°	1.10
10°	1.18
15°	1.24
20°	1.28
25°	1.32
30°	1.35
35°	1.38
40°	1.40

K_V = Fattore di velocità (Uguale per pignone e corona)

V_p = AMMISSIBILE – (20-25 m/1")

$$\text{Vp = velocità periferica in metri/sec.} = \frac{d1 * \pi * RPM}{60000}$$

Gli ingranaggi vengono suddivisi in 4 classi di qualità.

Classe 1 - Dentatura di estrema precisione per ingranaggi ad elevata velocità (fino e oltre 100 m/sec) finitura di rettifica.

Classe 2 - Dentatura di precisione (50 m/sec) Rettifica

Classe 3 - Buona qualità (20 m/sec). Senza rettifica

Classe 4 - Mediocre qualità (5 m/sec)

$$K_V = \text{classe 1} = \frac{30}{30 + \sqrt{V_p}}$$

$$\text{classe 2} = \frac{12}{12 + \sqrt{V_p}}$$

$$\text{classe 3} = \frac{6}{6 + \sqrt{V_p}}$$

$$\text{classe 4} = \frac{3}{3 + \sqrt{V_p}}$$

K_{HL} = Fattore di durata (Diverso per pignone e corona)

Quando la trasmissione ha un ciclo di carico variabile si deve tener conto della durata equivalente.

D_0 = durata equivalente

C_1 - C_2--------C_n = Carichi diversi

D_1 - D_2--------D_n = Durate relative ai carichi diversi D_1 + D_2-------D_n = D durata totale
La durata equivalente viene espressa in funzione del carico massimo che chiamiamo C_1

$$D_0 = D_1 + D_2 * \left(C_2 / C_1\right)^n \text{-----} + D_n * \left(C_n / C_1\right)^n$$

n = 10 per calcolo a rottura = 6 per calcolo a pressione spec.
K_{HL} viene espresso in funzione del numero di cicli.

K_{HL} = 8.44* n° cicli^-0.13

Andamento di K_{HL}

K_{HL}	Numero cicli
2	10^5
1.45	10^6
1	10^7
0.7	10^8
0.5	10^9
0.5	10^{10}

N.B.
Nel caso di una corona dentata intermedia il numero di cicli deve essere moltiplicato per 2.

K_M = Fattore di contatto (Uguale per pignone e corona)

Dipende dal rapporto $\frac{b}{d1}$

b = larghezza della dentatura
d1 = diametro primitivo del pignone

K_M	b/d_1
1	1
0.95	1.5
0.84	2
0.72	2.5

Pur essendo b un valore incognito si può impostare il calcolo con K_M = 1 che è un valore valido nella quasi totalità dei casi.
Il rapporto b/d_1 non dovrebbe superare il valore di 2.
Il valore massimo assoluto è 2.5

K_A = Fattore di servizio (Uguale per pignone e corona)

Funzionamento senza urti	1
Funzionamento con urtimoderati	2
Funzionamento con urti consistenti	3

Organo motore	Grado di urto	Fino a 12 ore/giorno	24 ore/giorno
Motore elettrico	1	1	0.95
	2	0.8	0.7
Turbina	3	0.67	0.50
Motore a combust. Interna monocilindro	1	0.8	0.7
	2	0.67	0.57
	3	0.57	0.45
Motore a combust. Interna pluricilindro	1	0.67	0.57
	2	0.57	0.45
	3	0.45	0.35

Per installazioni che richiedono sicurezza assoluta dividere questi valori per 1.25 ÷1.4

Dimensionamento a Rottura

$$b = \frac{F * Y_\varepsilon * Y_F * Y_\beta}{\sigma_{b\ lim} * m_0 * K_V * K_{bL} * K_M * K_A}$$

b = larghezza della dentatura in mm

m_0 = modulo normale (d'utensile)

F= Forza tangenziale al diametro primitivo in daN.

L'ingranaggio calcolato con la formula precedente può sopportare un sovraccarico istantaneo fino a 2 F per un tempo di 15 – 20 sec.

Y_ε = Fattore di condotta (È uguale per pignone e corona)

Con dentature di classe 1 e 2, la vecchia norma prevedeva :

$$Y_\varepsilon = \frac{1}{\varepsilon_\alpha}$$

Nuova formula I.S.O.: $Y_\varepsilon = 0.25+(0.75/ \varepsilon_\alpha)$

Con dentature di classe 3 e carichi notevoli e dentature di classe 4: $Y_\varepsilon = 1$

ε_α = rapporto di condotta (è opportuno che sia superiore a 1.30)

$$\varepsilon_\alpha = \underbrace{Y_1 * U_1}_{\text{(relativi a Z1)}} + \underbrace{Y_2 * U_2}_{\text{(relativi a Z2)}}$$

$$Y = \frac{ha}{m} = \frac{\text{addendum}}{\text{modulo}}$$ nelle dentature normali = 1

U = coefficiente dipendente da Z1 e Z2 e dall'angolo di pressione di **funzionamento α'.**

Z	**α' 12°30'**	**15°**	**17°30'**	**20°**	**22°30'**	**25°**	**27°30'**	**30°**
10	0.8	0.75	0.7	0.68	0.64	0.62	0.6	0.6
15	0.9	0.8	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.62
20	0.95	0.85	0.80	0.77	0.73	0.69	0.66	0.65
25	1	0.9	0.83	0.8	0.75	0.71	0.68	0.67
30	1.05	0.95	0.87	0.83	0.78	0.73	0.69	0.68
40	1.1	1	0.9	0.87	0.8	0.75	0.7	0.69
50	1.15	1.05	0.95	0.89	0.82	0.77	0.71	0.7
70	1.2	1.1	1	0.9	0.84	0.79	0.72	0.72
100	1.3	1.15	1.03	0.92	0.85	0.8	0.73	0.72
150	1.35	1.18	1.05	0.95	0.88	0.81	0.75	0.73
250	1.4	1.2	1.1	0.97	0.9	0.81	0.75	0.73

Y_F = Fattore di forma di Lewis (È diverso per pignone e corona)

È in funzione del numero dei denti, della eventuale correzione , dell'angolo di pressione α_0, del raggio di raccordo a fondo dente , ecc.

Zi = N° denti immaginari = Z / $(\cos \beta)^3$ per dentature elicoidali

Zi = Z per dentature diritte

Xm = spostamento di profilo sul raggio (correzione in mm) x = coefficiente di spostamento = Xm / mn

Per α_0 = 20°, Y_F è elencato nella tabella sottostante.

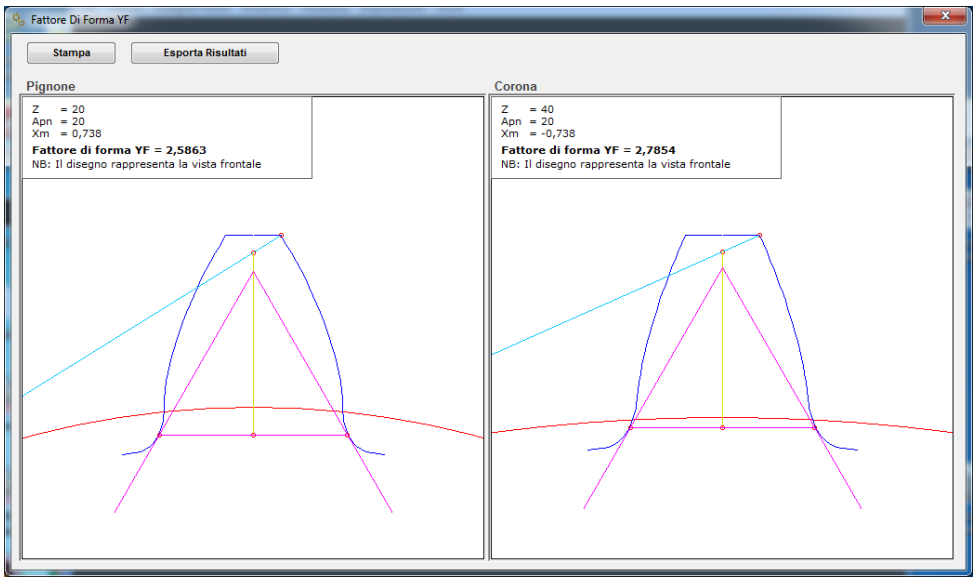
X

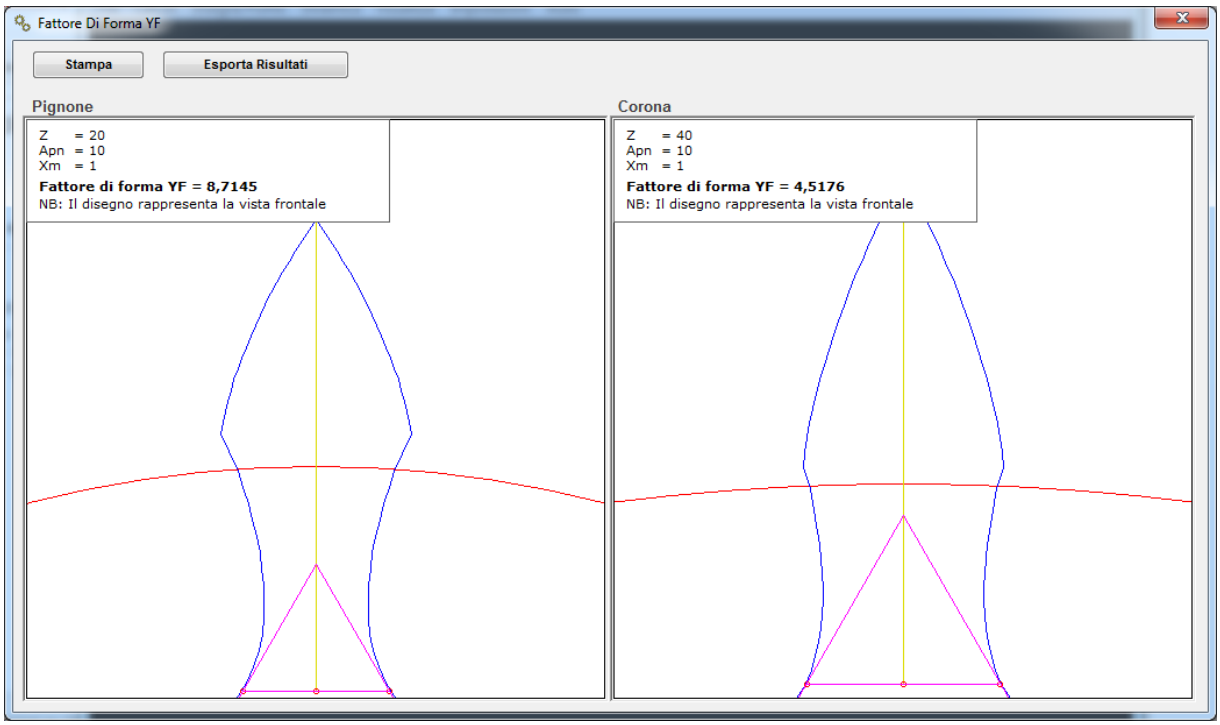
Zi	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	+0.1	+0.2	+0.3	+0.4	+0.5
15	-	-	-	-	-	-	2.85	2.66	2.51	2.36	2.24
20	-	-	-	-	2.97	2.78	2.60	2.48	2.38	2.28	2.17
25	3.55	3.35	3.11	2.93	2.77	2.6	2.48	2.38	2.30	2.22	2.14
30	3.25	3.08	2.91	2.74	2.62	2.5	2.40	2.32	2.25	2.18	2.12
40	2.90	2.78	2.68	2.58	2.47	2.38	2.32	2.27	2.21	2.16	2.10
50	2.70	2.62	2.53	2.47	2.38	2.32	2.28	2.22	2.18	2.14	2.08
70	2.52	2.47	2.39	2.35	2.30	2.27	2.22	2.18	2.15	2.11	2.07
100	2.38	2.34	2.30	2.27	2.23	2.20	2.18	2.14	2.12	2.09	2.06
150	2.28	2.26	2.24	2.20	2.18	2.16	2.14	2.12	2.10	2.08	2.06
200	2.23	2.21	2.18	2.17	2.16	2.14	2.13	2.11	2.09	2.07	2.06
300	2.18	2.17	2.16	2.15	2.14	2.11	2.10	2.09	2.08	2.06	2.06
500	2.14	2.13	2.12	2.11	2.10	2.09	2.08	2.07	2.06	2.05	2.06

Per α_0 = 15° moltiplicare per 1.22

Per α_0 = 25° moltiplicare per 0.848

“GEAR 2 CALCULATION” calcola il fattore di forma di Lewis , qualsiasi sia il profilo dei denti , anche dei più assurdi.





Y_β = Fattore di inclinazione In funzione dell'angolo di inclinazione dell'elica β.
(È uguale per pignone e corona)

Y_β	β
1	0°
0.93	5°
0.87	10°
0.82	15°
0.78	20°
0.76	25°
0.75	30°
0.75	35°
0.74	40°

$\sigma_{b\ lim}$ = Sollecitazione limite alla base. Dipende dal materiale.
(nel caso di una corona intermedia moltiplicare $\sigma b_{\ lim}$ per ¾

Materiale	σ_b
Ghise grigie	5-8
Ghise speciali	8-12
Bronzi	6-8
Acciai al carbonio	12-18
Acciai legati	20-25
Acciai legati a tempra tot.	25-35
Acciai legati da cementazione	30-42

K_{bL} = Fattore di durata (È diverso per pignone e corona)
È espresso in funzione del numero di cicli.

K_{bL}	Numero cilci
1.6	10^5
1.25	10^6
1	10^7
0.8	10^8
0.65	10^9
0.65	10^{10}

N.B.
Nel caso di una corona intermedia il numero dei cicli deve essere moltiplicato per 2

Dopo avere scelto la larghezza di fascia dentata si verifica la sollecitazione σ_b effettiva:
Sia per il pignone che per la corona.

$$\sigma_b = \frac{F_t}{b * m_0} * Y_\varepsilon * Y_F * Y_\beta$$

Esempio di calcolo

Numero denti pignone Z1 = 30
Numero denti corona Z2 = 90
Angolo di pressione α = 20°
Modulo m_0 = 2.5

d1 = 75
d2 = 225
Numero giri del pignone = 2100
Azionamento con motore elettrico – Urti moderati
Materiale di ambedue gli ingranaggi = 18 Ni Cr Mo 5 Cmt. Tmp

σ_{blim} = 42
Ω = 1.3
Dentatura di buona precisione Classe 2 (Vp < 50 m/sec.)
Durata = 20000 ore
Urti moderati =< 12 ore/giorno (Fattore di servizio 0.8)
Coppia sul pignone =
max 17 daN per il 30% della durata
media 12 daN per il 50% della durata
minima 5 daN per il 20% della durata

Dimensionamento a Rottura

$$b = \frac{F * Y_\varepsilon * Y_F * Y_\beta}{\sigma_{b\ lim} * m_0 * K_V * K_{bL} * K_M * K_A}$$

$$F = \frac{17*2000}{75} = 453 \text{ daN}$$

Y1 = Y2 = 1

ε_α = 1*0.83 +1*0.917 = 1.747

Con la nuova formula I.S.O. :

$Y\varepsilon$ = 0.25 + (0.75 / ε_α) = 0.25+(0.75 / 1.747) = 0.679

Y_F = 2.5 per il pignone, 2.2 per la corona

Y_β = 1

$$Vp = \frac{\pi * 75 * 2100}{60000} = 8.24 \text{ m/sec}$$

$$K_V \text{ (classe 2)} = \frac{12}{12 + \sqrt{8.24}} = 0.8$$

Durata equivalente D_0 a pressione superficiale
$6000 + 10000(12/17)^6 + 4000(5/17)^6$ = 7239 ore

Durata equivalente D_0 a rottura
$6000 + 10000(12/17)^{10} + 4000(5/17)^{10}$ = 6307 ore

N° cicli pignone = RPM * D_0 * 60 = 2100 * 7239 * 60 = 912.144.000
< 109,> 108 **K_{bL}** ≅ 0.65

N° cicli corona = 912.144.000 * Z1/Z2 = 304.038.000
< 109 ,> 108 **K_{bL}** = 0.8

K_{bL} = 0.65 per il pignone 0.8 per la corona

K_M = 1

K_A = 0.8

$$b \text{ pignone} = \frac{453 * 0.679 * 2.5 * 1}{42 * 2.5 * 0.8 * 0.65 * 1 * 0.8} = \mathbf{17.6}$$

$$b \text{ corona} = \frac{453 * 0.679 * 2.2}{42 * 2.5 * 0.8 * 0.8 * 1 * 0.8} = \mathbf{12.6}$$

Calcolo a pressione superficiale

$$b = \frac{F}{\Omega_0 * d_1 * C_r * C_\beta * Kv * K_{HL} * K_M * K_A}$$

$$C_r = \frac{3}{3+1} = 0.75$$

$$C_\beta = 1$$

K_{HL} = 8.44 * 912.144.000$^{-0.13}$ = 0.577 per il pignone

K_{HL} = 8.44 *304.038.000 $^{-0.13}$ = 0.666 per la corona

$$b\ pignone = \frac{453}{1.3 * 75 * 0.75 * 1 * 0.8 * 0.577 * 1 * 0.8} = \mathbf{16.77}$$

$$b\ corona = \frac{453}{1.3 * 75 * 0.75 * 1 * 0.8 * 0.666 * 1 * 0.8} = \mathbf{14.53}$$

Quindi abbiamo 4 valori, dai quali bisogna scegliere il più grande.

	a rottura	a pressione
b pignone	17.6	12.5
b corona	12.6	14.5

Occorre pertanto avere una fascia di dentatura uguale o superiore a 17.6 mm
Fascia consigliata = 20
Che è un valore più elevato dei quattro risultati.

Calcolo della sollecitazione a rottura effettiva
(Notare che viene influenzata dal fattore di Lewis)

$$Pignone\ \sigma_b = \frac{453}{20 * 2.5} * 0.679 * 2.5 * 1 = 15.38\ daN/mm2$$

$$Corona\ \sigma_b = \frac{453}{20 * 2.5} * 0.679 * 2.2 * 1 = 13.53\ daN/mm2$$