



**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

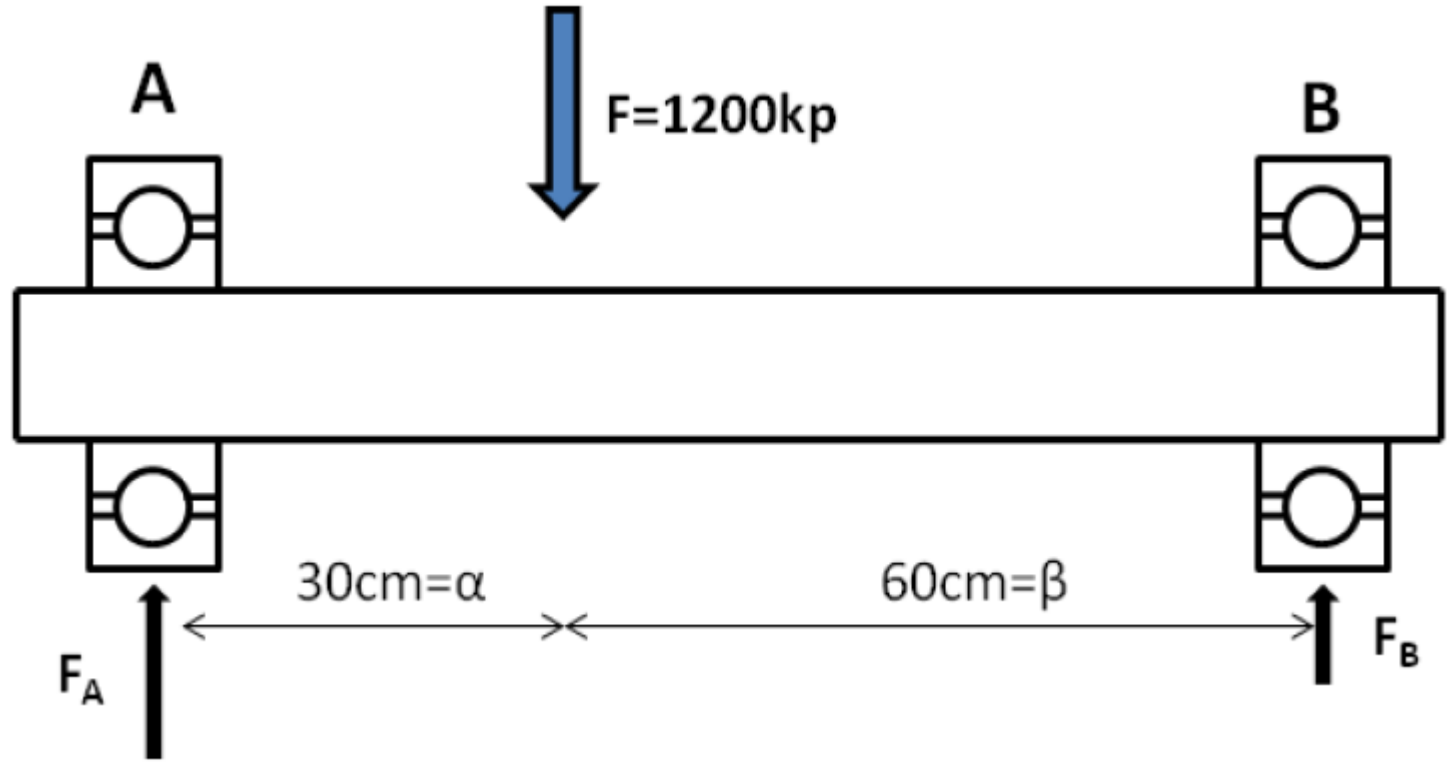
# **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι**

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΕΔΡΑΝΑ  
(ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΜΕΡΟΣ Β)**

**Επιμέλεια : Δρ. Μαργαρίτα Μωυσίδη**

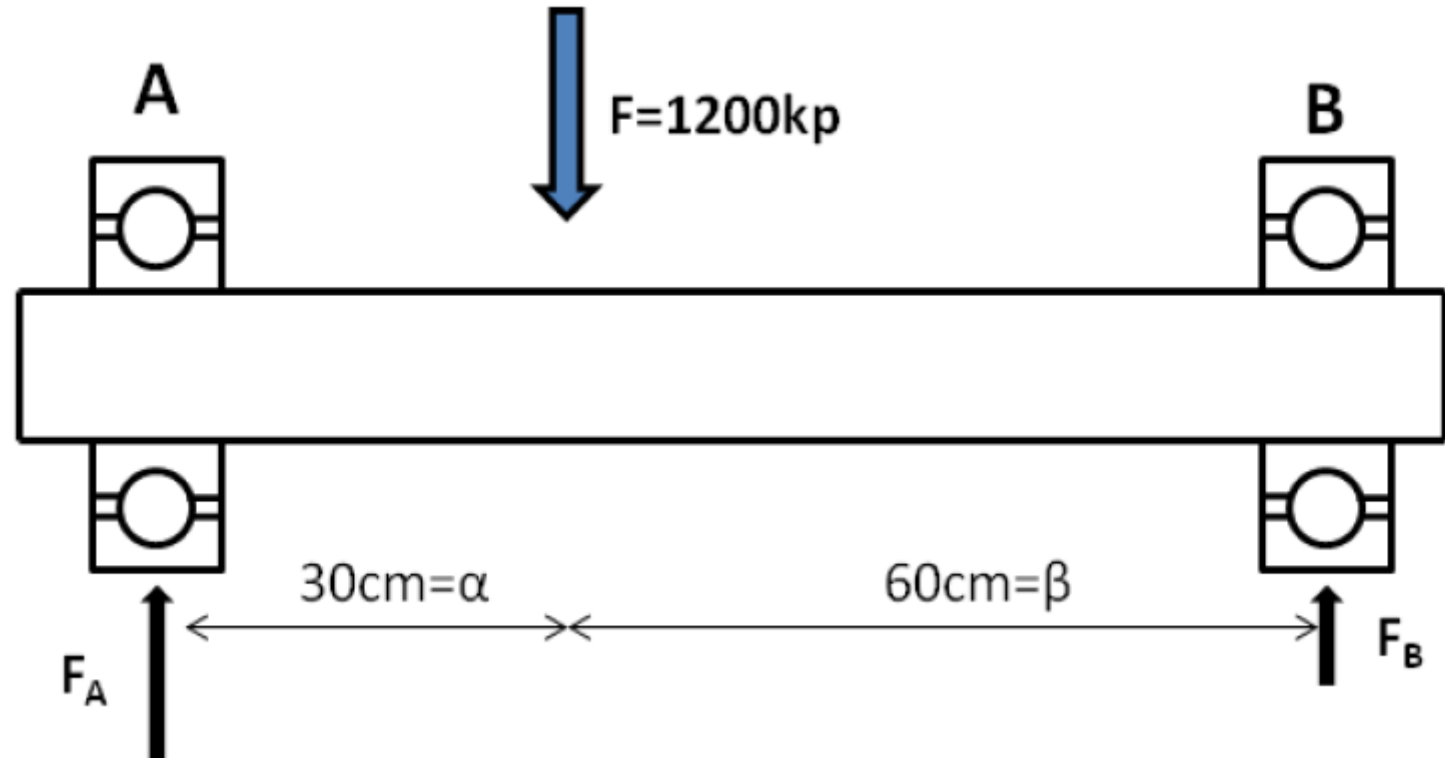
### Άσκηση 6.2

Να υπολογιστούν τα κατάλληλα έδρανα κύλισης στα άκρα A και B μιας ατράκτου που περιστρέφεται με 350 rpm. Η ατράκτος καταπονείται με τη δύναμη  $F=1200\text{ kp}$  που ασκείται στο σημείο όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα πιο κάτω. Να λάβετε υπ' όψιν σας ότι η ατράκτος ανήκει σε αγροτική μηχανή και έχει διάμετρο 55 mm.



## Άσκηση 6.2

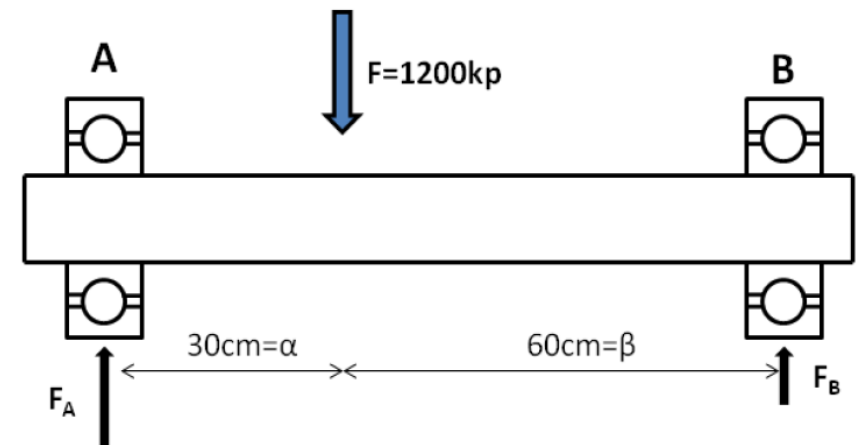
1. Πρέπει να υπολογίσουμε τις αντιδράσεις στις θέσεις των εδράνων τις οποίες συμβολίζουμε με  $F_A$  και  $F_B$ .
2. Θα εφαρμόσουμε τις δύο σχέσεις για την ισορροπία των δυνάμεων και των ροπών. Αρχίζουμε με τις ροπές ως προς το σημείο A:



$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F \cdot \alpha = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 1200kp \cdot 30cm = F_B \cdot 90cm \Rightarrow 36.000kp \cdot cm = F_B \cdot 90cm \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_B = \frac{36.000kp \cdot cm}{90cm} \Rightarrow F_B = 400kp\end{aligned}$$

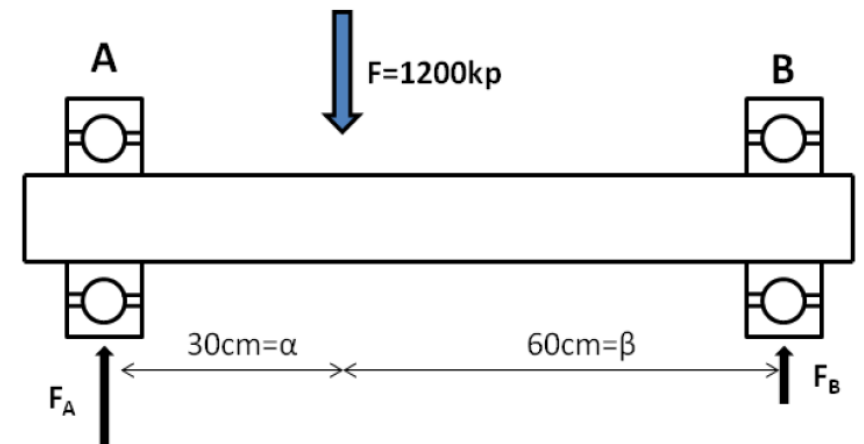
2. Αφού βρήκαμε την  $F_B$  θα βρούμε την  $F_A$  με εφαρμογή της εξίσωσης για την ισορροπία των δυνάμεων:


$$\Sigma f = 0 \Rightarrow F = F_A + F_B \Rightarrow F_A = F - F_B \Rightarrow F_A = 1200kp - 400kp \Rightarrow F_A = 800kp$$



3. Αφού έχουμε βρει τις δύο αντιδράσεις που είναι οι δυνάμεις που καταπονούν τα έδρανα, θα προχωρήσουμε στην επιλογή των κατάλληλων εδράνων. Αρχικά σκεφτόμαστε ότι επειδή οι δυνάμεις  $F_A$  και  $F_B$  έχουν μεγάλη διαφορά ίσως είναι καλύτερα (για οικονομικούς λόγους) να επιλέξουμε ένα μικρό για τη θέση A και ένα μεγαλύτερο ρουλεμάν για τη θέση B. Επομένως θα γίνει δυο φορές η επιλογή.

Σύμφωνα με την εκφώνηση τα έδρανα θα τοποθετηθούν σε αγροτική μηχανή και από τον πίνακα τα έδρανα σε αυτές έχουν διάρκεια λειτουργίας από 3000 ως 6000 ώρες (νούμερο 20 του πίνακα).





19	Αναστροφείς ελίκων πλοίων	20000-30000
20	Αγροτικές μηχανές	3000-6000
21	Ανυψωτικά μηχανήματα μικρά	5000-10000
22	Μειωτήρες στροφών	8000-15000
23	Κιβώτια ταχυτήτων εργαλειομηχανών	20000
24	Φορητές μηχανές μικρές	7500-15000
25	Έλαστρα μικρά εν ψυχρώ	5000-6000
26	Έλαστρα πολυκύλινδρα	8000-10000
27	Πριονιστήρια	10000-15000
28	Μηχανήματα μεταλλείων	4000-10000
29	Ανεμιστήρες μεταλλείων	40000-50000
30	Έδρανα αλυσσοφόρων μεταφορέων	40000-60000
31	Μηχανήματα χαρτοποιίας (διαρκής λειτουργία)	50000-80000
32	Σφυροθραυστήρες	20000-30000
33	Πιεστήρια μπρικετών	20000-30000

4. Εμείς από τις τιμές που είναι μεταξύ των 3000 και των 6000 ωρών πρέπει να επιλέξουμε μία τιμή. Επιλέγουμε την τιμή 5000 ώρες η οποία υπάρχει και στον πίνακα Β για την επιλογή του λόγου φόρτισης.

5. Οι στροφές που είναι 350 rpm βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν στον ΠΙΝΑΚΑ και για αυτό βρίσκουμε το λόγο φόρτισης που είναι πιο κοντά στις 350 rpm.



Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,20

4. Εμείς από τις τιμές που είναι μεταξύ των 3000 και των 6000 ωρών πρέπει να επιλέξουμε μία τιμή. Επιλέγουμε την τιμή 5000 ώρες η οποία υπάρχει και στον πίνακα για την επιλογή του λόγου φόρτισης.

5. Οι στροφές που είναι 350 rpm βλέπουμε ότι δεν υπάρχουν στον ΠΙΝΑΚΑ και για αυτό βρίσκουμε το λόγο φόρτισης που είναι πιο κοντά στις 350 rpm.



Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,20





6. Για 5000 ώρες και 320 rpm έχουμε  $C/P=4,56$  ενώ για 5000 ώρες και 400 rpm έχουμε  $C/P=4,93$ . Με παρεμβολή μεταξύ των τιμών αυτών βρίσκουμε 4.69 και επιλέγουμε  $C/P=4,7$  που θα είναι κοντά στην πραγματική τιμή για 350 rpm.

7. Μετατρέπουμε τις  $F_A$  και  $F_B$  σε N και έχουμε:  $F_A=8000$  N και  $F_B=4000$  N. Από το λόγο φόρτισης  $C/P=4,7$  βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο  $C_A$  και  $C_B$  στις δύο περιπτώσεις.

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_A}{F_A} = 4,7 \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 4,7 \cdot 8000N \Rightarrow C_A = 37.600N$$

$$\frac{C}{P} = 4,7 \Rightarrow \frac{C_B}{F_B} = 4,7 \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 4,7 \cdot 4000N \Rightarrow C_B = 18.800N$$

8. Από τον πίνακα Δ και για τις τιμές αυτές του  $C_A=37.000N$  και  $C_B=18.800N$  και διάμετρο 55 mm επιλέγουμε

ΠΙΝΑΚΑΣ Δ: ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΔΡΑΝΟΥ

Principal dimensions			Basic load ratings		Limiting speeds		Mass	Designation
d	D	B	C	$C_o$	Lubrication grease oil			
mm			N		r/min		kg	
45	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	61809
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	6009
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	6309
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	6409
50	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	61810
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	18010
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	6010
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	6310
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	6410
55	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	61811
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	6011
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	6211
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	6311
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	6411

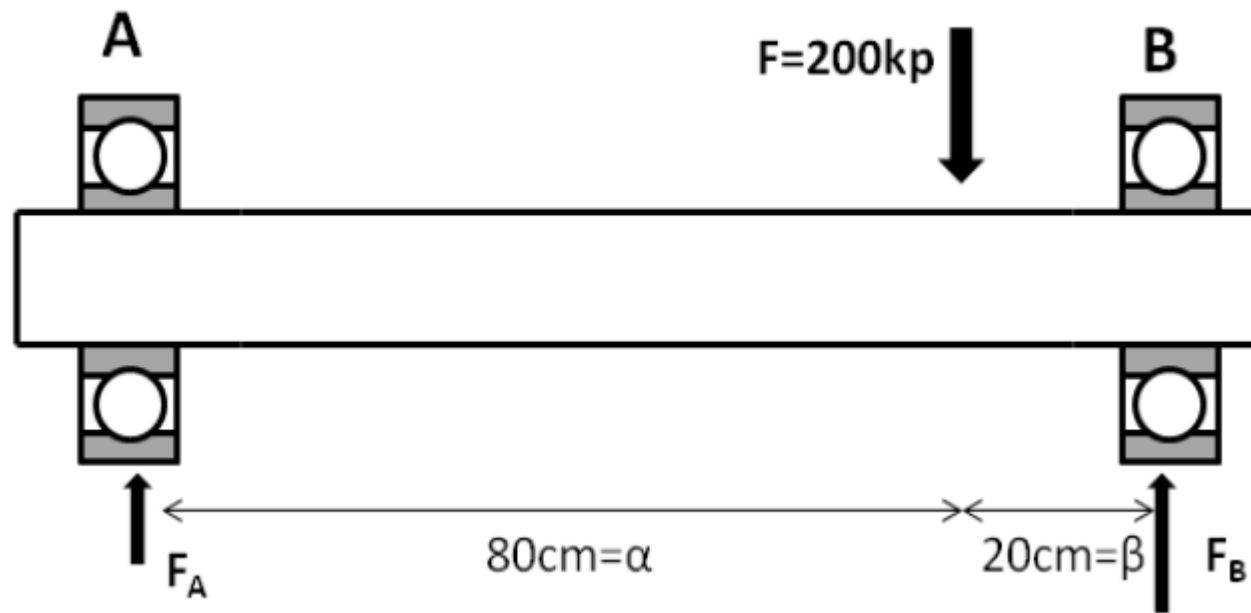


Από τον πίνακα Δ θα επιλέξουμε για διάμετρο 55 mm και για  $C_A=37.600\text{ N}$   
Το έδρανο **6211** που θα τοποθετηθεί στη θέση Α της ατράκτου  
και για  $C_B=18.800\text{ N}$  το έδρανο **16011** που θα τοποθετηθεί στη θέση Β της ατράκτου.

Θα μπορούσατε να επιλέξετε μόνο το έδρανο που δέχεται τη μεγαλύτερη ακτινική φόρτιση (το έδρανο που είναι στη θέση Α δηλαδή) αφού αυτό θα επαρκούσε και για τη θέση Β που δέχεται μικρότερο φορτίο.

### Άσκηση 6.3

Να υπολογιστούν τα κατάλληλα έδρανα κύλισης στα άκρα A και B μιας ατράκτου που καταπονείται με τη δύναμη  $F=200\text{kp}$  και ασκείται στο σημείο όπως αυτό φαίνεται στο σχήμα πιο κάτω. Η άτρακτος περιστρέφεται με  $1500\text{rpm}$  και ανήκει σε μηχανήμα χαρτοποιίας με συνεχή λειτουργία, διαμέτρου  $50\text{mm}$ .



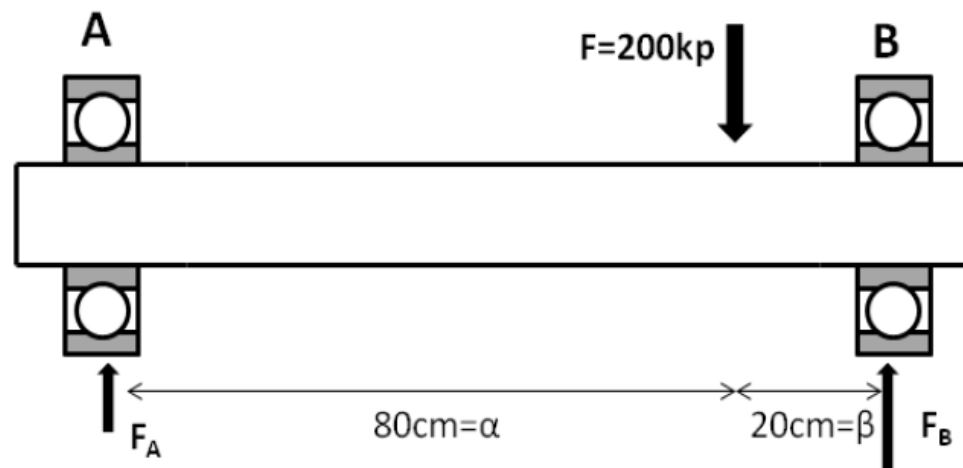
## Λύση

1. Από την ισορροπία των ροπών ως προς το σημείο A θα έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F \cdot \alpha = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 200kp \cdot 80cm = F_B \cdot 100cm \Rightarrow \\ &\Rightarrow 16.000kp \cdot cm = F_B \cdot 100cm \Rightarrow F_B = \frac{16.000kp \cdot cm}{100cm} \Rightarrow F_B = 160kp\end{aligned}$$

2. Από την ισορροπία των δυνάμεων θα έχουμε:

$$\Sigma f = 0 \Rightarrow F = F_A + F_B \Rightarrow F_A = F - F_B \Rightarrow F_A = 200kp - 160kp \Rightarrow F_A = 40kp$$



## Λύση

3. Μετατρέπουμε τις FA και FB σε N με την προσέγγιση  $1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$  και έχουμε:  $F_A = 400 \text{ N}$  και  $F_B = 1600 \text{ N}$ .

4. Για μηχάνημα χαρτοποιίας με συνεχή λειτουργία έχουμε από τον πίνακα Γ και βτρισκουμε διάρκεια λειτουργίας για τα έδρανα (νούμερο 31) 50.000 ως 80.000 ώρες.

5. Επιλέγουμε μια ενδιάμεση τιμή που να βολεύει και αυτή είναι οι 63.000 ώρες που υπάρχει και στον πίνακα Δ για την επιλογή του λόγου φόρτισης.

Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,23	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6



## Λύση

6. Ο λόγος φόρτισης βρίσκεται από τον πίνακα Δ για 63.000 ώρες και 1500 rpm. Οι στροφές δεν υπάρχουν ακριβώς και για το λόγο C/P με παρεμβολή μεταξύ του 16,8 για 1250 rpm και 18,2 για 1600 rpm επιλέγουμε την τιμή C/P = 17,8.

Υπολογίζουμε το C για τις θέσεις A και B:

$$A: \quad \frac{C}{P} = 17,8 \Rightarrow C = 17,8 \cdot P \Rightarrow C = 17,8 \cdot 400N \Rightarrow C = 7120N$$

$$B: \quad \frac{C}{P} = 17,8 \Rightarrow C = 17,8 \cdot P \Rightarrow C = 17,8 \cdot 1600N \Rightarrow C = 28.480N$$



7. Από τον πίνακα 14.7.δ επιλέγουμε τα έδρανα για 50 mm σε κάθε θέση.

A: **16010** (C=16.300 N)

B: **6210** (C=35.100 N)

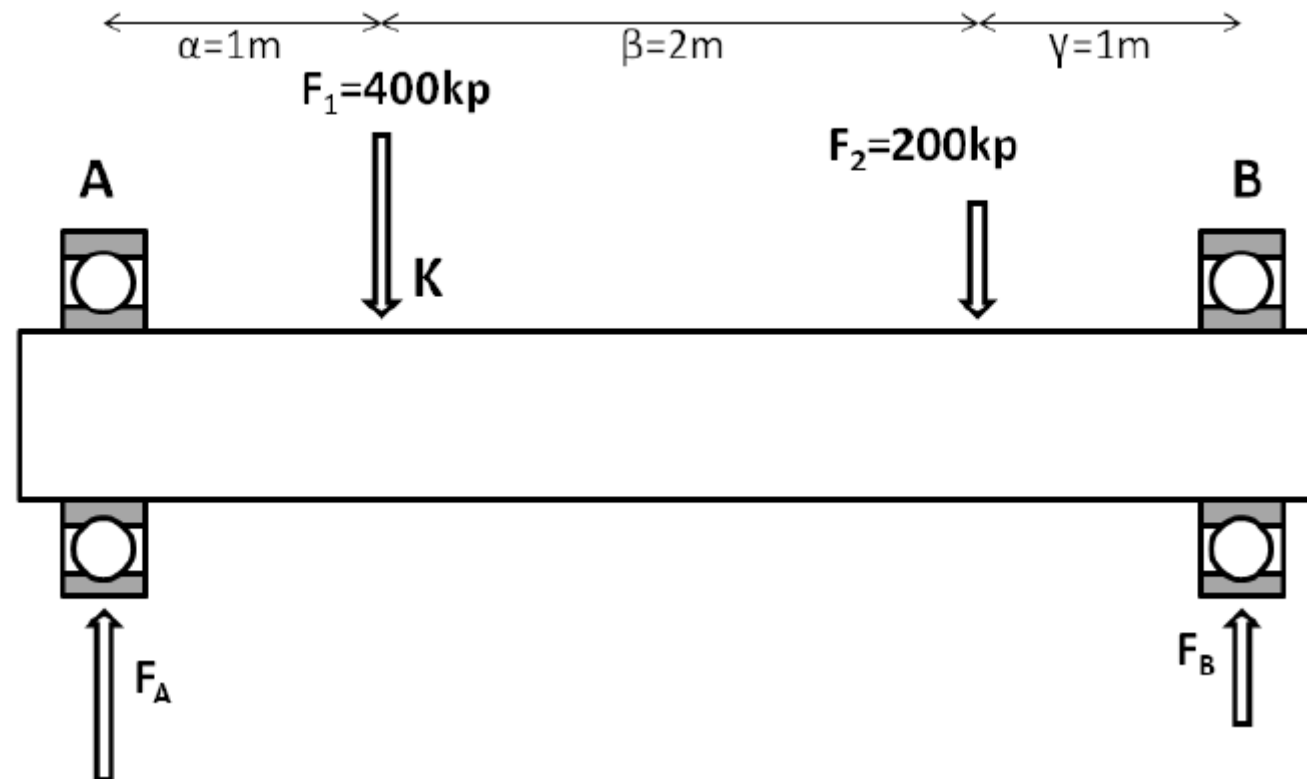
Principal dimensions			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication grease oil		Mass	Designation
d	D	B	C	Co				
mm			N		r/min		kg	
<b>45</b>	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	<b>61809</b>
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	<b>16009</b>
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	<b>6009</b>
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	<b>6209</b>
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	<b>6309</b>
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	<b>6409</b>
<b>50</b>	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	<b>61810</b>
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	<b>18010</b>
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	<b>6010</b>
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	<b>6210</b>
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	<b>6310</b>
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	<b>6410</b>
<b>55</b>	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	<b>61811</b>
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	<b>16011</b>
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	<b>6011</b>
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	<b>6211</b>
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	<b>6311</b>
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	<b>6411</b>

Στην άσκηση αυτή παρατηρούμε ότι ενώ οι δυνάμεις FA και FB που ασκούνται στα εδρανα δεν είναι πολύ μεγάλες, επιλέγονται ισχυρά έδρανα διότι το δυναμικό φορτίο ( C ) είναι σχετικώς μεγάλο. Αυτό οφείλεται στις πολλές στροφές με τις οποίες περιστρέφονται και το αποτέλεσμα είναι να καταπονούνται πολύ.

Principal dimensions			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication grease oil		Mass	Designation
d	D	B	C	Co				
mm			N		r/min		kg	
<b>45</b>	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	<b>61809</b>
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	<b>16009</b>
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	<b>6009</b>
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	<b>6209</b>
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	<b>6309</b>
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	<b>6409</b>
<b>50</b>	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	<b>61810</b>
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	<b>18010</b>
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	<b>6010</b>
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	<b>6210</b>
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	<b>6310</b>
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	<b>6410</b>
<b>55</b>	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	<b>61811</b>
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	<b>16011</b>
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	<b>6011</b>
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	<b>6211</b>
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	<b>6311</b>
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	<b>6411</b>

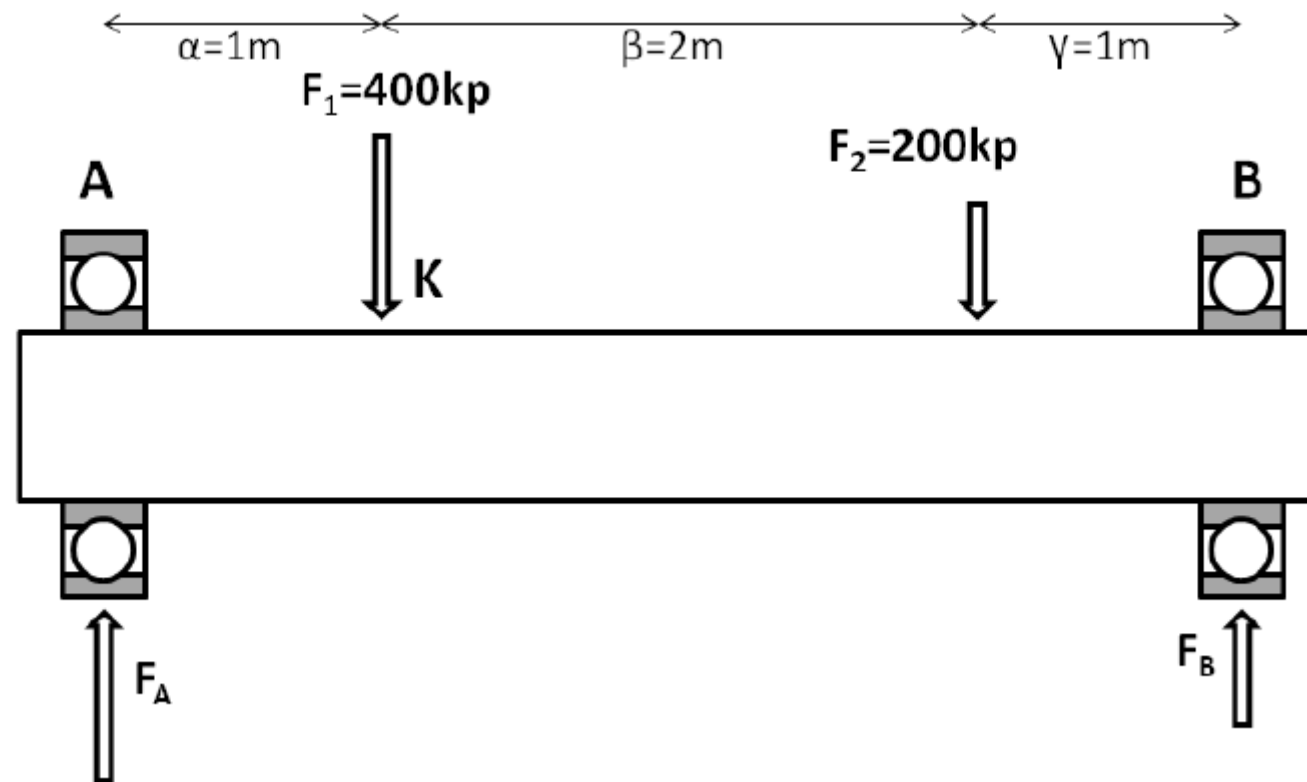
### Άσκηση 6.5

Να υπολογιστούν τα έδρανα στα άκρα A και B μιας ατράκτου που καταπονείται με τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούνται στις θέσεις όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα πιο κάτω. Η άτρακτος που ανήκει σε μικρό φορτηγό έχει διαμέτρου 50 mm και περιστρέφεται με 500 rpm.



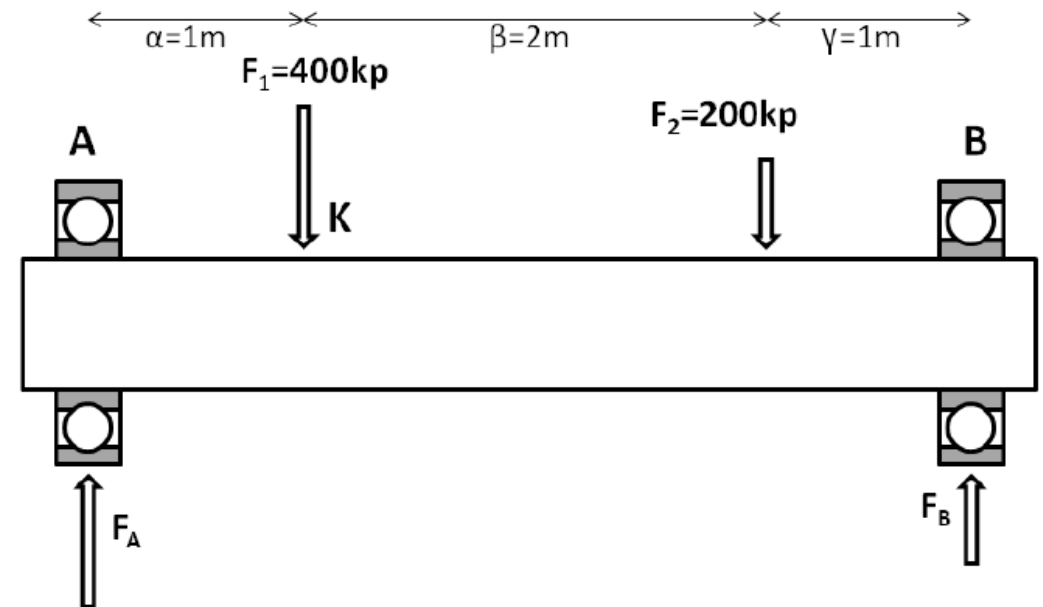
## Άσκηση 6.5

Να υπολογιστούν τα έδρανα στα άκρα A και B μιας ατράκτου που καταπονείται με τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούνται στις θέσεις όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα πιο κάτω. Η άτρακτος που ανήκει σε μικρό φορτηγό έχει διαμέτρου 50 mm και περιστρέφεται με 500 rpm.



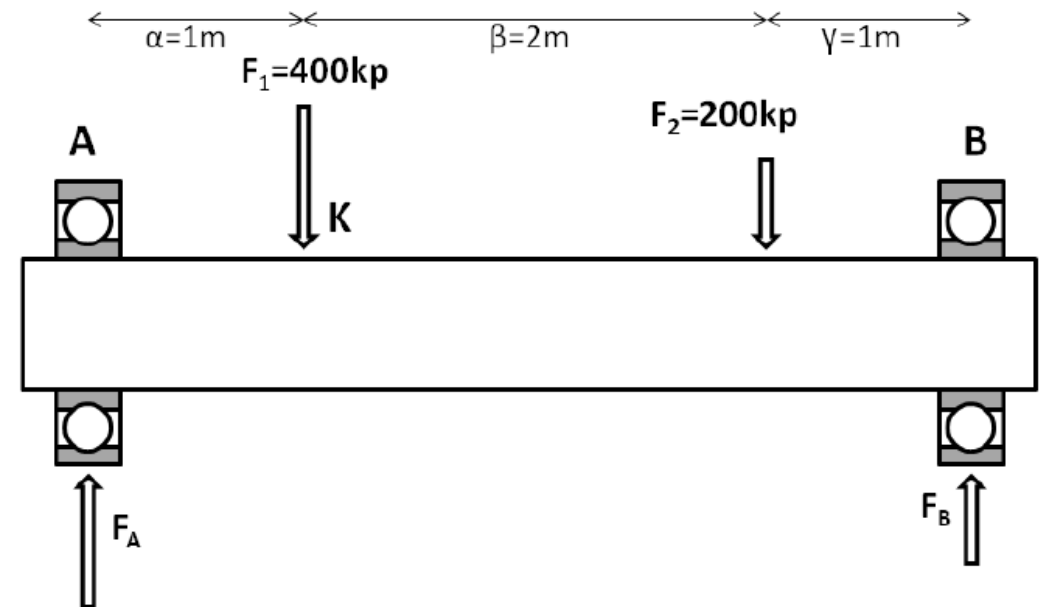
Απάντηση:

Στο σχήμα φαίνονται οι αντιδράσεις  $F_A$  και  $F_B$  στις θέσεις A και B που πρέπει να υπολογιστούν. Για τις ροπές ως προς το σημείο A έχουμε την ροπή της  $F_A$  να είναι μηδέν, αφού η δύναμη περνά από το θεωρούμενο σημείο περιστροφής, η ροπή της  $F_B$  είναι αριστερόστροφη [και ίση με  $F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma)$ ], η ροπή της  $F_1$  που είναι δεξιόστροφη (και ίση με  $F_1 \cdot \alpha$ ) και η ροπή της  $F_2$  που είναι δεξιόστροφη [και ίση με  $F_2 \cdot (\alpha + \beta)$ ]. Εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των ροπών ως προς το σημείο A θα πρέπει η ροπή της  $F_B$  να εξισορροπεί τις ροπές των  $F_1$  και  $F_2$  και θα έχουμε:



Απάντηση:

Στο σχήμα φαίνονται οι αντιδράσεις  $F_A$  και  $F_B$  στις θέσεις A και B που πρέπει να υπολογιστούν. Για τις ροπές ως προς το σημείο A έχουμε την ροπή της  $F_A$  να είναι μηδέν, αφού η δύναμη περνά από το θεωρούμενο σημείο περιστροφής, η ροπή της  $F_B$  είναι αριστερόστροφη [και ίση με  $F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma)$ ], η ροπή της  $F_1$  που είναι δεξιόστροφη (και ίση με  $F_1 \cdot \alpha$ ) και η ροπή της  $F_2$  που είναι δεξιόστροφη [και ίση με  $F_2 \cdot (\alpha + \beta)$ ]. Εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των ροπών ως προς το σημείο A θα πρέπει η ροπή της  $F_B$  να εξισορροπεί τις ροπές των  $F_1$  και  $F_2$  και θα έχουμε:



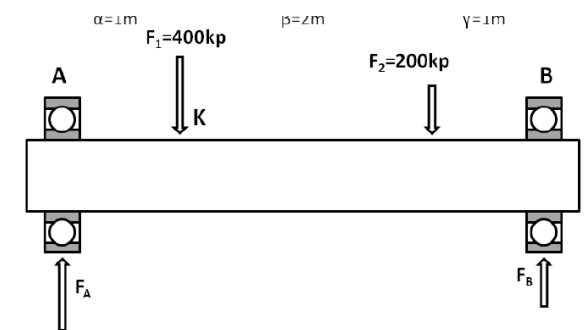
Βημα 1: Εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των ροπών ως προς το σημείο A θα πρέπει η ροπή της  $F_B$  να εξισορροπεί τις ροπές των  $F_1$  και  $F_2$  και θα έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F_1 \cdot \alpha + F_2 \cdot (\alpha + \beta) = F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \Rightarrow 400kp \cdot 1m + 200kp \cdot 3m = F_B \cdot 4m \Rightarrow \\ &\Rightarrow 1000kp \cdot m = F_B \cdot 4m \Rightarrow F_B = \frac{1000kp \cdot m}{4m} \Rightarrow F_B = 250kp\end{aligned}$$

Εφόσον βρήκαμε την  $F_B$ , μπορούμε εύκολα να βρούμε την  $F_A$  εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων:

$$\begin{aligned}\Sigma f = 0 &\Rightarrow F_1 + F_2 = F_A + F_B \Rightarrow F_A = F_1 + F_2 - F_B \Rightarrow F_A = 400kp + 200kp - 250kp \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_A = 350kp\end{aligned}$$

Υπολογίσαμε τις αντιδράσεις που είναι και οι δυνάμεις που καταπονούν τα έδρανα.



## Βήμα 2: Επιλογή των εδράνων

- μετατρέποντας πρώτα τα  $kN$  σε  $N$  (πολλαπλασιάζοντας με το 10) και έχουμε:  $F_A=3500 N$  και  $F_B=2500 N$ .
- Για τα μικρά φορτηγά η διάρκεια ζωής των ρουλεμάν ( εδρανα κύλισης) είναι από 1500 ώρες μέχρι 2500 ώρες (νούμερο 9 του πίνακα Γ)

A/A	Εφαρμογή	Θεωρητική διάρκεια λειτουργίας σε ώρες
1	Ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσεως	1000-2000
2	Μικροί ανεμιστήρες	2000-4000
3	Μικροί ηλεκτροκινητήρες μέχρι 4 kW	8000-10000
4	Ηλεκτροκινητήρες μέσης ισχύος	10000-15000
5	Ηλεκτροκινητήρες μόνιμοι μεγάλης δυνάμεως	20000-30000
6	Ηλεκτρικές μηχανές σταθμών παραγωγής ύδατος, φωταερίου	50000 και πλέον
7	Μοτοποδήλατα	600-1200
8	Μοτοσυκλέτες, μικρά αυτοκίνητα	1000-2000
9	Αυτοκίνητα επιβατηγά, μικρά φορτηγά	1500-2500
10	Φορτηγά αυτοκίνητα, λεωφορεία	2000-5000
11	Έδρανα βαγονέτων	5000
12	Λιποκιβώτια τροχιοδρόμων	20000-25000
13	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (επιβατηγά)	25000
14	Λιποκιβώτια σιδηροδρόμων (φορτηγά)	35000
15	Λιποκιβώτια μηχανών έλξεως	20000-40000
16	Αναστροφείς κινήσεως σε ελικοφόρους άξονες μικρών πλοίων	3000-5000



- Επιλέγουμε την ενδιαμέση τιμή 2000 ώρες, που περιλαμβάνεται και στους πίνακες για τον υπολογισμό του λόγου φόρτισης. Οι στροφές είναι 500 rpm και η τιμή αυτή βρίσκεται στον πίνακα Δ. Συνδυάζοντας στροφές και ώρες βρίσκουμε λόγο φόρτισης  $C/P=3,91$ .

Διάρκεια Ζωής Lh σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	10	16	25	40	63	100	125	160	200	250	320	400	500	630
100									1,06	1,15	1,24	1,34	1,45	1,56
500				1,06	1,24	1,45	1,56	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67
1000			1,15	1,34	1,56	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36
1250		1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63
1600		1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91
2000	1,06	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23
2500	1,15	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
3200	1,24	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93
4000	1,34	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32
5000	1,45	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75
6300	1,56	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20
8000	1,68	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70
10000	1,82	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23
12500	1,96	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,23	6,70	7,23	7,81
16000	2,12	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43
20000	2,29	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11
25000	2,47	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
32000	2,67	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6
40000	2,88	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
50000	3,11	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
63000	3,36	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
80000	3,63	4,23	4,93	5,75	6,70	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
100000	3,91	4,56	5,32	6,20	7,23	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
200000	4,93	5,75	6,70	7,81	9,11	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6

- Θέτοντας το P διαδοχικά ίσο με  $F_A=3500\text{ N}$  και  $F_B=2500\text{ N}$ . Βρίσκουμε τα δυναμικά φορτία  $C_A$  και  $C_B$ :

$$\frac{C_A}{F_A} = 3,91 \Rightarrow C_A = 3,91 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 3,91 \cdot 3500\text{N} \Rightarrow C_A = 13.685\text{N}$$

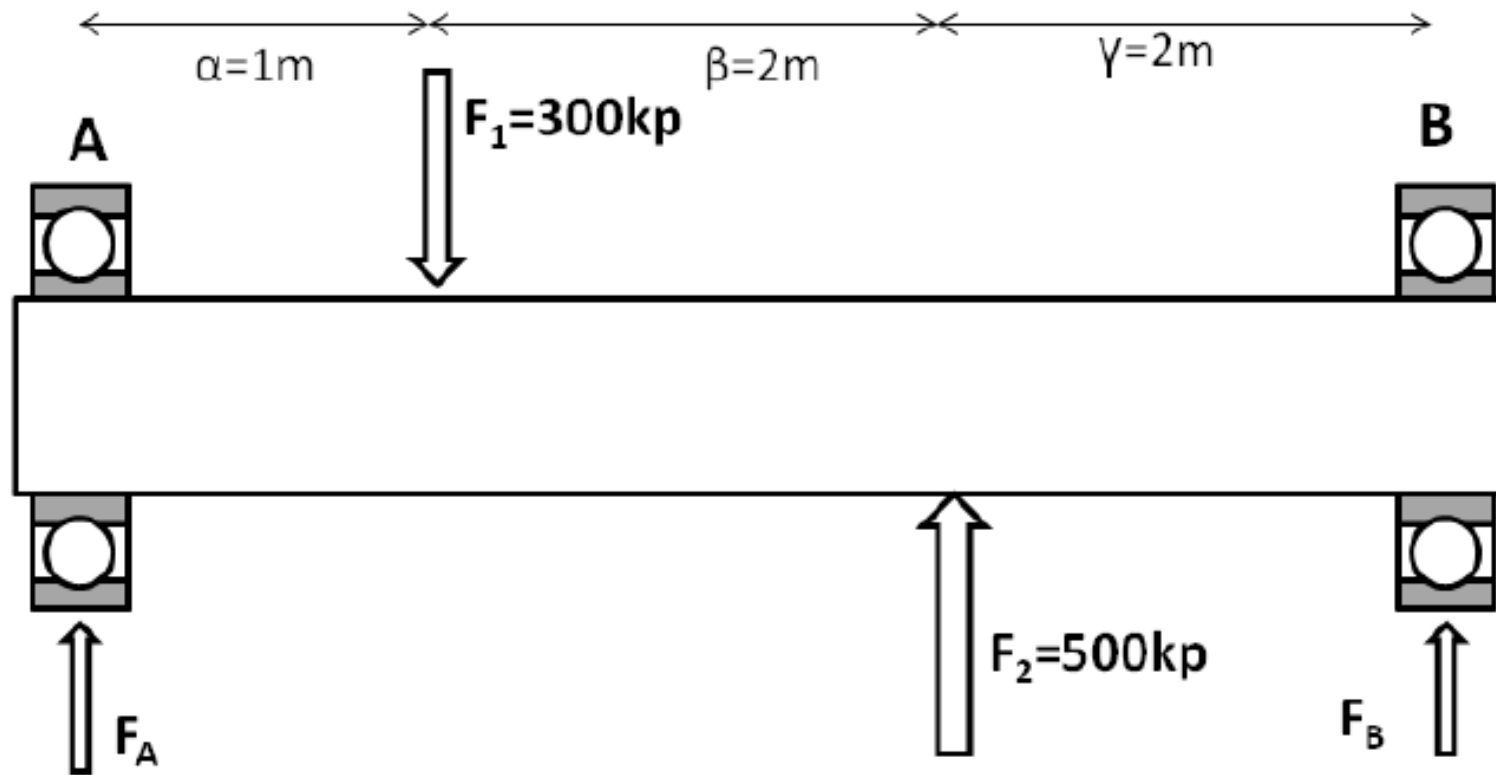
$$\frac{C_B}{F_B} = 3,91 \Rightarrow C_B = 3,91 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 3,91 \cdot 2500\text{N} \Rightarrow C_B = 9775\text{N}$$

Τώρα από τον πίνακα Δ και για τις τιμές αυτές του C και διάμετρο 50 mm επιλέγουμε και για τις δύο θέσεις A και B το έδρανο **18010**.

Principal dimensions			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication grease oil		Mass	Designation
d	D	B	C	Co				
mm			N		r/min		kg	
<b>45</b>	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	<b>61809</b>
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	<b>16009</b>
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	<b>6009</b>
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	<b>6209</b>
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	<b>6309</b>
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	<b>6409</b>
<b>50</b>	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	<b>61810</b>
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	<b>18010</b>
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	<b>6010</b>
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	<b>6210</b>
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	<b>6310</b>
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	<b>6410</b>
<b>55</b>	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	<b>61811</b>
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	<b>16011</b>
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	<b>6011</b>
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	<b>6211</b>
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	<b>6311</b>
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	<b>6411</b>

### Άσκηση 6.6

Να υπολογιστούν τα έδρανα στα άκρα A και B μιας ατράκτου που καταπονείται με τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούνται στις θέσεις όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα πιο κάτω. Η άτρακτος έχει διάμετρο 45 mm και περιστρέφεται με 800 rpm. Ανήκει σε αγροτική μηχανή.



Απάντηση: Προσέχουμε ότι εδώ μια δύναμη, η  $F_2$  έχει αντίθετη φορά από την  $F_1$ . Θα εφαρμόσουμε τις γνωστές εξισώσεις για να βρούμε τις  $F_A$  και  $F_B$  και δεν μας ενοχλεί η φορά της  $F_2$ , αρκεί να προσέξουμε τις ροπές, ποιες είναι δεξιόστροφες και ποιες αριστερόστροφες ως προς το σημείο περιστροφής που θα επιλέξουμε.

Παρατήρηση: ενδέχεται μία ή και οι δύο αντιδράσεις  $F_A$  και  $F_B$  να προκύψουν αρνητικές. Αυτό σημαίνει ότι η φορά που έχουμε βάλει στο σχήμα είναι λάθος και έπρεπε να βάλουμε την αντίθετη. Δηλαδή όχι από κάτω προς τα επάνω, αλλά από πάνω προς τα κάτω.

Βημα 1: Εξίσωση για την ισορροπία των ροπών με σημείο περιστροφής το Α. Η ροπή της  $F_A$  θα είναι μηδέν, αφού η δύναμη περνά από το θεωρούμενο σημείο περιστροφής, η ροπή της  $F_B$  είναι αριστερόστροφη [και ίση με  $F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma)$ ], η ροπή της  $F_1$  είναι δεξιόστροφη (ίση με  $F_1 \cdot \alpha$ ) και η ροπή της  $F_2$  είναι αριστερόστροφη και ίση με  $F_2 \cdot (\alpha + \beta)$ ].

➤ Από την εξίσωση ισορροπίας των ροπών ως προς το σημείο Α θα πρέπει η ροπή της  $F_1$  να εξισορροπεί τις ροπές των  $F_2$  και  $F_B$  και θα έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F_1 \cdot \alpha = F_2 \cdot (\alpha + \beta) + F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \Rightarrow 300kp \cdot 1m = 500kp \cdot 3m + F_B \cdot 5m \Rightarrow \\ &\Rightarrow 300kp \cdot m = 1500kp \cdot m + F_B \cdot 5m \Rightarrow 300kp \cdot m - 1500kp \cdot m = F_B \cdot 5m \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_B = \frac{300 - 1500}{5} kp \Rightarrow F_B = -240kp\end{aligned}$$

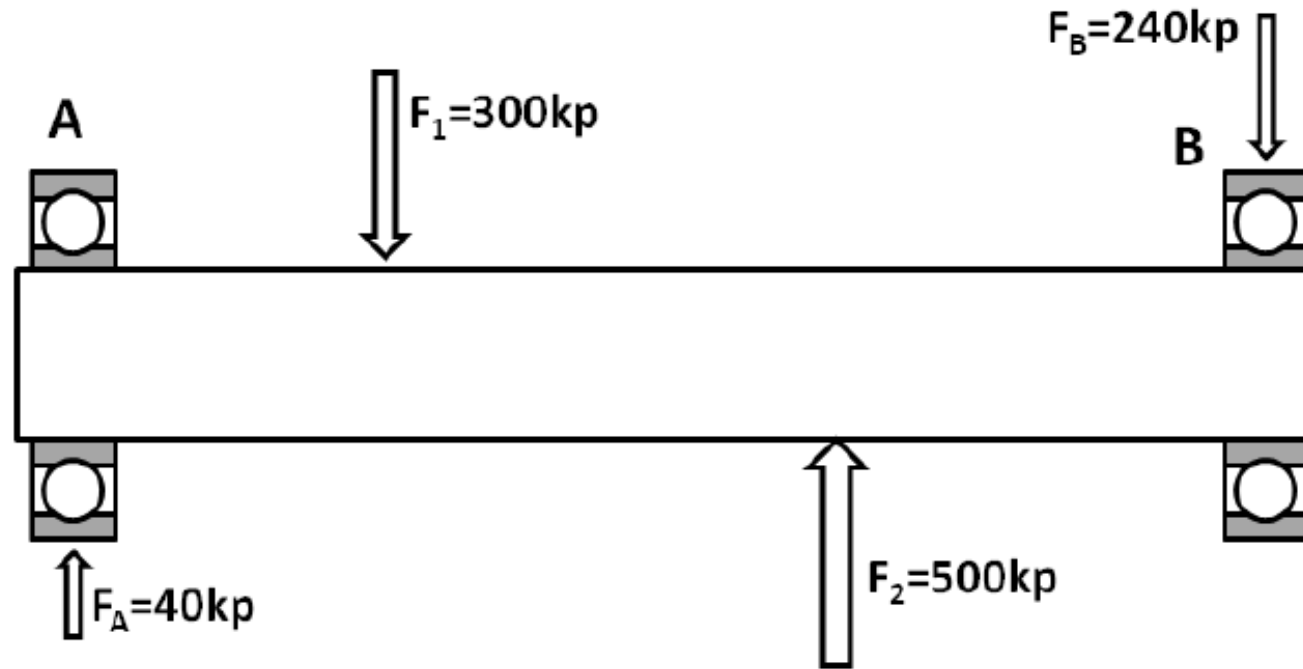
$$\begin{aligned} \Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F_1 \cdot \alpha = F_2 \cdot (\alpha + \beta) + F_B \cdot (\alpha + \beta + \gamma) \Rightarrow 300kp \cdot 1m = 500kp \cdot 3m + F_B \cdot 5m \Rightarrow \\ &\Rightarrow 300kp \cdot m = 1500kp \cdot m + F_B \cdot 5m \Rightarrow 300kp \cdot m - 1500kp \cdot m = F_B \cdot 5m \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_B = \frac{300 - 1500}{5} kp \Rightarrow F_B = -240kp \end{aligned}$$

Αφού βρήκαμε ότι η  $F_B$  έχει αρνητική τιμή θα πρέπει η φορά της να είναι αντίθετη από εκείνη που σχεδιάσαμε, άρα είναι από πάνω προς τα κάτω. Αυτό πάντως δεν επηρεάζει την καταπόνηση που δέχεται το έδρανο. Έχοντας βρει την  $F_B$ , θα βρούμε την  $F_A$  κάνοντας χρήση της εξίσωσης ισορροπίας των δυνάμεων. Αν αφήσουμε το αρνητικό πρόσημο στην  $F_B$  θα γράψουμε την εξίσωση σύμφωνα με το σχήμα μας και θα έχουμε:

$$\begin{aligned} \Sigma f = 0 &\Rightarrow F_1 = F_2 + F_A + F_B \Rightarrow F_A = F_1 - F_2 - F_B \Rightarrow F_A = 300kp - 500kp - (-240kp) \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_A = 40kp \end{aligned}$$

Βρέθηκε ότι η  $F_A$  έχει θετική τιμή, άρα η φορά σχεδιάστηκε φορά σωστή.

Υπολογίσαμε λοιπόν τις αντιδράσεις, που είναι και οι δυνάμεις που καταπονούν τα έδρανα. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι δυνάμεις με τη σωστή φορά και τα μεγέθη τους.



**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Για την **επιλογή των εδράνων θα μετατρέψουμε πρώτα τα kp σε N** πολλαπλασιάζοντας με το 10 και έχουμε:  $F_A = 400 \text{ N}$  και  $F_B = 2400 \text{ N}$ .



**Βήμα 2:** Για τις αγροτικές μηχανές η διάρκεια ζωής των ρουλεμάν (νούμερο 20 του πίνακα Γ) είναι από 3000 ώρες μέχρι 6000 ώρες. Επιλέγουμε την ενδιάμεση τιμή 5000 ώρες, που περιλαμβάνεται και στους πίνακες Δ για τον υπολογισμό του λόγου φόρτισης. Οι στροφές είναι 800 rpm και η τιμή αυτή ακριβώς βρίσκεται στον πίνακα 14.7.α, άρα δεν χρειάζεται παρεμβολή. Σύμφωνα με τις στροφές και τις ώρες βρίσκουμε λόγο φόρτισης  $C/P=6,20$ . Θέτοντας το P διαδοχικά ίσο με  $F_A=400$  N και  $F_B=2400$  N, βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο C: Υπολογίσαμε λοιπόν τις αντιδράσεις, που είναι και οι δυνάμεις που καταπονούν τα έδρανα. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι δυνάμεις με τη σωστή φορά και τα μεγέθη τους.

**Βήμα 2:** Για τις αγροτικές μηχανές η διάρκεια ζωής των ρουλεμάν (νούμερο 20 του πίνακα Β) είναι από 3000 ώρες μέχρι 6000 ώρες. Επιλέγουμε την ενδιάμεση τιμή **5000 ώρες**, που περιλαμβάνεται και στους πίνακες Γ για τον υπολογισμό του λόγου φόρτισης.

19	Αναστροφείς ελίκων πλοίων	20000-30000
20	Αγροτικές μηχανές	3000-6000
21	Ανυψωτικά μηχανήματα μικρά	5000-10000
22	Μειωτήρες στροφών	8000-15000
23	Κιβώτια ταχυτήτων εργαλειομηχανών	20000
24	Φορητές μηχανές μικρές	7500-15000
25	Έλαστρα μικρά εν ψυχρώ	5000-6000
26	Έλαστρα πολυκύλινδρα	8000-10000
27	Πριονιστήρια	10000-15000
28	Μηχανήματα μεταλλείων	4000-10000
29	Ανεμιστήρες μεταλλείων	40000-50000
30	Έδρανα αλυσσοφόρων μεταφορέων	40000-60000
31	Μηχανήματα χαρτοποιίας (διαρκής λειτουργία)	50000-80000
32	Σφυροθραυστήρες	20000-30000



**Βήμα 5:** Θέτοντας το P διαδοχικά ίσο με  $F_A=400\text{ N}$  και  $F_B=2400\text{ N}$ , βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο

$$\frac{C_A}{F_A} = 6,20 \Rightarrow C_A = 6,20 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 6,20 \cdot 400\text{N} \Rightarrow C_A = 2480\text{N}$$

$$\frac{C_B}{F_B} = 6,20 \Rightarrow C_B = 6,20 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 6,20 \cdot 2400\text{N} \Rightarrow C_B = 14.880\text{N}$$

## Βήμα 6: Επιλογή των εδράνων για 45 mm σε κάθε θέση.

Principal dimensions			Basic load ratings dynamic static		Limiting speeds Lubrication grease oil		Mass	Designation
d	D	B	C	Co				
mm			N		r/min		kg	
<b>45</b>	58	7	6 050	3 800	9 500	12 000	0,040	<b>61809</b>
	75	10	15 600	9 300	9 000	11 000	0,17	<b>16009</b>
	75	16	21 200	12 200	9 000	11 000	0,25	<b>6009</b>
	85	19	33 200	18 600	7 500	9 000	0,41	<b>6209</b>
	100	25	52 700	30 000	6 700	8 000	0,83	<b>6309</b>
	120	29	76 100	45 500	6 000	7 000	1,55	<b>6409</b>
<b>50</b>	65	7	6 240	4 250	9 000	11 000	0,052	<b>61810</b>
	80	10	16 300	10 000	8 500	10 000	0,18	<b>18010</b>
	80	16	21 600	13 200	8 500	10 000	0,26	<b>6010</b>
	90	20	35 100	19 600	7 000	8 500	0,46	<b>6210</b>
	110	27	61 800	36 000	6 300	7 500	1,05	<b>6310</b>
	130	31	87 100	52 000	5 300	6 300	1,90	<b>6410</b>
<b>55</b>	72	9	8 320	5 600	8 500	10 000	0,083	<b>61811</b>
	90	11	19 500	12 200	7 500	9 000	0,26	<b>16011</b>
	90	18	28 100	17 000	7 500	9 000	0,39	<b>6011</b>
	100	21	43 600	25 000	6 300	7 500	0,61	<b>6211</b>
	120	29	71 500	41 500	5 600	6 700	1,35	<b>6311</b>
	140	33	99 500	63 000	5 000	6 000	2,30	<b>6411</b>

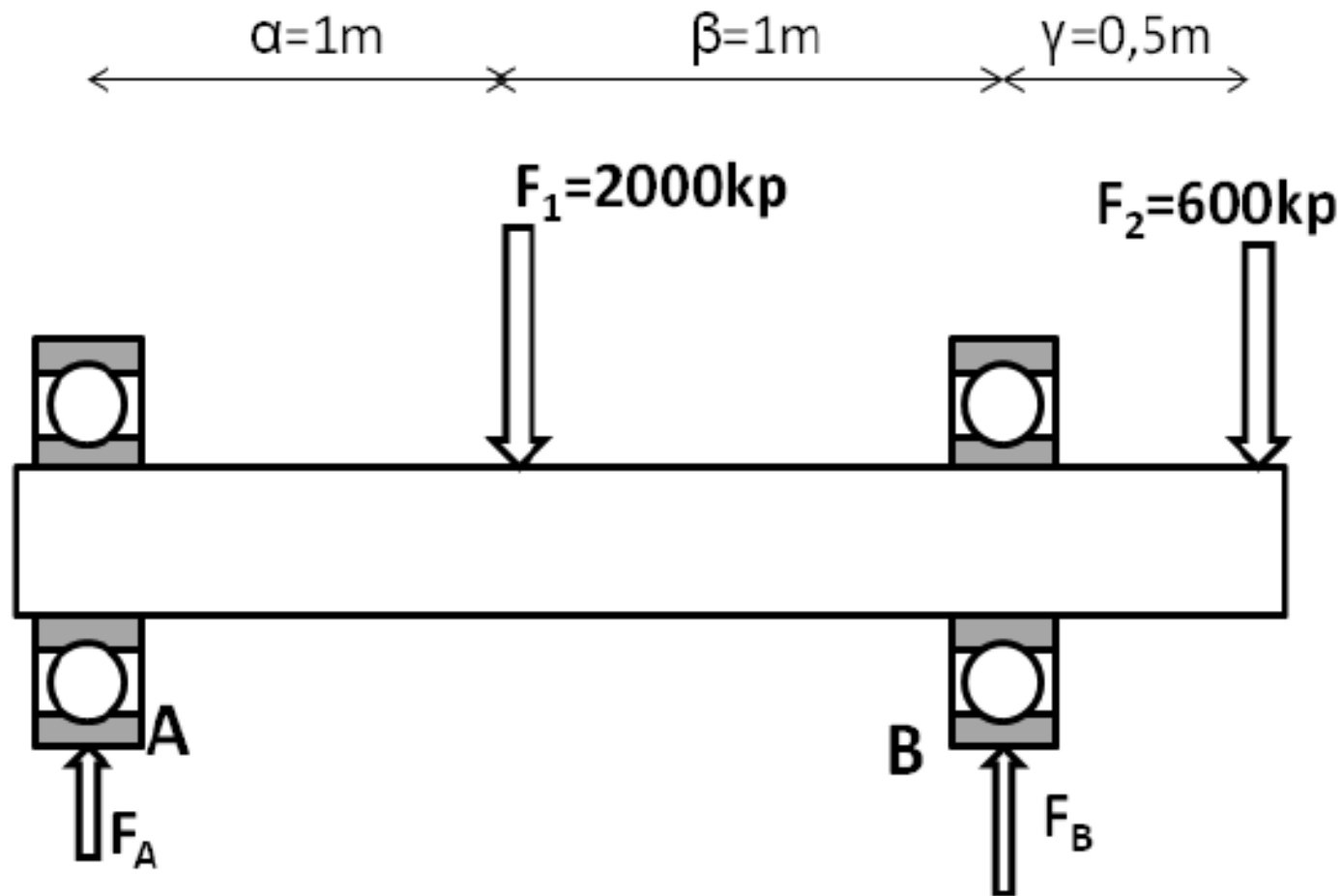
$$C_A = 2480N$$

$$C_B = 14.880N$$

A: **61809** (C=6050 N)

B: **16009** (C=15.600 N)

Άσκηση 6.7 Να υπολογιστούν τα έδρανα στα άκρα A και B μιας ατράκτου που καταπονείται με τις δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$  που ασκούνται στις θέσεις όπως αυτές φαίνονται στο σχήμα πιο κάτω. Η άτρακτος ανήκει σε λεωφορείο, έχει διάμετρο 70 mm και περιστρέφεται με 900 rpm.



Λύση :

Βήμα 1: Η δύναμη  $F_2$  ασκείται έξω από την περιοχή της ατράκτου που βρίσκεται μεταξύ των δύο ρουλεμάν. Εφαρμόζουμε τις εξισώσεις ισορροπίας δυνάμεων και ροπών όπως κάναμε και στις άλλες ασκήσεις. Ξεκινάμε με τις ροπές ως προς το σημείο περιστροφής A και θα έχουμε για την ισορροπία τους: Η ροπή της  $F_A$  θα είναι μηδέν, αφού η δύναμη περνά από το σημείο A, η ροπή της  $F_B$  είναι αριστερόστροφη [και ίση με  $F_B \cdot (\alpha + \beta)$ ], η ροπή της  $F_1$  είναι δεξιόστροφη (και ίση με  $F_1 \cdot \alpha$ ) και η ροπή της  $F_2$  είναι δεξιόστροφη [και ίση με  $F_2 \cdot (\alpha + \beta + \gamma)$ ]. Από την εξίσωση ισορροπίας των ροπών ως προς το σημείο A θα πρέπει η ροπή της  $F_B$  να εξισορροπεί τις ροπές των  $F_1$  και  $F_2$  και θα έχουμε:

$$\begin{aligned}\Sigma M_A = 0 &\Rightarrow F_1 \cdot \alpha + F_2 \cdot (\alpha + \beta + \gamma) = F_B \cdot (\alpha + \beta) \Rightarrow 2000kp \cdot 1m + 600kp \cdot 2,5m = F_B \cdot 2m \Rightarrow \\ &\Rightarrow 3500kp \cdot m = F_B \cdot 2m \Rightarrow F_B = \frac{3500kp \cdot m}{2m} \Rightarrow F_B = 1750kp\end{aligned}$$

Βήμα 2: Έχουμε βρει την  $F_B$  και μπορούμε εύκολα να βρούμε την  $F_A$  εφαρμόζοντας την εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων.

$$\begin{aligned}\Sigma f = 0 &\Rightarrow F_1 + F_2 = F_A + F_B \Rightarrow F_A = F_1 + F_2 - F_B \Rightarrow F_A = 2000kp + 600kp - 1750kp \Rightarrow \\ &\Rightarrow F_A = 850kp\end{aligned}$$



Βήμα 2: Οι δυνάμεις αυτές (αντιδράσεις στα σημεία στήριξης) είναι εκείνες που καταπονούν τα έδρανα, και βάσει αυτών θα υπολογιστούν τα ρουλεμάν που πρέπει να τοποθετηθούν.

Η επιλογή των εδράνων θα γίνει αφού **μετατρέψουμε τα kρ σε N** πολλαπλασιάζοντας με το 10 και έχουμε:  $F_A=8500 \text{ N}$  και  $F_B=17.500 \text{ N}$ .

Βήμα 3: Για τα μικρά λεωφορεία η διάρκεια ζωής των ρουλεμάν είναι από 2000 ώρες μέχρι 5000 ώρες (νούμερο 10 του πίνακα Β). Επιλέγουμε την ενδιάμεση τιμή 4000 ώρες, που περιλαμβάνεται και στους πίνακες Γ για τον υπολογισμό του λόγου φόρτισης.

Βήμα 4: Οι στροφές είναι 900 rpm και η τιμή αυτή δεν βρίσκεται στον πίνακα Γ. Από τον πίνακα, για 4000 ώρες και για 800 rpm έχουμε  $C/P=5,75$  και για 1000 rpm έχουμε  $C/P=6,20$ . Με παρεμβολή ανάμεσα σε αυτές τις δύο τιμές του λόγου φόρτισης παίρνουμε  $C/P=5,98$ . Θέτοντας το  $P$  ίσο με  $FA=8500$  N και κατόπιν με  $FB=17.500$  N, βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο  $C$ :

Διάρκεια Ζωής $L_h$ σε ώρες	Στροφές ανά λεπτό													
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000
100	1,68	1,82	1,96	2,12	2,29	2,47	2,67	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56
500	2,88	3,11	3,36	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81
1000	3,63	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83
1250	3,91	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,31	9,83	10,6
1600	4,23	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5
2000	4,56	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4
2500	4,93	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4
3200	5,32	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5
4000	5,75	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,85	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6
5000	6,20	6,70	7,23	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8
6300	6,70	7,23	7,81	8,43	9,41	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2
8000	7,23	7,81	8,43	9,14	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6
10000	7,81	8,43	9,11	9,83	10,6	11,5	12,4	13,4	14,5	15,6	16,8	18,2	19,6	21,2

Βήμα 5: Θέτοντας το P ίσο με  $F_A=8500\text{ N}$  και κατόπιν με  $F_B=17.500\text{ N}$ , βρίσκουμε το δυναμικό φορτίο C:

$$\frac{C_A}{F_A} = 5,98 \Rightarrow C_A = 5,98 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 5,98 \cdot 8500\text{N} \Rightarrow C_A = 50.830\text{N}$$

$$\frac{C_B}{F_B} = 5,98 \Rightarrow C_B = 5,98 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 5,98 \cdot 17.500\text{N} \Rightarrow C_B = 104.650\text{N}$$

Από τον πίνακα Δ επιλέγουμε τα έδρανα για 70 mm σε κάθε θέση.

A: **6214** (C=61.800 N)

B: **6414** (C=143.000 N)

$$\frac{C_A}{F_A} = 5,98 \Rightarrow C_A = 5,98 \cdot F_A \Rightarrow C_A = 5,98 \cdot 8500N \Rightarrow C_A = 50.830N$$

$$\frac{C_B}{F_B} = 5,98 \Rightarrow C_B = 5,98 \cdot F_B \Rightarrow C_B = 5,98 \cdot 17.500N \Rightarrow C_B = 104.650N$$

Από τον πίνακα Δ επιλέγουμε τα έδρανα για 70 mm σε κάθε θέση.

A: **6214** (C=61.800 N)

B: **6414** (C=143.000 N)

<b>60</b>	78	10	8 710	6 100	7 500	9 000	0,11	<b>61812</b>
	95	11	19 900	13 200	6 700	8 000	0,28	<b>16012</b>
	95	18	29 600	18 300	6 700	8 000	0,42	<b>6012</b>
	110	22	47 500	28 000	6 000	7 000	0,76	<b>6212</b>
	130	31	81 900	48 000	5 000	6 000	1,70	<b>6312</b>
	150	35	108 000	69 500	4 800	5 600	2,75	<b>6412</b>
<b>65</b>	85	10	11 700	8 300	7 000	8 500	0,13	<b>61813</b>
	100	11	21 200	14 600	6 300	7 500	0,30	<b>16013</b>
	100	18	30 700	19 600	6 300	7 500	0,44	<b>6013</b>
	120	23	55 900	34 000	5 300	6 300	0,99	<b>6213</b>
	140	33	92 300	56 000	4 800	5 600	2,10	<b>6313</b>
	160	37	119 000	78 000	4 500	5 300	3,30	<b>6413</b>
<b>70</b>	90	10	12 100	9 150	6 700	8 000	0,14	<b>61814</b>
	110	13	28 100	19 000	6 000	7000	0,43	<b>16014</b>
	110	20	37 700	24 500	6 000	7 000	0,60	<b>6014</b>
	125	24	61 800	37 500	5 000	6 000	1,05	<b>6214</b>
	150	35	104 000	63 000	4 500	5 300	2,50	<b>6314</b>
	180	42	143 000	104 000	3 800	4 500	4,85	<b>6414</b>

## Άσκηση 6.8

Μια άτρακτος καταπονείται με τη δύναμη  $F$  που ασκείται στο μέσον της και περιστρέφεται με 800 rpm. Η άτρακτος έχει μήκος 2 m και ανήκει σε μικρό αυτοκίνητο. Αν υποθέσουμε ότι τα ρουλεμάν στα άκρα της άτρακτου έχουν υπολογιστεί για 2000 ώρες και είναι δύο ίδια τύπου 6010, να βρείτε μέχρι πόσο (μέγιστη τιμή) μπορεί να είναι το μέγεθος της δύναμης  $F$ .

### Λύση

Η άσκηση θα πρέπει να λυθεί ακολουθώντας μια αντίστροφη πορεία εκείνης που χρησιμοποιήσαμε ως τώρα. Ξεκινάμε από τον τύπο του ρουλεμάν, και με τη βοήθεια του **πίνακα Δ** θα βρούμε το δυναμικό φορτίο που μπορεί να δεχτεί το κάθε έδρανο. Ο τύπος 6010 είναι ένα ρουλεμάν διαμέτρου 50 mm και έχει  $C=21.600$  N.

## Άσκηση 6.8

Μια άτρακτος καταπονείται με τη δύναμη  $F$  που ασκείται στο μέσον της και περιστρέφεται με 800 rpm. Η άτρακτος έχει μήκος 2 m και ανήκει σε μικρό αυτοκίνητο. Αν υποθέσουμε ότι τα ρουλεμάν στα άκρα της ατράκτου έχουν υπολογιστεί για 2000 ώρες και είναι δύο ίδια τύπου 6010, να βρείτε μέχρι πόσο (μέγιστη τιμή) μπορεί να είναι το μέγεθος της δύναμης  $F$ .

### Λύση

Η άσκηση θα πρέπει να λυθεί ακολουθώντας μια αντίστροφη πορεία εκείνης που χρησιμοποιήσαμε ως τώρα. Ξεκινάμε από τον τύπο του ρουλεμάν, και με τη βοήθεια του **πίνακα Δ** θα βρούμε το δυναμικό φορτίο που μπορεί να δεχτεί το κάθε έδρανο. Ο τύπος 6010 είναι ένα ρουλεμάν διαμέτρου 50 mm και έχει  $C=21.600$  N.

## Άσκηση 6.8

Μια άτρακτος καταπονείται με τη δύναμη  $F$  που ασκείται στο μέσον της και περιστρέφεται με 800 rpm. Η άτρακτος έχει μήκος 2 m και ανήκει σε μικρό αυτοκίνητο. Αν υποθέσουμε ότι τα ρουλεμάν στα άκρα της ατράκτου έχουν υπολογιστεί για 2000 ώρες και είναι δύο ίδια τύπου 6010, να βρείτε μέχρι πόσο (μέγιστη τιμή) μπορεί να είναι το μέγεθος της δύναμης  $F$ .

### Λύση

Η άσκηση θα πρέπει να λυθεί ακολουθώντας μια αντίστροφη πορεία εκείνης που χρησιμοποιήσαμε ως τώρα. Ξεκινάμε από τον τύπο του ρουλεμάν, και με τη βοήθεια του **πίνακα Δ** θα βρούμε το δυναμικό φορτίο που μπορεί να δεχτεί το κάθε έδρανο. Ο τύπος 6010 είναι ένα ρουλεμάν διαμέτρου 50 mm και έχει  $C=21.600$  N.

Από τον πίνακα Γ και για 2000 ώρες στις 800 rpm βρίσκουμε λόγο φόρτισης  $C/P=4,56$ . Αντικαθιστώντας στο λόγο φόρτισης την τιμή του C για τα ρουλεμάν που έχουμε θα βρούμε το φορτίο P.

$$\frac{C}{P} = 4,56 \Rightarrow C = P \cdot 4,56 \Rightarrow P = \frac{C}{4,56} \Rightarrow P = \frac{21.600N}{4,56} \Rightarrow P = 4737N \Rightarrow P \approx 474kp$$

Η τιμή του P που βρήκαμε είναι η μέγιστη δύναμη που επιτρέπεται να ασκηθεί σε κάθε ρουλεμάν. Επειδή η μέγιστη δύναμη F που ζητά η άσκηση ασκείται στο μέσον της ατράκτου θα ισοκατανέμεται στα έδρανα. Αφού όμως κάθε έδρανο βρήκαμε ότι μπορεί να δεχθεί μέχρι 474 kp και τα δύο μαζί μπορούν να δεχτούν μέχρι  $2 \cdot 474 = 948$  kp. Επομένως η ζητούμενη δύναμη είναι  $F = 948$  kp.



Για να υπολογίσουμε ένα έδρανο κύλισης, πρέπει να γνωρίζουμε τους παρακάτω όρους που εμφανίζονται άλλωστε και στους οδηγούς επιλογής ρουλεμάν των κατασκευαστικών εταιρειών.

**Διάρκεια ζωής  $L_h$ :** είναι ο αριθμός των στροφών (ή ωρών εργασίας) του εδράνου κύλισης, μέχρι να πάψει να λειτουργεί ομαλά (κόπωση δακτυλίων ή στοιχείων κύλισης).

**Δυναμικό φορτίο  $C$ :** είναι το σταθερό φορτίο κάτω από την επίδραση του οποίου το ρουλεμάν μπορεί να επιτύχει διάρκεια ζωής  $10^6$  στροφών.

**Ισοδύναμο δυναμικό φορτίο  $P$ :** είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που, εάν επιδρούσε στο ρουλεμάν, θα είχε διάρκεια ζωής ίση με αυτή που επιτυγχάνεται με το πραγματικό του φορτίο.

**Στατικό φορτίο  $C_0$ :** είναι το σταθερό φορτίο που προκαλεί στο ακίνητο έδρανο παραμόρφωση, ίση με το 0,01% της διαμέτρου του στοιχείου κύλισης του εν λόγω εδράνου.

**Ισοδύναμο φορτίο  $P_0$ :** είναι το πιθανό (υποθετικό) φορτίο που προκαλεί στα στοιχεία κύλισης και στους δακτυλίους του εδράνου την ίδια παραμόρφωση με αυτή που προκαλείται από το πραγματικό φορτίο.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΑΙ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ ΣΤΟ ΤΕΛΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΕΞΕΩΝ. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ :

1. Στοιχεία Μηχανών, Βασικές Αρχές Σχεδιασμού, Robert C. Juvinall, Kurt M. Marshek, 2000, Εκδόσεις :Τζιόλα
2. Στοιχεία Μηχανών Ι , Στεργίου Ιωάννης, Στεργίου Κωνσταντίνου, 2003, Εκδόσεις : Σύγχρονη Εκδοτική
3. Στοιχεία Μηχανών, Νικόλαος Χονδράκης, Διπλωματούχος Μηχανολόγος Μηχανικός
4. Στοιχεία Μηχανών, Δρ. Στέργιος Μαρόπουλος