

7. RULLINGSLAGER

Det finnes i hovedsak to ulike lagerprinsipper: **glidelager** (akseltapp løper direkte på lagerflaten dog med smøreolje mellom) og **rullingslager** (mellomliggende lag av herdede stålkuler eller -ruller). I dette kapittel er det kun rullingslager som blir behandlet. Det vises typer av rullingslager og nødvendig underlag for å velge riktig type og størrelse på lageret

7.1. ULIKE LAGERTYPER

Rullingslager er felles betegnelse for kulelager og rullelager. Av begge lager finnes flere typer. Disse deles gjerne i følgende grupper:

- * Radiallager; benyttes primært ved radiell belastning, et utvalg er vist i fig. 7.1.
- * Aksiallager; benyttes primært ved aksiell belastning og er vist i fig. 7.2.
- * Y - lager; disse opptar relativt store oppretningsfeil, men tillater ikke aksielle forskyvninger, og er vist i fig. 7.3.

Av disse lager finnes flere varianter av både kule- og rullelager. Lagerne vist i fig. 7.1., 7.2 , og 7.3. viser et lite utvalg av mulige lagervarianter.

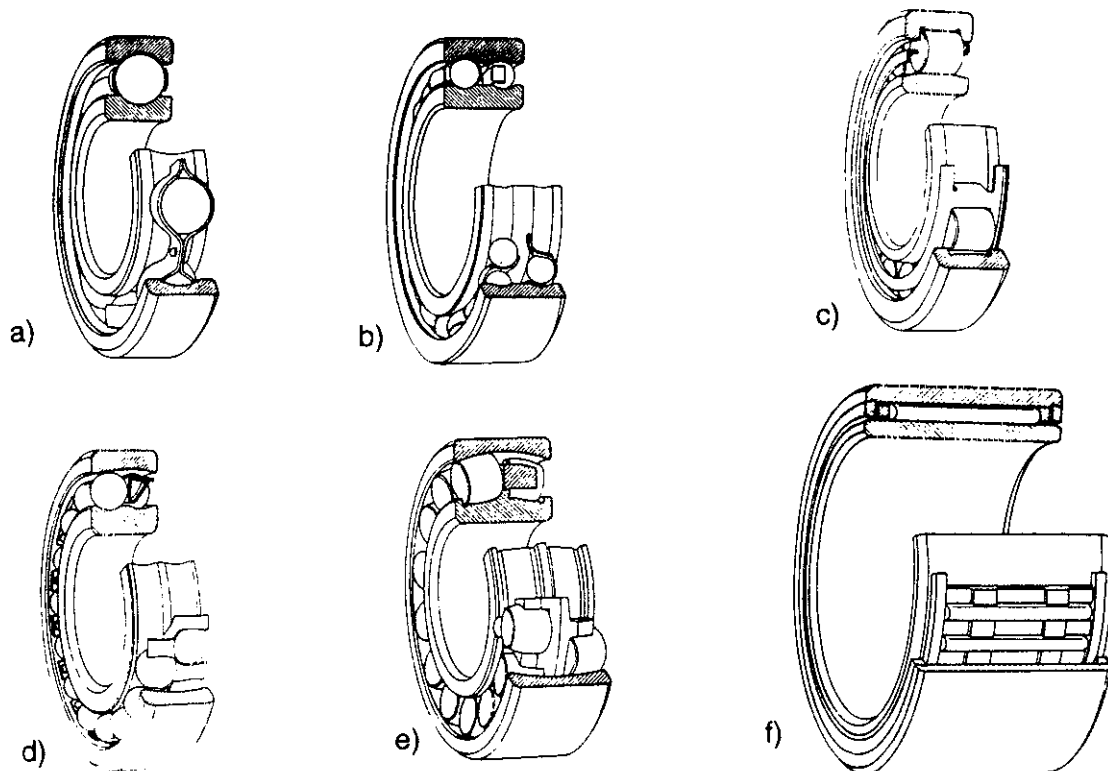


Fig. 7.1. Et utvalg av radiallager a) Enrads sporkulelager, b) Torads vinkelkontaktkulelager, c) Sylindrisk rullelager, d) Sfærisk kulelager, e) Sfærisk rullelager, f) Nålelager.

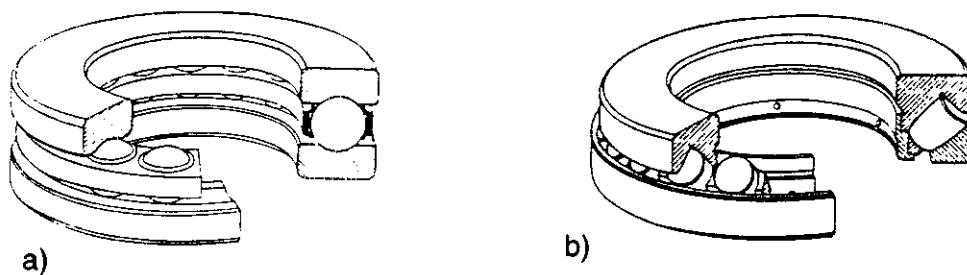


Fig. 7.2. Et utvalg av aksiallager. a) Enkeltvirkende aksialkulelager, b) Sfærisk aksial rullelager.

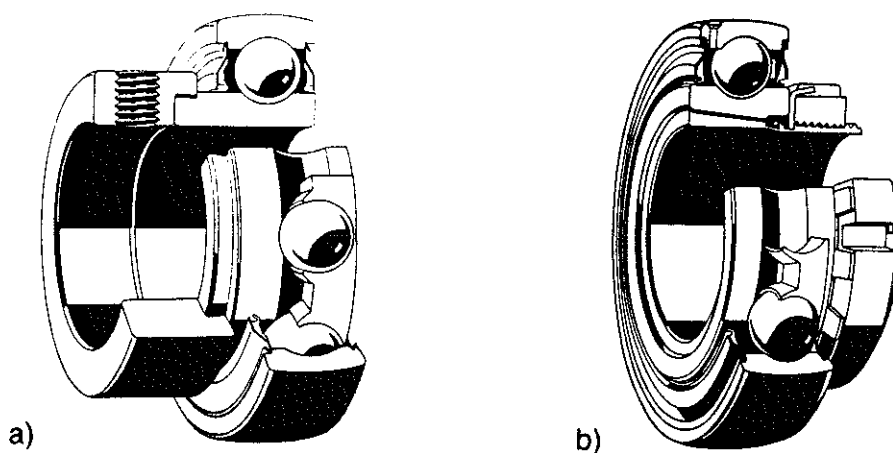


Fig. 7.3. Y-lager. a) Med eksentrisk låsering, b) Med klemhylse

7.2. VALG AV LAGERTYPE

For valg av lagertype må både belastningens størrelse og retning være kjent. Generelt gjelder for:

* Belastningens størrelse:

- Rullelager kan belastes mer enn kulelager med samme yttermål.
- Lager med maksimalt antall kuler/ruller (uten holder) kan belastes mer enn tilsvarende lager med holder.
- Ved små og mellomstore belastninger benyttes for det meste kulelager, mens rullelager er vanligst ved større belastninger og for store akseldiametere.

* Belastningens retning:

- Radiell belastning: her benyttes spor -, sfæriske -, vinkelkontakt kulelager, sylindriske -, nål-, sfæriske -, og koniske rullelager.
- Aksiell belastning: de fleste radiallyager (unntatt nålrullelager) kan oppta aksiell belastning, de best egnede er imidlertid sfæriske aksial-, aksial-, nål-, sylindriske aksial-, sylindriske aksial- og koniske rullelager.

- Kombinert belastning (både radiell og aksiell belastning) : sporkulelager, vinkelkontaktlager, sfæriske - og koniske rullelager

For mer informasjon og hvilke typer lager som bør velges ved ulike belastninger henvises til produsentenes varekataloger.

Konstruktørens oppgave blir dermed å:

- * velge **riktig lagertype** med krav til den funksjon lageret skal oppfylle.
- * velge **riktig lagerstørrelse** med krav til lagerets levetid.
- * velge **innbygning av lageret** (lagerhus) avhengig av konstruktiv utforming og miljø.

I fig. 7.4 er vist to typer lagerhus avhengig av monteringen. Det ene monteres på horisontalt underlag mens det andre benyttes ved vertikal montasje

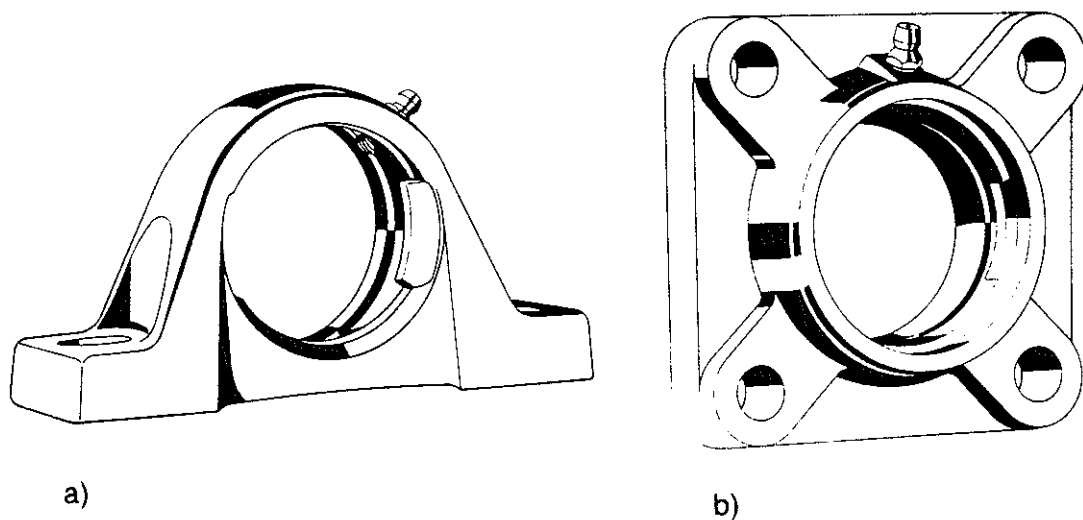


Fig. 7.4. Lagerhus a) For horisontal montasje, b) For vertikal montasje.

På lagerhusene, vist i fig. 7.4., er det montert fettnipler for smøring av lageret med fett. Typiske fettnipler er vist i fig. 7.5.a).

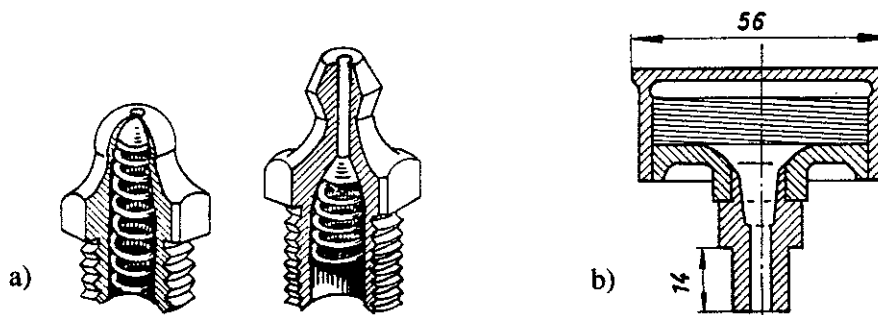


Fig. 7.5. a) Fettnipler, b) Smørekopp for fett.

I fig. 7.5.b) er vist en smørekopp som også kan benyttes ved fettsmøring. Konstruktørens oppgave er i tillegg til å velge lagerhus, også å velge type smørepunkt og sørge for at disse er tilgjengelige også etter at konstruksjonen er innstallert.

7.3. KONSTRUKTIVE UTFØRELSER

I fig. 7.6 er vist et utvalg av mulige løsninger for feste / fiksering av lager på aksel.

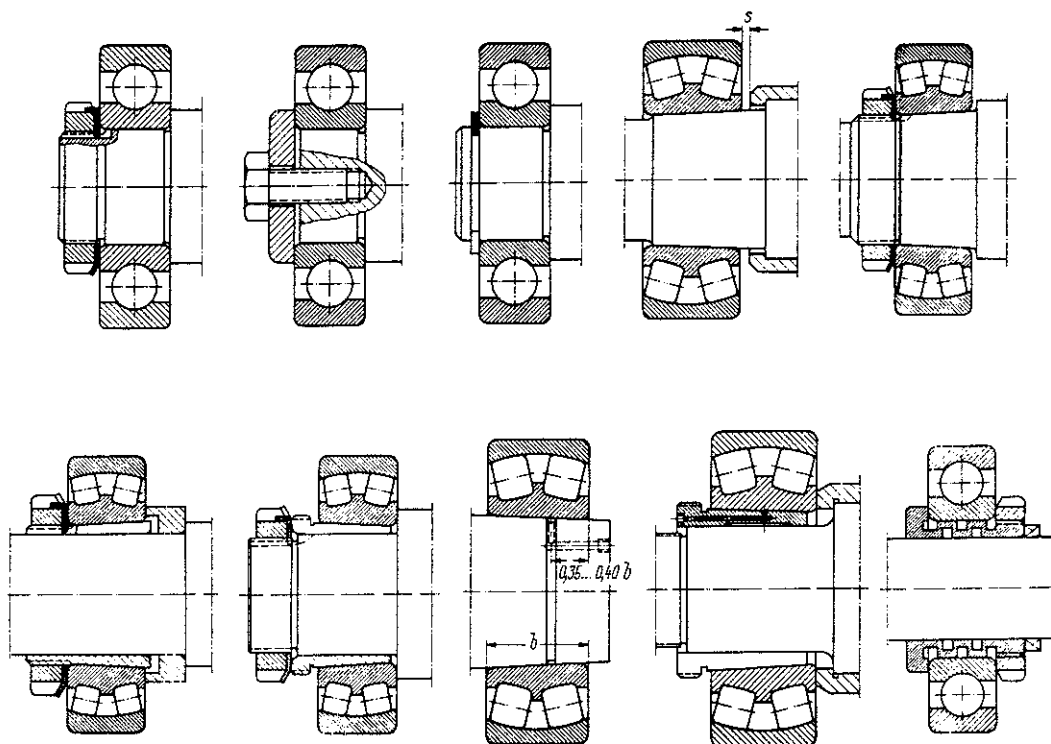


Fig. 7.6. Fiksering av lager på aksel

I fig. 7.7 er vist et utvalg av mulige løsninger for fiksering av lagerets ytterring.

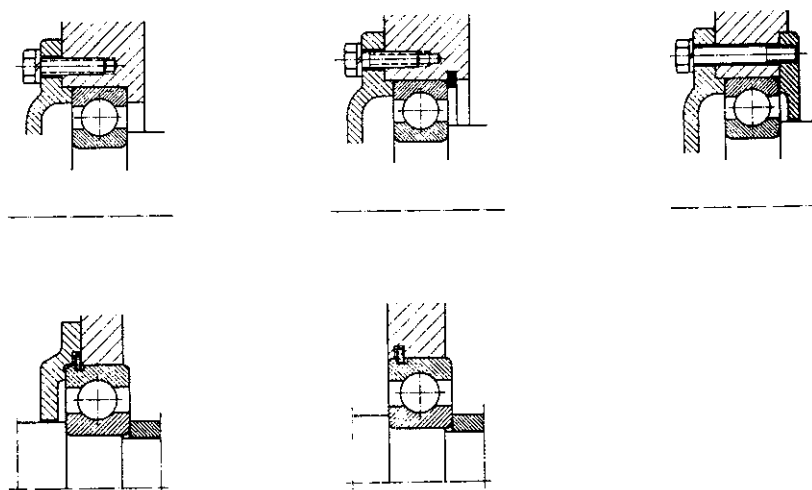


Fig. 7.7. Fiksering av ytterring.

For å beskytte lagerene mot støv og andre partikler benyttes tetninger, de vanligste er filtetetting, fjærbelastet mansjettetning og aksial labyrinttetting. De to første inngår i gruppen slepende tetninger, mens den siste inngår i gruppen ikke slepende tetninger.

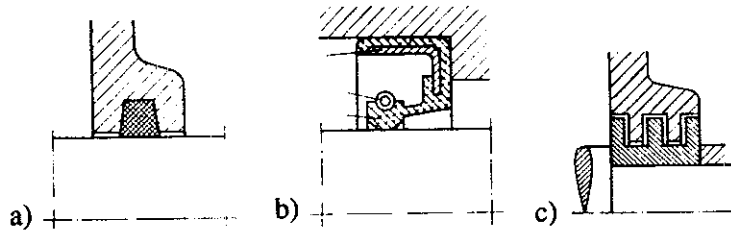


Fig. 7.8 Utvalg av tetninger a) Filttetning, b) Fjærbelastet mansjettetning, c) Aksial labyrinttetning

7.4. VALG AV LAGERSTØRRELSE

For valg av lagerstørrelse med hensyn på levetid kan ISO's formel for nominell levetid benyttes:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (7.1)$$

hvor

L_{10} : nominell levetid [mill omdr]

C : dynamisk bæretall [N]; definert som den last som gir lageret en levetid på 1 mill. omdreininger ved 90 % pålitelighet.

P : ekvivalent lagerlast [N]

p : eksponent som settes lik 3 for kulelager og 10/3 for rullelager

Den ekvivalente lagerlast beregnes på følgende måte:

$$\text{Radiallast} \quad : \quad P = F_r \quad (7.2)$$

$$\text{Aksiallast} \quad : \quad P = F_a \quad (7.3)$$

$$\text{Kombinert last} \quad : \quad P = X F_r + Y F_a \quad (7.4)$$

hvor X:radialfaktor og Y:aksialfaktor

For å kunne bestemme faktorene X og Y, må forholdet F_a/C_0 beregnes. Det statiske bæretallet C_0 [N] er definert som den last som gir en varig deformasjon for kule/rulle og rullebane lik:

$$\Delta d = 0.0001 d \quad (7.5)$$

hvor

d : diameteren av kule/rulle

Når forholdet F_a/C_0 er beregnet finnes en karakteristisk størrelse e fra tabell 7.1. For ensporede lager kan den ekvivalente lagerlast bestemmes utfra følgende:

$$P = F_r \quad \text{når } F_a/F_r \leq e \quad (7.6)$$

$$P = X F_r + Y F_a \quad \text{når } F_a/F_r > e \quad (7.7)$$

For lager i O- eller X-anordning henvises til produsentens varekatalog. Disse anordningene benyttes ved forspenning av lager.

F_a / C_0	e	X	Y
0.025	0.22	0.56	2.0
0.04	0.24	0.56	1.8
0.07	0.27	0.56	1.6
0.13	0.31	0.56	1.4
0.25	0.37	0.56	1.2
0.50	0.44	0.56	1.0

Tabell 7.1. Beregningsfaktorer for enradede sporkulelager (enkeltstående eller i tandem-anordning). Ved andre anordninger henvises til lagerprodusentens varekatalog

For et lager med konstant turtall kan levetiden i driftstimer beregnes av formelen:

$$L_{10h} = \frac{L_{10} 10^6}{n 60} \quad (7.7)$$

hvor

n : turtallet [omdr./min.]

For både kule- og rullelager gjelder nomogramet, vist i fig. 7.9. Nomogrammet består av

- n : turtallet [omdr./min.]
- C : dynamisk bæretall [N]
- P : ekvivalent lagerlast [N]
- L_{10} : levetid [mill.omdr.]
- L_{10h} : levetid [driftstimer]

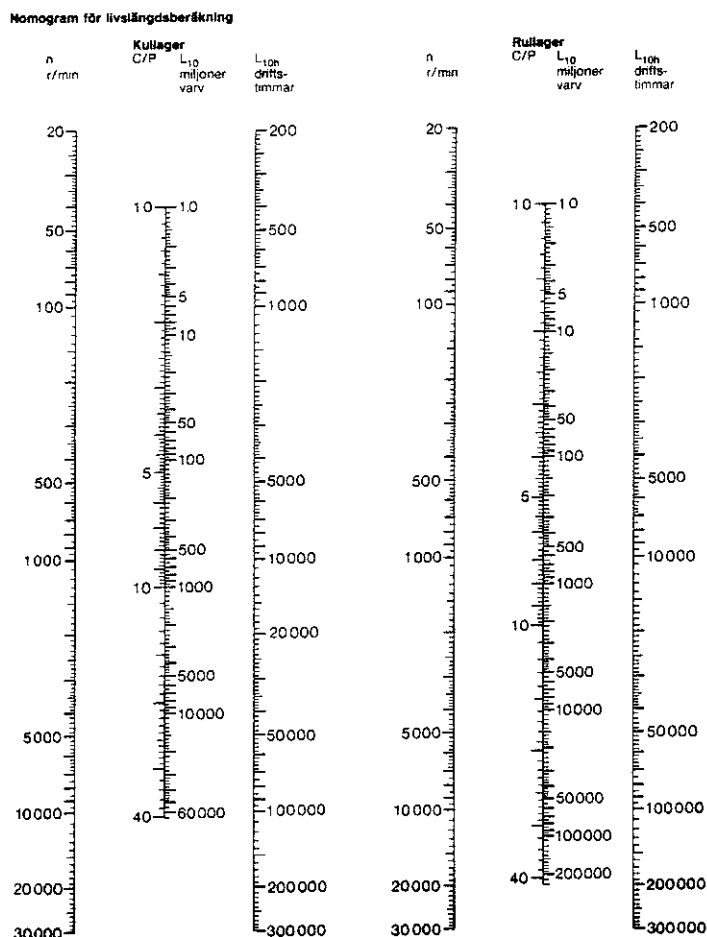


Fig. 7.9. Nomogram for levetidsberegning.

Bruk av nomogrammet fremgår av det første eksemplet vist i kap. 7.8.

Ved høye driftstemperaturer reduseres lagerets dynamiske bæretall med temperaturfaktoren t_f , gitt i tabell 7.2.

Lagertemperatur [°C]	150	200	250	300
Temperaturfaktor t_f	1.00	0.90	0.75	0.60

Tabell 7.2 Temperaturfaktoren; t_f .

Det korrigerte dynamiske bæretall blir da:

$$C_{\text{kor}} = C t_f \quad (7.8)$$

Er det av interesse å beregne levetiden mer nøyaktig ved å ta hensyn til andre faktorer som påvirker levetiden, benyttes formelen for modifisert levetid:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10} \quad (7.9)$$

hvor

a_1 : faktor for pålitelighet, finnes i tabell 7.3.

a_2 : faktor for lagermateriale; a_2 settes lik 1. Ved spesialstål kan $a_2 > 1$.

a_3 : faktor for driftsforhold.

n : differansen mellom 100% og påkrevd pålitelighet

Ved normal pålitelighet på 90 %, normalt konvensjonelt lagermetall og normale driftsforhold er $a_1 = a_2 = a_3 = 1$, og formelen for modifisert levetid: $L_{na} = L_{10}$

Pålitelighet [%]	L_{na}	a_1
90	L_{10a}	1.00
95	L_{5a}	0.62
96	L_{4a}	0.53
97	L_{3a}	0.44
98	L_{2a}	0.33
99	L_{1a}	0.21

Tabell 7.3. Faktor a_1 .

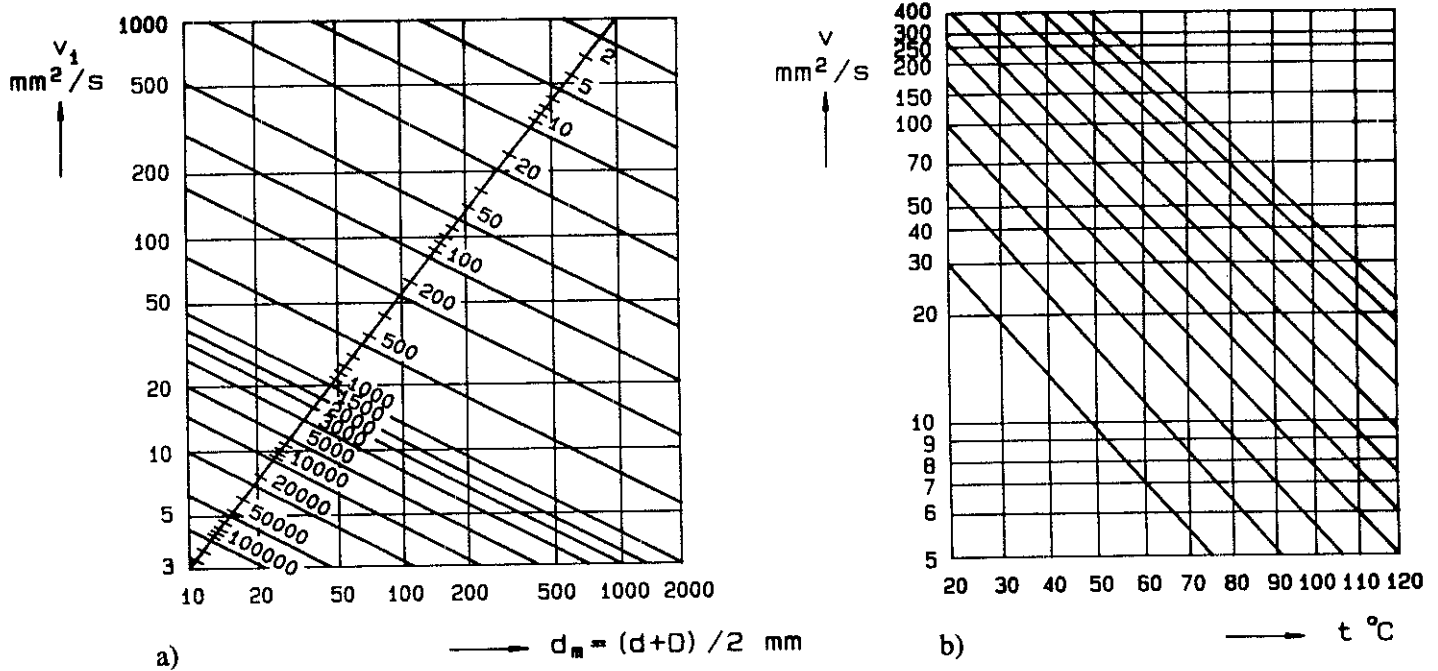
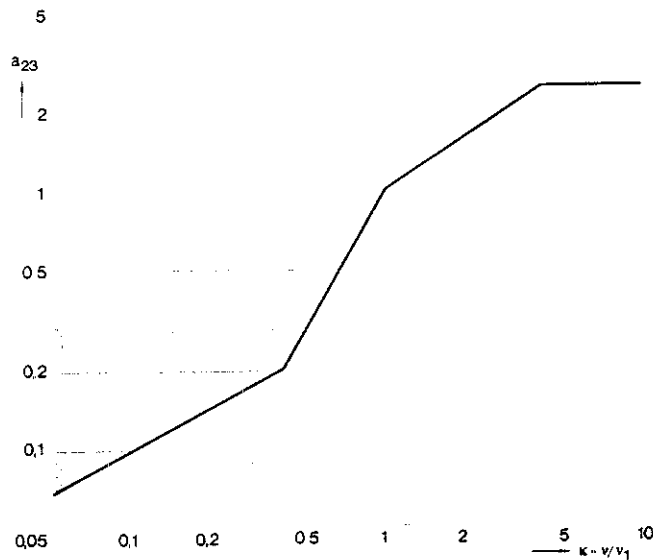


Fig 7.10. Faktor for driftsforhold. a) v_1 og b) v .

Den viskositet v_1 som kreves for fullgod smøring ved driftstemperatur finnes fra fig. 7.10 a). Fra fig. 7.10 b) finnes den tilsvarende viskositet v ved referansetemperaturen 40°C.

Faktorene a_2 og a_3 kombineres til faktoren a_{23} . Denne faktoren finnes fra fig. 7.11 som funksjon av viskositetsforholdet $\kappa = v / v_1$

Fig. 7.11 Den kombinerte faktoren a_{23} .

SKF har utviklet en ny levetidsteori, som tar hensyn til utmattingsbelastning og andre faktorer som har med smøring og uønskede partikler (forurensing) å gjøre. Formelen er identisk med foregående formel bortsett fra at faktorene a_2 og a_3 erstattes med faktoren a_{SKF} som er avhengig av bl.a. smøringsforholdet og viskositetsforholdet. Den nye levetidsformelen gir mye større levetid enn formelene beskrevet tidligere. For ytterligere opplysninger henvises til produsentens hovedkatalog.

7.5. VALG AV SMØREOLJE.

Til rullingslager benyttes normalt rene mineraloljer uten tilsatser. Syntetiske smøreoljer benyttes generelt kun ved lagersmøring ved ekstreme tilfeller; ekstremt lave eller ekstremt høye temperaturer. Tilsatser, de såkalte Extreme Pressure (EP) tilsetninger beskriver filmdannende tilsetninger som hindrer rivningsskade på stål kontaktflater, i smøreoljen benyttes når vanlige smøreoljer ikke klarer å motstå de store påkjenningene som oppstår ved visse høyt påkjente maskindeler (eks. mellom kammer og ventilløftere i moderne bensinmotorer).

Under drift forårsaker de store trykk under glidning, såkalt flash-temperaturer (spontane lokale temperaturstigninger) på opp til flere hundre grader celsius som resulterer i reaksjon av EP-tilsetningene med stålet ved de berørte områder eller punkter. De kjemiske belegg som dannes har en relativt lav skjærstyrke og hindrer sammensveising og rivning. Denne virkningen er vist i fig 7.12., og de kjemiske belegg som oppstår har en krystallografisk struktur.

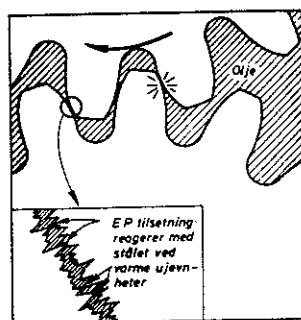


Fig. 7.12. Virkningen av EP-tilsetninger.

Det er først og fremst svovel-, klor- og fosforholdige forbindelser som benyttes som tilsetninger. En kombinasjon av blysåpe (naftenat og oleat) med svovelforbindelser var et av de første EP-midler som ble tatt i bruk og er fortsatt i dag benyttet til visse industrielle giroljer

Valg av type smøreolje baseres på hvilken viskositet som er nødvendig for å oppnå fullgod smøring ved lagerets driftstemperatur. En oljes viskositet blir lavere når temperaturen stiger. Forholdet mellom viskositet og temperatur angis med viskositetsindeksen VI. Oljer med høy viskositetsindeks, $VI = 85$ og høyere, kreves for smøring av rullingslager

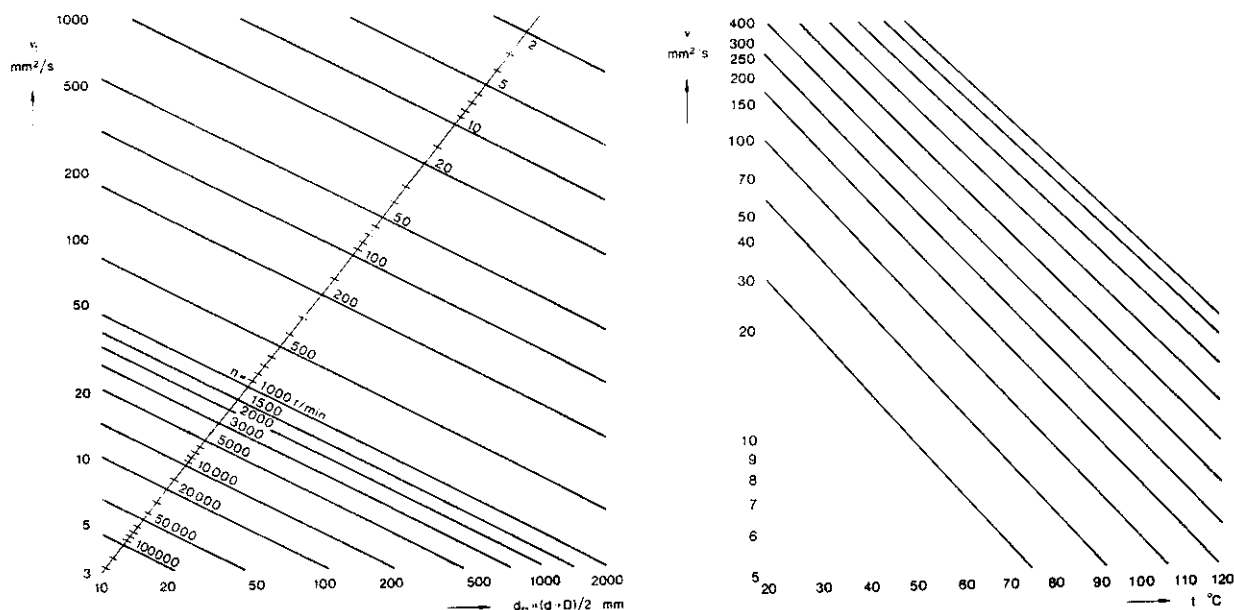


Fig 7.13. Kinematisk viskositet, a) minste v_1 , b) v ved referansetemperatur 40°C

Den viskositet v_1 som kreves for fullgod smøring ved driftstemperatur kan for mineraloljer finnes fra fig. 7.13 a). Fra fig. 7.13 b) finnes viskositeten ved temperaturer fra 20°C til 120°C (også den internasjonalt aksepterte referansetemperaturen 40°C). Figuren er basert på viskositetsindeks 85.

I praksis vil visse lagertyper som sfæriske rullelager, koniske rullelager og sfæriske aksialkulelager ha en høyere driftstemperatur enn for eksempel sporkulelager og sylindriske rullelager under likeverdige driftsforhold. Levetiden for et lager kan forlenges ved å velge en olje som ved driftstemperatur har en viskositet v som er høyere enn v_1 . Ved et forhold $k = v/v_1$ mindre enn 0.4 kreves det EP-tilsetninger i oljen.

Faktorene a_2 og a_3 kombineres til faktoren a_{23} . Denne faktoren finnes fra fig. 7.14, som funksjon av viskositetsforholdet $k = v/v_1$. Det skraverte feltet i fig. 7.14, gjelder ved bruk av EP-tilsetninger.

Smøreoljene deles i viskositetsgrupper. Gruppene er en angivelse av den kinematiske viskositet definert ved 40°C , og ikke et uttrykk for kvaliteten på oljen. Den kinematiske viskositet ved andre temperaturer er avhengig av den enkelte oljes viskositet/temperaturkarakteristikk og angitt som viskositetsindeks VI. Tabell 7.4 viser ISO viskositetsklassifisering

ISO Visko grad	Middel kinematisk viskositet [cSt v/40°C]	Kinematiske viskositetsgrenser [cSt v/40°C]	
		Minimum	Maksimum
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	28.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Tabell 7.4 ISO viskositetsklassifisering

En forutsetning for å oppnå beregnet levetid på rullingslagerne er at det benyttes riktig verktøy ved montering og at det opprettholdes høy renlighet.

7.6. LAGERBELASTNINGER

Ved beregning av den ekvivalente lagerlast skilles det mellom dynamisk og statisk lagerbelastning. For dynamisk lagerbelastning gjelder følgende formler for den ekvivalente lagerlast:

* Konstant lagerlast:

$$P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad (7.10)$$

hvor

P : ekvivalent dynamisk lagerlast [N]
 F_r : radiell lastkomponent [N]
 F_a : aksiell lastkomponent [N]
 X : lagerets radialfaktor
 Y : lagerets aksialfaktor

* Varierende lagerlast:

$$F_m = 3 \sqrt{\frac{F_1^3 U_1 + F_2^3 U_2 + \dots}{U}} \quad (7.11)$$

hvor

F_m : konstant middellast [N]
 F_1, F_2, \dots : konstante krefter ved U_1, U_2, \dots omdreininger [N]

$$U = \sum_{i=1}^n U_i \quad (7.12)$$

* Ved lineær variasjon innen en gitt tidsperiode:

$$F_m = \frac{F_{\min} + 2 F_{\max}}{3} \quad (7.13)$$

Ved statisk lagerbelastning (lageret blir stående i en gitt posisjon over lengre tid) gjelder formelen:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad (7.14)$$

hvor

P_0 : ekvivalent statisk lagerlast
 X_0 : lagerets radialfaktor
 Y_0 : lagerets aksialfaktor

7.7. PRAKTISK LAGERBENYTTELSE

I fig. 7.15. er vist opplagringen av pinolspissen på en dreiebenk. Her benyttes et radiallyager mot et aksiallager da dette eliminerer løpeklaringen. Det ytre koniske rullelageret presses innover ved hjelp av den gjengede ringen i lagerhuset.

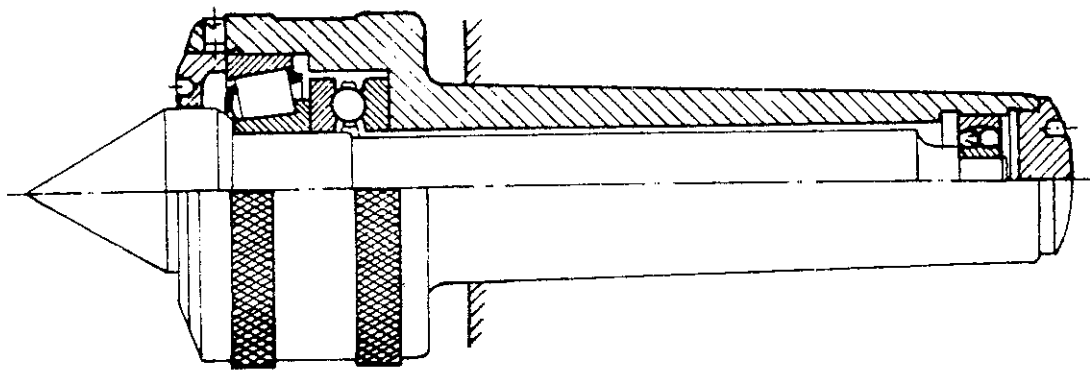


Fig. 7.15. Opplagring av pinolspiss

I fig. 7.16. er vist opplagring av en sagspindel hvor avstanden mellom lagrene er stor. For å ta hensyn til utvidelse av akselen ved temperaturøkning benyttes et fast lager (til høyre) og et lager der ytterringen kan "bevege seg" (til venstre).

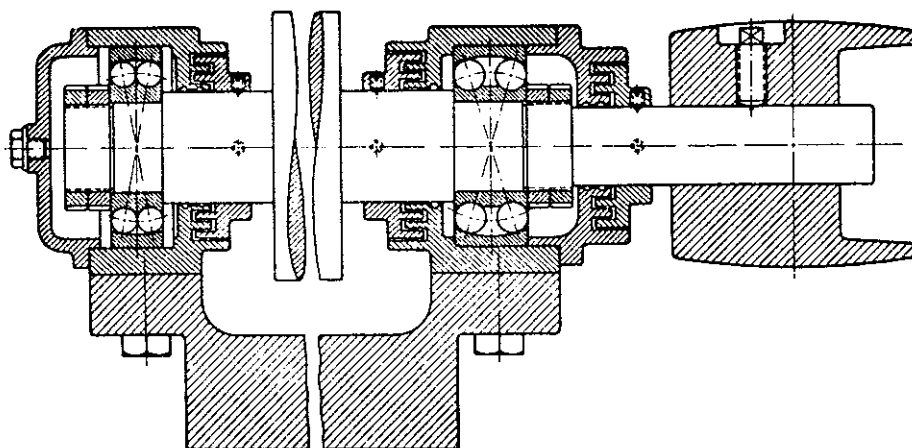


Fig. 7.16. Opplagring av en sagspindel.

I fig. 7.17. er vist en forbrenningsmotor med sfæriske rullelager benyttet som rammelager. For kryssbolten er benyttet nålelager. Veivlageret er utført som glidelager da dette gir bedre demping i systemet.

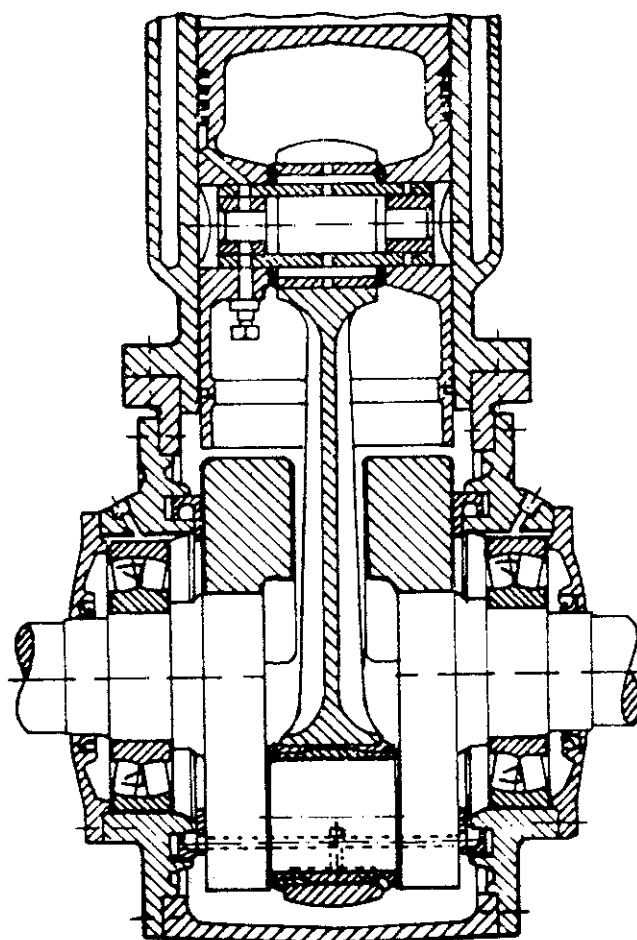


Fig. 7.17 Snitt gjennom en forbrenningsmotor.

I fig. 7.18. er vist opphenget for en godsvogn, og det legges merke til tetninger, deksel og låsing av mutter

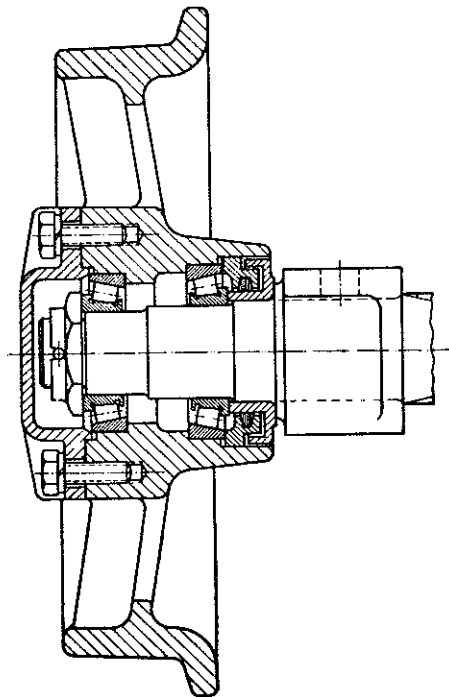


Fig 7.18 Oppheng for godsvogn.

7.8. BEREGNINGSEKSEMPLER

I dette kapittel vises flere eksempler på hvordan beregninger utføres for å kunne velge standard lager utfra lagerets belastning og levetid. For løsning av eksemplene er benyttet SKF sin Hovedkatalog.

* EKSEMPEL 1

Sporkulelager roterer med $n = 1000$ o/min og belastning: $P = F_r = 3000\text{N}$ Det stilles et krav til lageret: $L_{10h} = 20000$ driftstimer Finn dynamisk bæretall, og velg passende lager

* LØSNING 1

Fra nomogram: $C/P = 10.6$

Dynamisk bæretall: $C = 10.6 \cdot P = 10.6 \cdot 3000 = 31800 \text{ N}$

Fra SKF Hovedkatalog velges et lager med dynamisk bæretall større enn beregnet over. Det er mange lager å velge mellom, for eksempel:

- lager nr. 6210 med innvendig diameter $d = 50 \text{ mm}$, $C = 35100\text{N}$
- lager nr. 6307 ned innvendig diameter $d = 35 \text{ mm}$, $C = 33200 \text{ N}$

Det endelige valg av lager er dermed avhengig av akseldiameteren

*** EKSEMPEL 2**

En vertikal aksel bærer ei reimskive og skal opplagres ved A og B i sporkulelager. Reimstrekket $F_a = 6000$ N, akseldiameter = 60 mm og massen av skiva er 80 kg. Arrangementet er vist i fig 7.19.

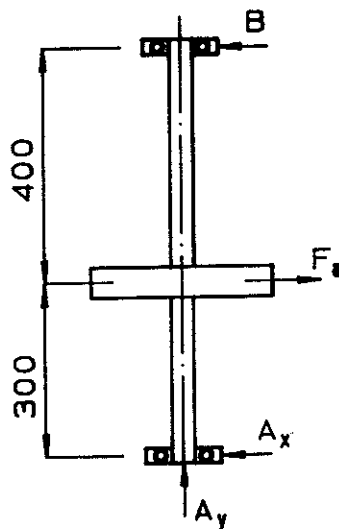


Fig. 7.19. Aksel / lager arrangement.

Lageret ved A skal ta hele tyngden av aksel og skive. Lagrene krever minst 12000 driftstimer ved 1500 o/min. Velg passende lager ved A og B.

*** LØSNING 2**

Finner først opptredende krefter i A og B:

$$M_A = 0: F_a \cdot 300 - B \cdot 700 = 0 \Rightarrow B = 2571 \text{ N}$$

$$\Sigma F_x = 0: A_x = F_a - B = 3429 \text{ N}$$

A_y er lik tyngden av skive og aksel:

$$A_y = (80 + (\pi/4 \cdot 60^2 \cdot 7.85)) \cdot 9.81 = 937 \text{ N}$$

Oppgitt $L_{10h} = 12000$ driftstimer ved $n = 1500$ o/min

$$L_{10} = L_{10h} \cdot 60 \cdot n / 10^6 = 1080 \text{ mill. omdr.}$$

For sporkulelager gjelder:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \rightarrow C = P^3 \sqrt[3]{L_{10}}$$

* Lager B:

$$C = 26378 \text{ N}$$

Velger lager nr. 6011 med diameter $d = 55\text{mm}$, og $C = 28100\text{ N}$

* Lager A:

$$F_a/F_r = A_y/A_x = 0.273$$

$$\text{Antar } X = 0.56 \text{ og } Y = 1.6$$

$$\text{Ekvivalent lagerlast: } P = X F_r + Y F_a = 3419\text{ N}$$

$$C \approx 35000\text{ N}$$

Prøver lager nr. 6211 med diameter $d = 55\text{ mm}$, $C = 43600\text{ N}$

$$\text{Sjekk: } F_a/C_0 = 937/29000 = 0.032 \text{); } e = 0.23$$

$$\text{Mao blir } X = 0.56 \text{ og } Y = 1.8$$

$$\text{Ny ekvivalent lagerlast: } P = 3606\text{ N}$$

$$C \approx 37000\text{ N og OK! da lagerets } C = 43600\text{ N}$$

* EKSEMPEL 3

En vertikal aksel med rullingslagre ved A og B er vist i fig. 7.20. Akselen roterer med turtall $n = 30\text{ o/min}$ og er i drift 3 timer pr. dag 300 dager i året. Det kreves 96% sannsynlighet for at lagerene skal ha en levetid på 15 år.

Lagerkrefter ved A: $F_r = 19\text{ kN}$, $F_a = 8\text{ kN}$. Lagerkrefter ved B: $F_r = 27\text{ kN}$.

a) Bestem minste nominelle levetid L_{10} .

Både lager A og B er sporkulelager SKF 6313. Akselen roterer med full belastning 75% av driftstiden og halv belastning resten.

b) Beregn nødvendig dynamisk bæretall C for å oppnå ønsket levetid. Vis at den oppgitte lagertype tilfredsstiller kravet.

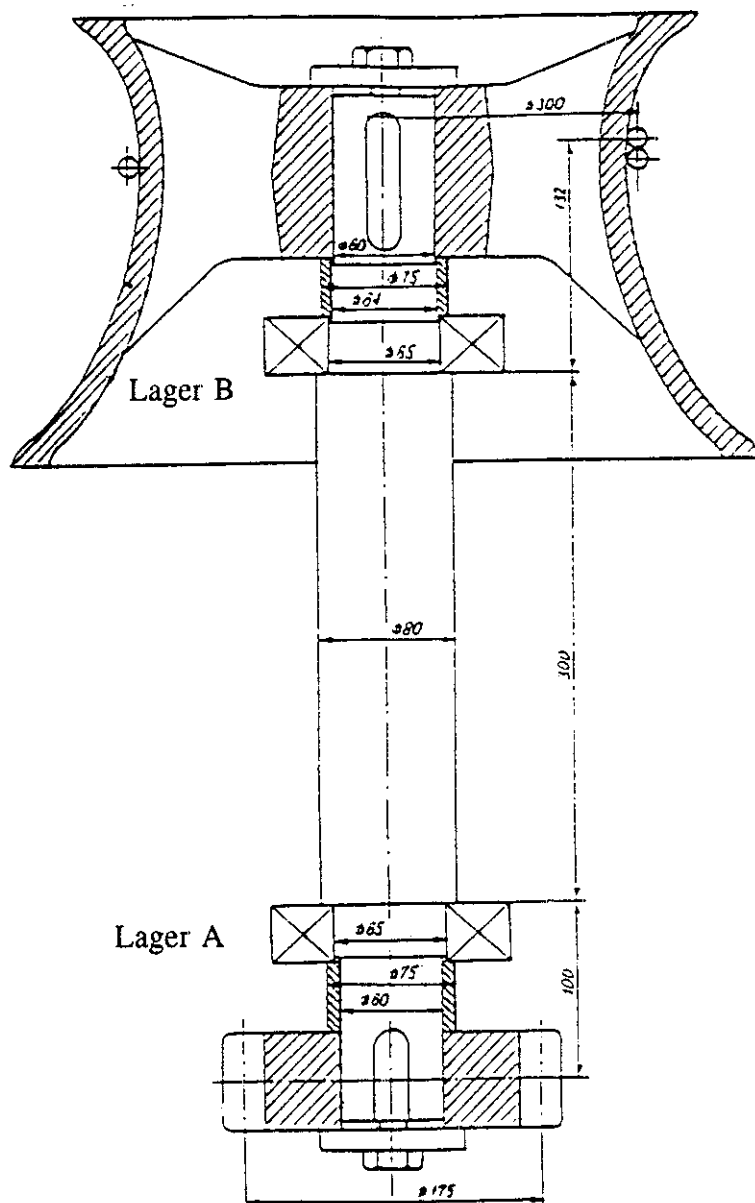


Fig 7.20. Aksel med rullingslager

* LØSNING 3

a) $L_{4a} = 30 \cdot 60 \cdot 3 \cdot 300 \cdot 15 = 24.3 \text{ mill omdr}$

$$L_{4a} = a_1 \cdot a_{23} \cdot L_{10}$$

$$L_{10} = L_{4a} / (a_1 \cdot a_{23}) = 24.3 / (0.53 \cdot 1.0) = 45.8 \text{ mill. omdr}$$

b) For SKF 6313 : $C_0 = 60000 \text{ N}$ og $C = 92300 \text{ N}$.

* Lager A : $F_a = 8 \text{ kN}$ og $F_r = 19 \text{ kN}$.

$$F_a / C_0 = 8 / 60 = 0.133 \Rightarrow e \approx 0.31$$

$$F_a / F_r = 8 / 19 = 0.42 < e ; X = 0.56 \text{ og } Y = 1.4$$

$$P = X F_{r2} + Y F_a = 0.56 \cdot 19 + 1.4 \cdot 8 = 21.8 \text{ kN}$$

$$P_m = 3 \sqrt{\frac{3 \cdot 21.8^3 + 1 \cdot 10.9^3}{4}} = 20.1 \text{ kN}$$

$$C = P_m 3 \sqrt{L_{10}} = 71.9 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

* Lager B: $P = F_r = 27 \text{ kN}$

$$P_m = 3 \sqrt{\frac{3 \cdot 27^3 + 1 \cdot 13.5^3}{4}} = 24.9 \text{ kN}$$

$$C = P_m 3 \sqrt{L_{10}} = 89.1 \text{ kN} \quad \text{OK!}$$

* EKSEMPEL 4

Et sporkulelager SKF 6310 roterer med $n = 1000 \text{ o/min}$.

- Hva er den minste kinematiske viskositet v_1 som kreves ved driftstemperatur for å gi full god smøring?
- Hva blir viskositeten v ved referansetemperaturen 40°C når lagerets driftstemperatur er 90°C ?
- Velg viskositetsgrad for oljen

* LØSNING 4

- $d_m = (d + D)/2 = 80 \text{ mm}$, $v_1 = 18 \text{ mm}^2/\text{s}$
- $v = 130 \text{ mm}^2/\text{s}$ ved referansetemperatur
- ISO VG 150

* EKSEMPEL 5

Fig. 7.21. viser hjuloppheget på en av NSB sine godsvogner. Hver godsvogn har to akslinger, vekten på tom vogn er 6 tonn og lasteevnen er 20 tonn. Lagrenes levetid antas å være 200 000 km. Hjulet roterer med maksimal belastning i 40% av driftstiden, med halv belastning i 50% av driftstiden og med tom godsvogn resten. På grunn av slitasje av hjulene regnes en midlere hjulradius (over hjulets livslengde) $R_{\text{hjul}} = 318.3 \text{ mm}$.

Det antas en lasting av godsvognen slik at alle hjul blir likt belastet. Det kan også antas at resultantkraften fra skinnen på grunn av hjulets geometri angriper midt i mellom lagrene.

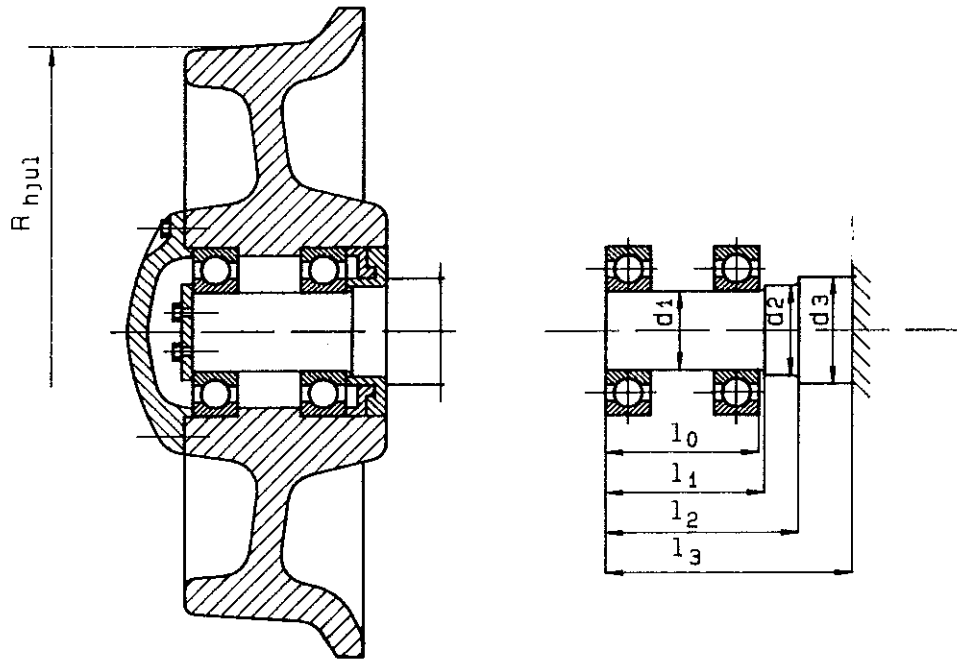


Fig. 7 21. Hjuloppheng for en godsvogn.

- Velg lager når det skal regnes 90% sannsynlighet for å oppnå levetiden
- Velg lager når det regnes med 98% sannsynlighet. Tegn momentdiagram for akselen og beregn bøyespenning i aksel ved fullastet vogn.

OPPGITT: $d_1 = 100 \text{ mm}$, $d_2 = 115 \text{ mm}$, $d_3 = 140 \text{ mm}$, $l_0 = 207 \text{ mm}$, $l_1 = 220 \text{ mm}$, $l_2 = 260 \text{ mm}$, $l_3 = 293 \text{ mm}$.

* LØSNING 5

- Hjulets omkrets: $O = 2 \pi R_{\text{hjul}} = 2000 \text{ mm}$ og $L_{10} = 100 \text{ mill omkr}$

Maks belastn.: $F_r = 31883 \text{ N}$ (pr. lager)

Min belastn.: $F_r = 7358 \text{ N}$ (pr. lager)

Belastn. som gitt over gir $P_m = 24678 \text{ N}$

$$C = P_m \sqrt[3]{L_{10}} = 114545 \text{ N}, \text{ Velger SKF 6220 med } C = 124000 \text{ N}$$

- $L_{2a} = a_1 a_{23} L_{10} = 100 \text{ mill omkr} \Rightarrow L_{10} = 303 \text{ mill omkr}$

Dermed blir: $C = 165752 \text{ N}$, og velger SKF 6320 med $C = 174000 \text{ N}$ og bredde = 47 mm.

Momentdiagram som vist i fig. 7 22.

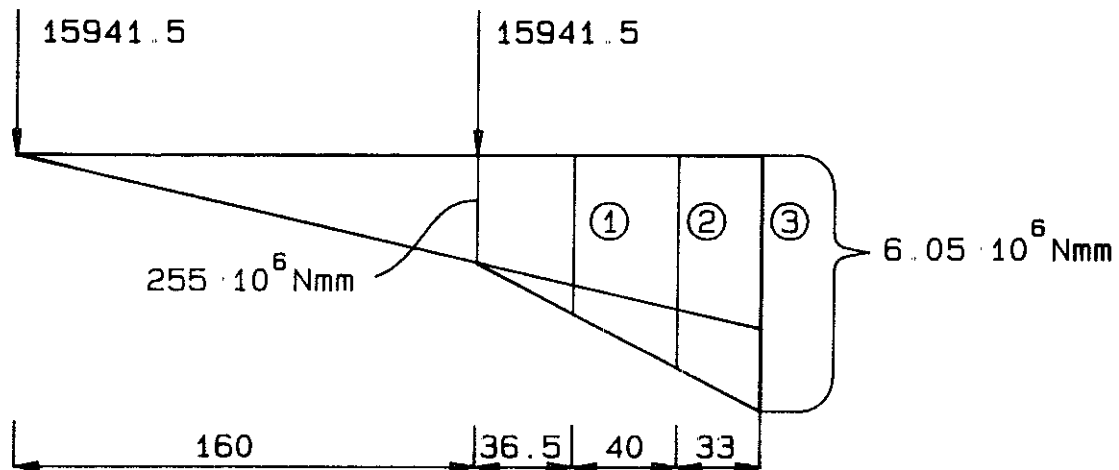


Fig. 7.22 Momentdiagram for hjulopphenget.

Pkt 1: $M_b = 3.71 \cdot 10^6$ Nmm og $\sigma_b = 37.8$ N/mm²

Pkt 2: $M_b = 4.99 \cdot 10^6$ Nmm og $\sigma_b = 33.4$ N/mm²

Pkt 3: $M_b = 6.05 \cdot 10^6$ Nmm og $\sigma_b = 22.5$ N/mm²

Lagertyper

Radiallager

Spårkullager enradiga *) (1)

med skyddsplåtar eller tätningsbrickor
med flänsringsspår i vteringen
(och flänsring)
tvåradiga (2)

*) se även SKF-katalogen "Tunnsektionslager"

Sfäriska kullager

med cylindriskt eller koniskt hål (3)
med tätningar
med bred inerring (4)

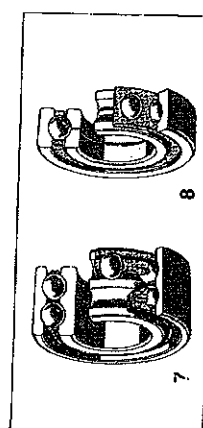
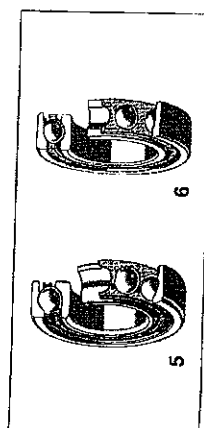
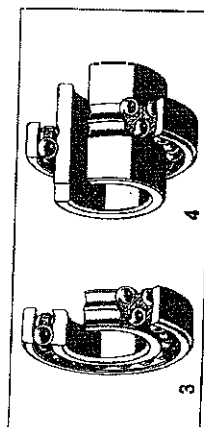
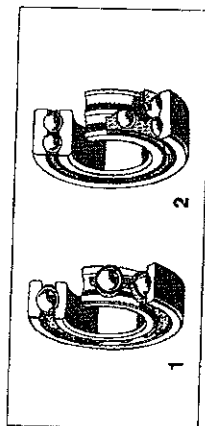
Vinkelkontaktkullager

enradiga *) (5)
för montering parvis
precisionslager **) (6)

*) se även SKF-katalogen "Tunnsektionslager"
**) se SKF-katalogen "Precisionslager"

tvåradiga (7)

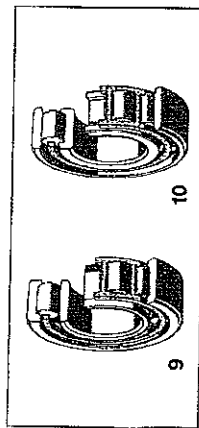
med skyddsplåtar eller tätningsbrickor
Fyrpunktsparkullager *) (8)



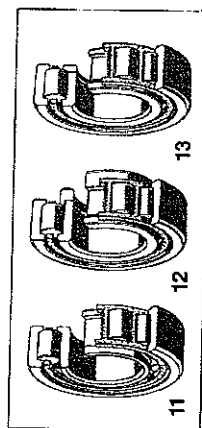
SKF

SKF

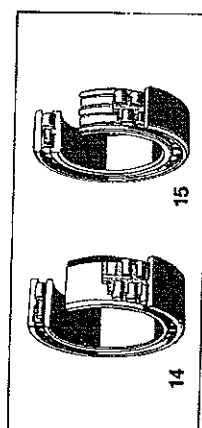
Radiallager



Cylindriska rullager
enradiga
typ NU (9)
typ N (10)

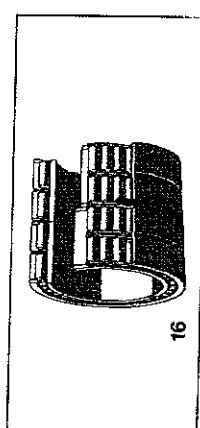


typ NJ (11)
typ NJ med vinkelring HJ (12)
typ NUP (13)



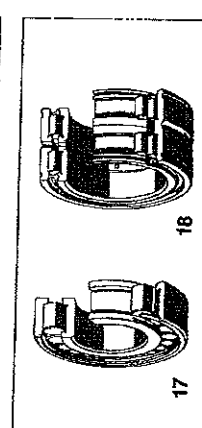
tvåradiga *)
typ NNU (14)
typ NN (15)

*) se SKF-katalogerna "Bearings for heavy engineering applications" och "Precisionslager"



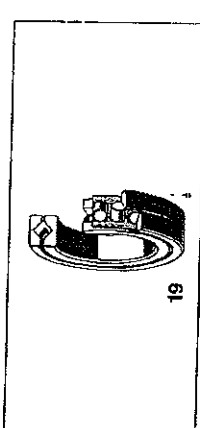
tyrradiga *)
med cylindriskt (16) eller koniskt hål

*) se SKF-katalogen "Bearings for heavy engineering applications"



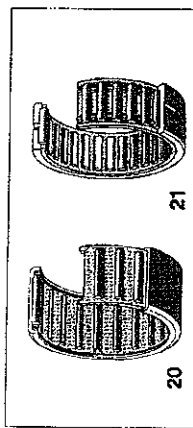
Cylindriska fullrullager
enradiga (17)
tvåradiga
med (18) eller utan tätningar
flerradiga *)

*) se SKF-katalogen "Bearings for heavy engineering applications"

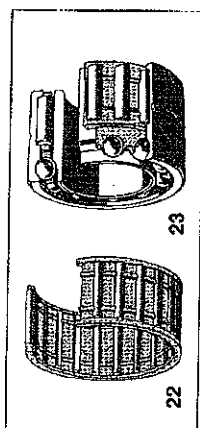


Cylindriska kryssrullager (19)

Radiallager

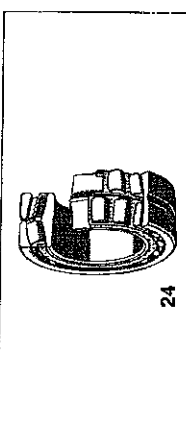


Nårlullager
Nårlullbusningar
öppen typ (20) och sluten typ
Nårlullager med flänsar
med eller utan innerring (21)
med tätningar
Nårlullager utan flänsar *)
med eller utan innerring
*) se SKF-katalogen "Nårlullager"

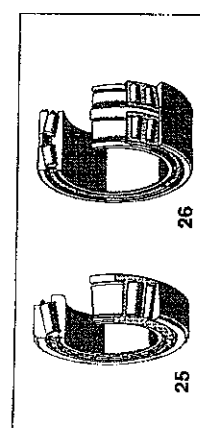


Nårlullkransar *) (22)
Kombinerade nårlullager *) (23)
Inställbara nårlullager *)

*) se SKF-katalogen "Nårlullager"

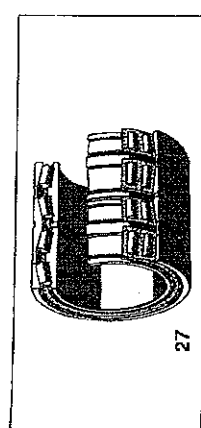


Sfäriska rullager
med cylindriskt (24) eller koniskt hål



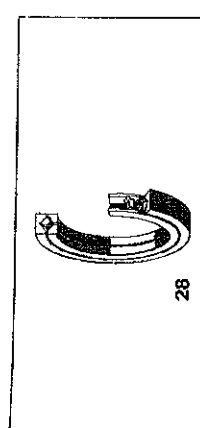
Koniska rullager
enradiga (25)
parade
tvåradiga *) (26)

*) se SKF-katalogen "Bearings for heavy engineering applications"



tyrradiga *) (27)

*) se SKF-katalogen "Bearings for heavy engineering applications"



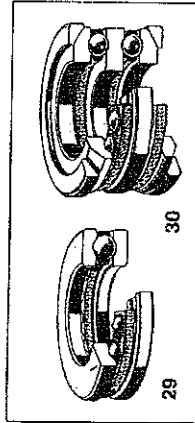
Koniska kryssrullager *) (28)

*) se SKF-katalogen "Precisionslager"

Axiallager

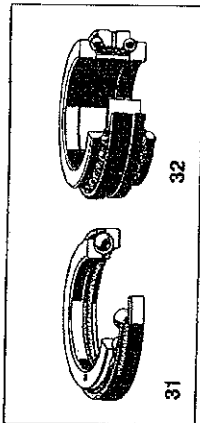
Axialkullager
enkelverkande

med plan husbricka (29)
med sfärisk husbricka och
underläggsbricka
dubbelverkande
med plana husbrickor
med sfäriska husbrickor och
underläggsbrickor (30)

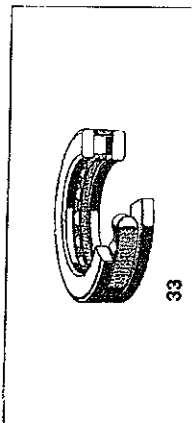


Vinkelkontaktaxialkullager
enkelverkande¹⁾ (31)
dubbelverkande¹⁾ (32)

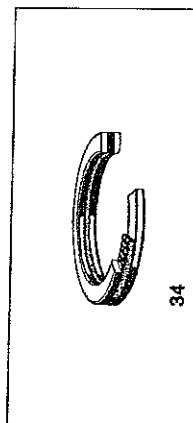
¹⁾ se SKF-katalogerna "Bearings for heavy engineering applications" och "Precisionslager".



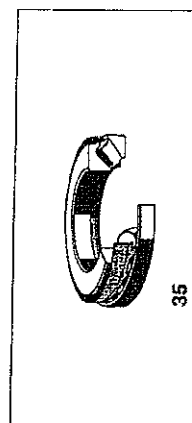
Cylindriska axialrullager (33)



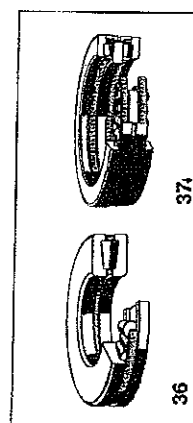
Axialnålrullager (34)



Sfäriska axialrullager (35)



Koniska axialrullager
enkelverkande¹⁾ (36)
dubbelverkande¹⁾ (37)

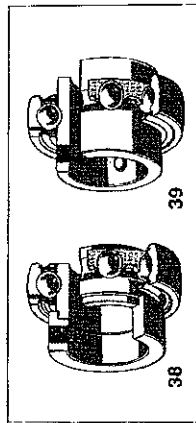


¹⁾ se SKF-katalogen "Bearings for heavy engineering applications".

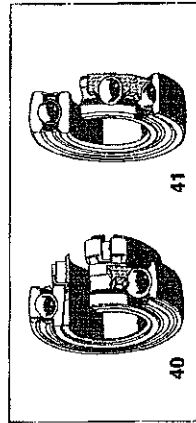
Y-lager, löprullar

Y-lager

med excentrisk låsring
med förlängd innersring på ena sidan (38)
med förlängd innersring på båda sidor
med stoppskruvar i innersringen (39)

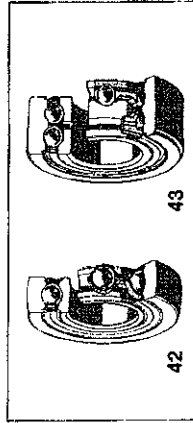


med klämhylsa (40)
med normal innersring (41)



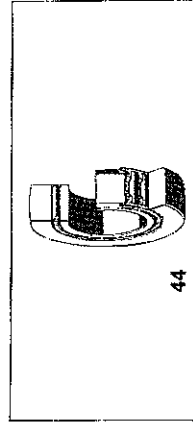
Löprullar

snällt utförande
med bomberad mantelvyta (42)
brett utförande
med bomberad eller cylindrisk
mantelvyta (43)

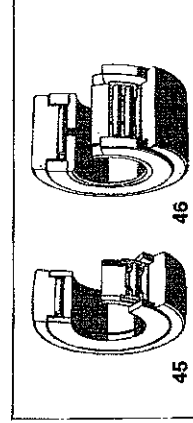


Stödrullar

utan axialstyrning
med bomberad (44) eller cylindrisk
mantelvyta
med eller utan innersring
med eller utan tätningar

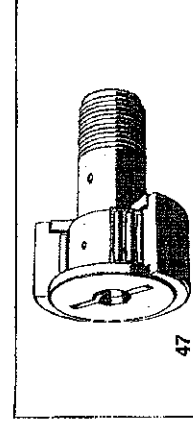


med axialstyrning
med bomberad eller cylindrisk mantelvyta
isärtagbart utförande (45)
ei isärtagbart utförande
med hållare (46)
med maximalt antal rullar



Kamrullar

med bomberad eller cylindrisk mantelvyta
med hållare (47)
med maximalt antal rullar



Ekvivalent dynamisk lagerbelastning
För enskilda lager och lager parade i tandemanordning är

$$P = F_r \quad \text{om } F_a/F_r \leq e$$

$$P = XF_r + YF_a \quad \text{om } F_a/F_r > e$$

För spårkullager är faktorerne X och Y, som erfordras för beräkningen av den ekvivalenta lagerbelastningen, beroende av förhållandet mellan axialbelastningen F_a och det statiska bärighetsstalet C_0 . Dessutom påverkas X och Y av storleken på det radiella lagerglappet; ju större lagerglapp desto större axiell bärförmåga.

Om lagren monteras med vanliga passningar (axeltolerans i5 till n6 alltefter diametern och lagerhus tolerans J7) kan de värden på faktorerne X och Y som anges i den övre tabellen på motsstående sida användas för beräkning av den ekvivalenta lagerbelastningen. För lager parade i tandemanordning bör de värden som anges under "C3-glapp" användas. Väljer man ett större glapp än normalglapp på grund av att glappet minskar under drift, t.ex. till följd av kraftig uppvärmning av inneringen, bör värdena på faktorerna under normalglapp användas.

För lager parade i tandemanordning är F_a och F_r de krafter som verkar på lagerparet.

För lager parade i O- eller X-anordning är

$$P = F_r + Y_1 F_a \quad \text{om } F_a/F_r \leq e$$

$$P = 0,75 F_r + Y_2 F_a \quad \text{om } F_a/F_r > e$$

F_r och F_a är de krafter som verkar på lagerparet. Värdena på faktorerna e , Y_1 och Y_2 för olika värden på F_a/C_0 anges i den nedre tabellen på motsstående sida.

Ekvivalent statisk lagerbelastning

För enskilda lager parade i tandemanordning är

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Om $P_0 < F_r$ bör man använda $P_0 = F_r$. För parade lager är F_r och F_a de krafter som verkar på lagerparet.

För lager parade i O- eller X-anordning är

$$P_0 = F_r + 1,7 F_a$$

F_r och F_a är de krafter som verkar på lagerparet.

Axiell bärförmåga

Den rent axiella belastningen på spårkullager bör i allmänhet inte överstiga $0,5 C_0$. Små lager och lager ur lätta serier (diamenterserier 8, 9, 0 och 1) bör inte belastas axiellt med en belastning som är större än $0,25 C_0$. Allt för stora axialbelastningar kan leda till en avsevärd minskning av lagerlivslängden.

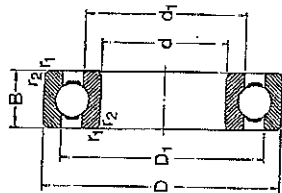
Beräkningsfaktorer för enradiga spårkullager.
Enskilda lager och lagerpar i tandemanordning

Normalt lagerglapp					Lagerglapp C3					Lagerglapp C4				
F_a/C_0	e	X	Y	Y_1	e	X	Y	Y_1	Y_2	e	X	Y	Y_1	Y_2
0,025	0,22	0,56	2	0,31	0,31	0,46	1,75	0,42	0,44	0,42	0,44	1,42	0,44	1,42
0,04	0,24	0,56	1,8	0,33	0,33	0,46	1,62	0,42	0,44	0,42	0,44	1,36	0,44	1,36
0,07	0,27	0,56	1,6	0,36	0,36	0,46	1,48	0,44	0,44	0,44	0,44	1,27	0,44	1,27
0,13	0,31	0,56	1,4	0,41	0,41	0,46	1,3	0,48	0,44	0,48	0,44	1,16	0,44	1,16
0,25	0,37	0,56	1,2	0,46	0,46	0,46	1,14	0,53	0,44	0,53	0,44	1,05	0,44	1,05
0,5	0,44	0,56	1	0,54	0,54	0,46	1	0,56	0,44	0,56	0,44	1	0,44	1

Beräkningsfaktorer för enradiga spårkullager.
Lagerpar i O- eller X-anordning

F_a/C_0	e	Y_1	Y_2
0,03	0,32	2	2,8
0,10	0,4	1,55	2,2
0,25	0,47	1,3	1,65

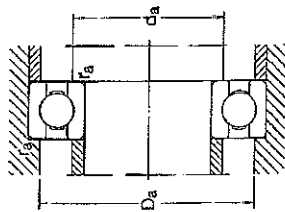
Enradiga spårkullager
d 2,5–12 mm



Utan spår
i ytterringen

Med spår
i ytterringen

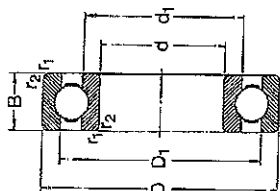
Huvudmått				Bärgthetstal		Utmatt- ningsbe- lastning P _u	Basvarvtal Smörjning fett olja	Massa	Beteckning
d	D	B	C	C ₀	stat. dyn.				
mm									
	N	N	N	N	N	r/min	kg		
2,5	8	2,8	319	106	4	67 000	80 000	0,0007	60/2,5
3	10	4	488	145	6	60 000	70 000	0,0015	623
4	9	2,5	540	180	7	63 000	75 000	0,0007	618/4
12	4	806	280	12	53 000	63 000	0,0022	504	604
13	5	975	305	14	48 000	56 000	0,0031	524	624
16	5	1 110	360	16	43 000	50 000	0,0054	534	634
5	11	3	637	255	11	53 000	63 000	0,0012	618/5
16	5	1 110	380	16	43 000	50 000	0,0050	525	625
19	6	1 720	620	26	36 000	43 000	0,0090	635	635
6	13	3,5	894	345	15	48 000	56 000	0,0020	618/6
19	6	1 720	620	26	36 000	43 000	0,0094	626	626
7	14	3,5	956	400	17	45 000	53 000	0,0022	618/7
19	6	1 720	620	26	38 000	45 000	0,0075	607	607
22	7	3 250	1 370	57	32 000	38 000	0,013	627	627
8	16	4	1 330	570	24	40 000	48 000	0,0030	618/8
22	7	3 250	1 370	57	36 000	43 000	0,012	608	608
9	17	4	1 430	640	27	38 000	45 000	0,0034	618/9
24	7	3 710	1 660	71	32 000	38 000	0,014	609	609
26	8	4 620	1 960	83	28 000	34 000	0,020	629	629
10	19	5	1 380	585	25	36 000	43 000	0,0055	61800
22	6	1 950	750	32	34 000	40 000	0,010	61900	61900
26	8	4 620	1 960	83	30 000	36 000	0,019	6000	6000
28	8	4 620	1 960	83	28 000	34 000	0,022	16100	16100
30	9	5 070	2 360	100	24 000	30 000	0,032	6200	6200
35	11	8 060	3 400	143	20 000	26 000	0,053	6300	6300
12	21	5	1 430	670	28	32 000	38 000	0,0063	61801
24	6	2 250	980	43	30 000	36 000	0,011	61901	61901
28	8	5 070	2 360	100	26 000	32 000	0,022	6001	6001
30	9	5 070	2 360	100	26 000	32 000	0,023	16101	16101
32	10	6 990	3 100	132	22 000	28 000	0,037	6201	6201
37	12	9 750	4 150	176	19 000	24 000	0,060	6301	6301



Mått

Inbygggnadsmått

d	d ₁	D ₁	D ₂	i _{1,2} min	d _a min	D _a max	i _a max
mm							
2,5	4,6	6,4	—	0,15	3,7	6,8	0,1
3	5,2	7,5	8,2	0,15	4,2	8,8	0,1
4	5,2	7,5	—	0,1	5,2	7,8	0,1
	6,4	9,6	—	0,2	5,6	10,4	0,2
	6,7	10,3	—	0,2	5,6	11,4	0,2
	8,4	12	13,3	0,3	6	14	0,3
5	6,8	9,3	—	0,15	6,2	9,8	0,1
	8,4	12	13,3	0,3	7	14	0,3
	10,7	15,3	16,5	0,3	7	17	0,3
6	7,9	11,2	—	0,15	7,2	11,8	0,1
	10,7	15,3	—	0,3	8	17	0,3
7	8,9	12,2	—	0,15	8,2	12,8	0,1
	10,7	15,3	—	0,3	9	17	0,3
	11,8	17,6	19	0,3	9	20	0,3
8	10,1	14	—	0,2	9,6	14,4	0,2
	11,8	17,6	19	0,3	10	20	0,3
9	11,1	15	—	0,2	10,6	15,4	0,2
	14,2	19,8	21,2	0,3	11	22	0,3
	14,4	21,4	22,5	0,3	11	24	0,3
10	12,6	16,4	—	0,3	12	17	0,3
	13	18,1	—	0,3	12	20	0,3
	14,4	21,4	22,5	0,3	12	24	0,3
	16,7	23,4	24,8	0,3	12	26	0,3
	16,7	23,4	24,8	0,6	14	26	0,6
	17,5	27,1	28,7	0,6	14	31	0,6
12	15	18,2	—	0,3	14	19	0,3
	15,5	20,6	—	0,3	14	22	0,3
	16,7	23,4	24,8	0,3	14	26	0,3
	16,7	23,4	24,8	0,3	14	28	0,3
	18,2	25,9	27,4	0,6	16	28	0,6
	19,5	29,7	31,5	0,6	17	32	0,6

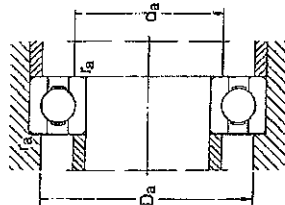


Utan spår
i ytterringen



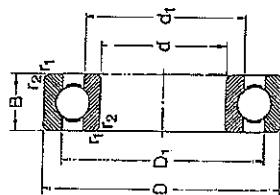
Med spår
i ytterringen

Huvudmått		Bärighetstal dyn.	slat.	Utmatt- ningsbe- lastning P _u	Besvärstal Smörjning fett	alla	Massa	Betäckning
d	D	B	C	C ₀	N	r/mkr	kg	
15	24	5	1 560	800	34	28 000	34 000	61802
	28	7	4 030	2 040	85	24 000	30 000	61902
	32	8	5 690	2 850	120	22 000	28 000	16002
	35	9	5 690	2 850	120	22 000	28 000	6002
	42	13	7 800	3 750	160	18 000	24 000	6202
	42	13	11 400	5 400	228	17 000	20 000	6302
17	26	5	1 660	930	39	24 000	30 000	61803
	30	7	4 360	2 320	98	22 000	28 000	61903
	35	8	6 050	3 250	137	18 000	24 000	16003
	35	10	6 050	3 250	137	18 000	24 000	6003
	40	12	9 560	4 750	200	17 000	20 000	6203
	47	14	13 500	6 550	275	16 000	19 000	6303
	62	17	22 900	10 800	455	12 000	15 000	8403
20	32	7	2 700	1 500	63	18 000	24 000	61804
	37	9	6 370	3 650	156	16 000	22 000	61904
	42	8	6 690	4 050	173	17 000	20 000	16004
	42	12	9 360	5 000	212	17 000	20 000	6004
	47	14	12 700	6 650	280	15 000	18 000	6204
	52	15	15 900	7 800	335	13 000	16 000	6304
	72	19	30 700	15 000	640	10 000	13 000	8404
25	37	7	4 360	2 800	125	17 000	20 000	61805
	42	9	6 830	4 000	176	16 000	19 000	61905
	47	8	7 610	4 750	212	14 000	17 000	16005
	47	12	11 200	6 550	275	15 000	18 000	6005
	52	15	14 000	7 800	335	12 000	15 000	6205
	62	17	22 500	11 600	490	11 000	14 000	6305
	80	21	35 800	19 300	815	9 000	11 000	8405
30	42	7	4 490	2 900	146	15 000	18 000	61806
	47	9	7 280	4 550	212	14 000	17 000	61906
	55	9	11 200	7 350	310	12 000	15 000	16006
	55	13	13 300	8 300	355	12 000	15 000	6006
	62	16	19 500	11 200	475	10 000	13 000	6206
	72	19	28 100	16 000	670	9 000	11 000	6306
	90	23	43 600	23 600	1 000	8 500	10 000	8406



Inbyggnadsmått

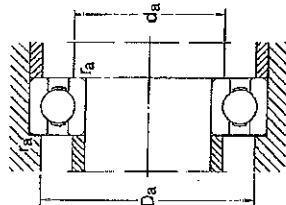
Mått	d ₁	D ₁	D ₂	r ₁ ^{1/2}	d ₂ min	D ₂ max	r ₂ max
mm							
15	17,9	21,1	-	0,3	17	22	0,3
	18,4	24,7	-	0,3	17	26	0,3
	20,2	27	28,2	0,3	17	30	0,3
	20,2	27	28,2	0,3	17	30	0,3
	21,5	29,2	30,4	0,6	19	31	0,6
	23,7	33,9	36,3	-	20	37	-
17	20,2	23,2	-	0,3	19	24	0,3
	20,4	26,7	-	0,3	19	28	0,3
	22,7	28,5	31,2	0,3	19	33	0,3
	22,7	28,5	31,2	0,3	19	33	0,3
	24,2	32,9	35	0,6	21	36	0,6
	26,5	37,6	39,6	-	22	42	-
	32,4	47,4	-	1,1	23,5	55,5	-
20	24	28,9	-	0,3	22	30	0,3
	25,6	31,4	-	0,3	22	35	0,3
	27,9	34,6	37,2	0,3	22	40	0,3
	27,2	35,1	37,2	0,6	24	38	0,6
	28,5	36,7	40,6	-	25	42	-
	30,3	42,1	44,8	1,1	26,5	45,5	-
	37,1	55,6	-	1,1	26,5	65,5	-
25	26,5	33,3	-	0,3	27	35	0,3
	30,2	36,9	-	0,3	27	40	0,3
	33,2	40,7	42,2	0,3	27	45	0,3
	32	40,3	46,3	0,6	29	43	0,6
	35,6	44,2	46,3	-	30	47	-
	35,6	44,2	46,3	1,1	31,5	55,5	-
	45,4	63,8	52,7	1,5	33	72	1,5
30	33,7	38,5	-	0,3	32	40	0,3
	35,2	41,8	-	0,3	32	45	0,3
	38	47,3	49	0,3	32	53	0,3
	40,3	52,1	54,1	-	35	50	-
	44,6	59,9	61,9	1,1	36,5	65,5	-
	50,3	70,7	-	1,5	38	82	1,5



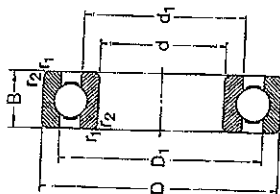
Utan spår
i ytterringen

Med spår
i vitteringen

Huvudmätt			Bärighetstid dvn.		Utmatt- ningsbe- lastning P _u		Basvarvst Smörjning fett		olja		Massa	Beteckning
d	D	B	C	C ₀	N	N	r/ran	kg	-			
mm												
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807			
	55	10	9 560	6 200	280	11 000	14 000	0,090	61907			
	62	9	12 430	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007			
	92	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6207			
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,28	6207			
	90	21	32 300	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307			
40	100	25	56 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407			
	52	7	4 940	3 450	166	11 000	14 000	0,034	61808			
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	12 000	0,12	61908			
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008			
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	62008			
	80	18	30 700	19 000	900	8 500	10 000	0,37	6208			
45	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,53	6308			
	110	27	63 700	38 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408			
	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809			
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909			
	75	16	15 800	10 800	520	8 000	11 000	0,17	16009			
	75	16	23 500	14 600	640	9 000	11 000	0,25	62009			
50	85	19	32 800	21 600	815	7 500	9 000	0,41	6209			
	100	25	52 700	31 500	1 340	6 700	8 000	0,83	6309			
	120	29	76 100	45 000	1 900	6 000	7 000	1,55	6409			
	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810			
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910			
	80	10	16 300	11 400	560	8 500	10 000	0,18	16010			
55	80	16	21 600	16 000	710	9 000	10 000	0,28	6210			
	90	20	35 100	28 200	960	7 000	8 500	0,46	6210			
	110	27	61 800	38 000	1 600	6 300	7 500	1,05	6310			
	130	31	87 100	52 000	2 200	5 300	6 300	1,90	6410			
	72	9	8 840	6 800	360	8 500	10 000	0,083	61811			
	80	13	15 900	11 400	565	9 000	9 500	0,19	61911			
60	80	19	19 500	14 000	695	7 500	9 000	0,28	16011			
	90	18	28 100	21 200	900	6 300	7 500	0,39	6211			
	100	21	43 600	29 000	1 250	5 300	7 500	0,61	6211			
	120	29	71 500	45 000	1 500	5 000	6 700	1,35	6311			
	140	33	98 500	62 000	2 600	5 000	6 000	2,30	6411			



Mått		Inbyggnadsmått						
d	d ₁	D ₁	D ₂	t _{1,2} min	d ₁ min	D ₂ max	t _{1,2} max	
mm								
35	38,7	43,5	-	0,3	37	45	0,3	
	41,6	48,6	-	0,6	39	51	0,6	
	44	53,3	-	0,3	37	60	0,3	
	43,7	53,6	55,7	1,1	40	57	1	
	46,9	60,6	62,7	1,1	41,5	65,5	1	
40	49,5	66,1	69,2	1,5	43	72	1,5	
	57,4	80,6	-	1,5	43	92	1,5	
	43,7	49,5	-	0,3	42	50	0,3	
	47	55,2	-	0,6	44	58	0,6	
	49,4	57	61,1	0,3	42	66	0,3	
45	49,2	59,1	-	1,1	45	63	1	
	52,6	67,9	69,8	1,1	46,5	73,5	1	
	56,1	74,7	77,7	1,5	48	82	1,5	
	62,8	88	-	2	49	101	2	
	49,7	54,6	-	0,3	47	56	0,3	
50	52,3	60,8	-	0,6	49	64	0,6	
	55	65,4	-	0,6	49	71	0,6	
	54,7	65,6	67,8	1,1	50	70	1	
	57,6	72,9	75,2	1,1	51,5	78,6	1	
	62,1	83,7	86,7	1,5	53	92	1,5	
55	68,9	96,9	-	2	54	111	2	
	54,7	60,5	-	0,3	52	63	0,3	
	56,8	65,3	-	0,6	54	68	0,6	
	60	70,4	-	0,6	54	76	0,6	
	59,7	70,6	72,8	1,1	55	75	1	
60	62,5	78,1	81,7	1,1	56,5	83,5	1	
	68,7	92,1	95,2	2	59	101	2	
	75,4	106	-	2,1	61	119	2	
	60,2	67	-	0,3	57	70	0,3	
	63	72,1	-	0,6	60	75	0,6	
65	67	78	81,5	1,1	61,5	83,5	1	
	66,3	79,1	81,5	1,1	63	92	1,5	
	69	86,6	89,4	1,5	64	111	2	
	75,3	101	104	2	66	129	2	
	81,5	115	-	2,1	66	129	2	

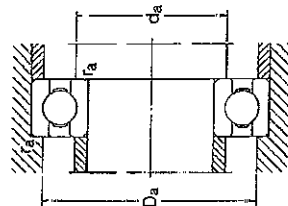


Utan spår
i ytterringen



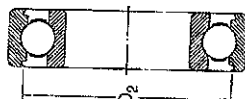
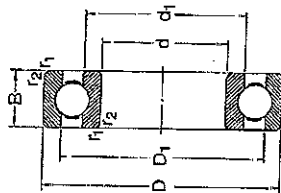
Med spår
i ytterringen

Huvudmätt				Bärighetstal dyn.		Utmatt- ningsbe- lastning P _u	Basvarvtal Snickning fett olla	Massa	Beteckning
d	D	B	C	N	C ₀				
mm						N	r/min	Kg	-
60	78	10	8 710	6 700	365	9 000	7 500	0,11	61812
	85	13	16 500	12 000	600	9 000	7 500	0,20	61912
	95	11	15 900	15 000	735	8 000	6 700	0,28	16012
	110	18	29 800	23 200	990	8 000	6 700	0,42	6012
	125	22	52 700	36 000	1 530	6 000	5 000	0,78	6212
	130	31	81 900	52 000	2 200	6 000	5 000	1,70	6312
65	150	35	108 000	69 500	2 900	5 800	4 800	2,75	6412
	85	10	11 900	9 650	510	8 500	7 000	0,13	61813
	90	13	17 400	13 400	680	8 000	6 700	0,22	61913
	100	18	21 200	16 800	830	7 500	6 300	0,30	16013
	120	23	30 700	25 000	1 060	6 300	5 300	0,44	6013
	140	33	55 900	40 500	1 730	5 300	4 800	0,98	6213
70	160	37	92 300	60 000	2 500	5 800	4 800	2,10	6313
	90	10	12 100	10 000	540	8 000	6 700	0,14	61814
	100	16	23 800	18 300	900	7 500	6 300	0,35	61914
	110	20	37 700	31 000	1 060	7 000	6 000	0,43	16014
	125	24	60 500	45 000	1 900	5 000	4 800	0,60	6014
	150	35	104 000	68 000	2 750	4 500	3 800	1,05	6214
75	180	42	143 000	104 000	3 900	4 500	3 800	2,50	6314
	95	10	12 500	10 800	585	8 000	6 300	0,15	61815
	105	16	24 200	19 300	965	7 500	6 000	0,37	61915
	115	13	28 600	27 000	1 140	7 000	5 800	0,45	16015
	130	25	39 700	33 500	1 430	6 000	5 000	0,64	6015
	150	37	66 300	49 000	2 040	5 000	4 800	1,20	6215
80	180	45	153 000	114 000	3 000	4 800	4 000	3,00	6315
	100	10	12 700	11 200	610	8 000	6 300	0,15	61816
	110	16	25 100	20 400	960	7 500	6 000	0,37	61916
	125	14	33 200	31 500	1 020	6 700	5 300	0,40	16016
	140	25	47 500	40 000	1 660	5 300	4 500	0,85	6016
	170	39	70 200	55 000	2 200	4 800	3 800	1,40	6216
200	48	124 000	86 500	3 250	4 500	3 400	3,60	6316	
		163 000	125 000	4 500	4 000	3 400	8,00	6416	



Inbyggnadsmått

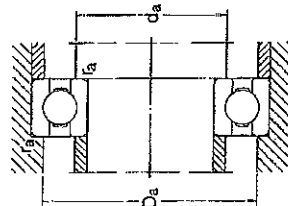
Mått		Inbyggnadsmått					
d	d ₁	D ₁	D ₂	i _{1,2} min	d _a min	D _a max	i _a max
mm							
60	65,6	72,6	-	0,3	62	76	0,3
	68	77,1	-	-	65	80	-
	73	83,4	-	0,6	64	91	0,6
	74,3	84,1	86,5	1,1	66,5	88,5	-
	75,5	84,2	87	1,5	68	102	1,5
	81,6	109	113	2,1	71	119	2
65	66,1	123	-	2,1	71	139	2
	71,1	79,1	-	0,6	69	81	0,6
	73	82,1	-	-	70	85	-
	76,5	88,5	-	0,6	69	96	0,6
	76,5	89,1	91,5	1,1	71,5	93,5	-
	83,3	108	106	1,5	73	112	1,5
70	85,3	118	122	2,1	76	129	2
	94	132	-	2,1	76	149	2
	76,1	84,1	-	0,6	74	86	0,6
	79,6	90,6	-	-	75	95	-
	83,3	97,1	99,9	0,6	74	106	0,6
	82,8	97,6	111	1,1	76,5	103,5	-
75	87	109	111	1,5	78	117	1,5
	94,9	126	130	2,1	81	139	2
	103	147	-	3	83	167	2,5
	81,1	89,1	-	0,6	79	91	0,6
	84,6	95,6	-	-	80	100	-
	88,3	102	105	0,6	79	111	0,6
80	87,8	103	105	1,1	81,5	108,5	-
	92	114	117	1,5	83	122	1,5
	101	135	139	2,1	86	149	2
	110	156	159	3	88	177	2,5
	86,1	94,1	-	0,6	84	96	0,6
	89,6	101	-	-	85	105	-
85	95,3	110	115	0,6	84	121	0,6
	94,4	112	115	1,1	86,5	118,5	-
	101	123	127	2	89	131	2
	108	143	147	2,1	91	159	2
	115	164	-	3	93	187	2,5



Utan spår
i ytterringen

Med spår
i ytterringen

Huvudmått				Bärighetstal dyn.	stat. C ₀	Utmatt- ningsbe- lastning P _u	Basvarvtal Smörjning fett olja	Massa	Beteckning
d	D	B	C						
mm									
N									
r/min									
kg									
—									
85	110	13	19 500	16 500	860	5 300	6 300	0,27	61817
	120	18	31 900	30 000	1 250	5 300	6 300	0,35	61917
	130	14	33 800	33 500	1 370	5 000	6 000	0,63	16017
	150	22	49 400	43 000	1 760	5 000	6 000	0,89	6017
	160	28	63 200	64 000	2 300	4 300	5 000	1,80	6217
	180	41	133 000	98 500	3 550	3 600	4 300	4,25	6317
	210	52	174 000	137 000	4 750	3 200	3 800	9,50	6417
90	115	13	19 500	17 000	915	5 300	6 300	0,28	61818
	125	16	33 200	31 500	1 230	5 000	6 000	0,59	61918
	140	16	41 600	39 000	1 560	4 800	6 000	0,85	16018
	160	24	58 500	50 000	1 960	4 800	5 600	1,15	6018
	180	30	95 800	73 500	2 800	3 800	4 500	2,15	6218
	190	43	143 000	108 000	3 650	3 400	4 000	4,90	6318
	225	54	186 000	150 000	5 000	3 000	3 600	11,5	6418
95	120	13	19 800	17 600	930	5 000	6 000	0,30	61819
	130	18	33 800	33 500	1 430	4 800	6 000	0,61	61919
	145	16	42 300	41 500	1 630	4 500	5 300	0,89	16019
	160	24	60 500	54 000	2 080	4 500	5 300	1,20	6019
	170	32	108 000	81 500	3 000	3 600	4 300	2,60	6219
	200	45	153 000	118 000	4 150	3 200	3 800	5,65	6319
	250	—	—	—	—	—	—	—	—
100	125	13	19 900	18 300	950	4 800	5 600	0,31	61820
	140	20	42 300	41 500	1 630	4 500	5 300	0,83	61920
	150	16	44 200	44 000	1 700	4 300	5 000	0,91	16020
	160	24	60 500	54 000	2 040	4 300	5 000	1,25	6020
	180	34	124 000	93 000	3 350	3 400	4 000	3,15	6220
	215	47	174 000	140 000	4 750	3 000	3 600	7,00	6320
	260	—	—	—	—	—	—	—	—
105	130	13	20 800	19 600	1 000	4 500	5 300	0,32	61821
	145	20	44 200	44 000	1 700	4 300	5 000	0,87	61921
	160	18	52 000	51 000	1 860	4 000	4 800	1,20	16021
	180	28	72 600	65 000	2 400	4 000	4 800	1,90	6021
	190	38	133 000	104 000	3 650	3 200	3 900	3,70	6221
	225	49	182 000	153 000	5 100	2 800	3 400	8,25	6321
	275	—	—	—	—	—	—	—	—

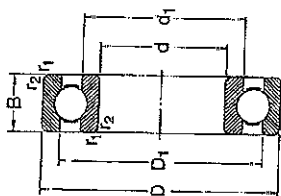


Inbyggnadsmått

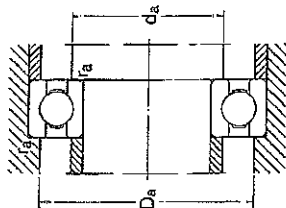
Mått

d	d ₁	D ₁	D ₂	i _{1,2} min	d _a min	D _a max	i _a max
mm							
85	92,5	103	—	—	90	105	—
	96,1	109	—	1,1	91,5	113,5	—
	100	115	—	0,6	89	126	0,8
	99,4	117	120	1,1	91,5	123,5	—
	106	131	135	2	94	141	2
	114	132	156	3	98	167	2,5
	123	173	176	4	101	194	3
90	97,5	108	—	—	95	110	—
	101	114	—	1,1	96,5	118,5	—
	106	124	—	—	95	135	—
	105	125	129	1,5	98	132	1,5
	112	139	143	2	99	151	2
	121	160	164	3	103	177	2,5
	132	182	—	4	106	209	3
95	102	113	—	—	100	115	—
	106	119	—	1,1	101,5	123,5	—
	111	129	—	—	100	140	—
	110	130	132	1,5	103	137	1,5
	118	148	152	2,1	106	159	2
	127	169	172	3	108	187	2,5
100	107	118	—	—	105	120	—
	112	128	—	1,1	106,5	133,5	—
	116	135	—	—	105	145	—
	115	135	139	1,5	108	142	1,5
	124	157	160	2,1	111	169	2
	135	181	184	3	113	202	2,5
105	112	123	—	—	110	125	—
	117	133	—	1,1	111,5	138,5	—
	123	143	—	—	110	155	—
	122	144	147	2	114	151	2
	131	164	167	2,1	116	179	2
	141	189	193	3	118	212	2,5

Enradiga spårkullager
d 750–1 060 mm



Huvudmått		Bärförhållande		stat. C_0	Utmatt- ningsbe- lastning P_u	Basvarvtal Smörjning fett olja	Massa	Beteckning
d	D	B	C					
mm				N	N	r/min	kg	-
750	920	78	527 000	1 250 000	18 300	500	600	618/750
	1 000	112	761 000	1 800 000	25 500	480	560	619/750
800	980	82	559 000	1 370 000	18 300	450	530	618/800
850	1 030	82	559 000	1 430 000	19 600	430	500	618/850
900	1 080	85	618 000	1 600 000	21 800	360	450	618/900
1 000	1 220	100	837 000	1 800 000	22 800	340	400	618/1000
1 060	1 260	100	728 000	2 120 000	26 500	300	360	618/1060



Mått	Inbyggnadsmått				
	d_1	D_1	$i_{1,2}$	d_a	D_a
d	mm	mm	mm	mm	mm
750	804	886	5	770	900
	835	915	6	776	974
800	857	923	5	820	960
850	907	973	5	870	1 010
900	961	1 030	5	920	1 070
1 000	1 076	1 145	6	1 028	1 194
1 060	1 132	1 209	6	1 086	1 254

Val av lagertyp

Varie lagertyp har karakteristiska egenskaper som gör den mer eller mindre lämplig för en viss inbyggnad. Enradiga spårkullager exempelvis klarar måttlig radiell såväl som axiell belastning. De har hög precision och kan tillverkas med extra höga toleranser och i tystgående utförande. Därför är dessa lager att föredra för små och medelstora elektriska motorer. Ståriska rullager klarar mycket stora belastningar och är självrästerande. Dessa egenskaper gör dem lämpliga för exempelvis inbyggnader inom tung industri där belastningarna är stora och kan orsaka deformationer och snedställning.

Man kan dock inte ställa upp några allmänna regler för valet av lagertyp, eftersom man i de flesta fall måste ta hänsyn till och göra en avvägning mellan flera faktorer. Anvisningarna på sidorna 15 till 23 syftar emellertid till att påvisa vilka faktorer som först och främst bör beaktas vid val av lämplig lagertyp. De lagertyper som omnämns i följande avsnitt och som inte är upptagna i lagertabellerna återfinns i särskilda kataloger, exempelvis lager med konstant sektion.

Matrisen på sidan 24 ger en lättfattlig översikt av lagertyper, deras egenskaper och lämplighet för olika inbyggnader. Lagertyper som inte återfinns i matrisen används vanligtvis endast för ett fåtal, väl definierade inbyggnader. Utförlig information om de olika lagertyperna, deras egenskaper och utföranden, återfinns i för-

texten till varje tabellavsnitt. Matrisen tillåter endast en förenklad klassificering av lagertyperna. Det begränsade antalet symboler tillåter ingen exakt uppdelning och dessutom beror vissa faktorer inte enbart på lagerkonstruktionen. I en lagring som till exempel innehåller vinkelkontaktkullager eller koniska rullager beror styvheten på vilken förspänning som valts, och ett lagrets möjliga varvtalsgräns påverkas av precisionen hos lagret och anslutande delar liksom av hållareutförandet. För cylindriska rullager är den axiella bärförmågan hos det senaste utförandet betydligt större än för tidigare utföranden. Trots dess begränsning utgör ändå matrisen en hjälp vid val av lämpligt lager. Man bör också komma ihåg att den totala kostnaden för en lagring liksom även förädlingsaspekter påverkar det slutliga valet.

Andra viktiga faktorer som bör beaktas vid konstruktion av en lagring – bärförmåga och livslängd, friktion, tillåtna varvtal, lagerglapp eller förspänning, smörjning, tätning m.m. – behandlas i senare avsnitt av katalogen med borten på sidan 26.

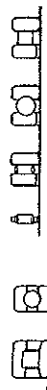
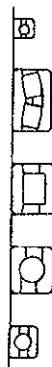
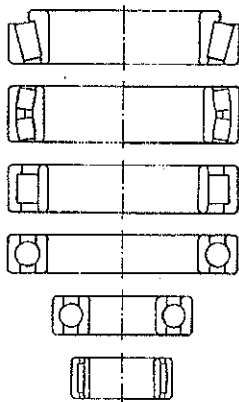
Tillgängligt utrymme

Ett av lagrets huvudmått – vanligtvis håldiametern – är ofta förutbestämt av inbyggnaden.

För små axeldiametrar kan alla typer av kullager användas, vanligtast är spårkullager. Även nålrullager kan vara lämpliga. För stora axeldiametrar används cylindriska, ståriska och koniska rullager liksom spårkullager.

När utrymmet är begränsat radiellt måste man välja lager med låg sektionshöjd, till exempel lager ur diameterserie 8 eller 9 (se avsnittet "Dimensioner", sidan 68). Särskilt kan nämnas nålrullkransar, nålrullbussningar och nålrullager utan (eller med) innering. Vissa serier av spårkullager och vinkelkontaktkullager, cylindriska och ståriska rullager liksom de lager som ingår i SKF-katalogen "Tunnsektionslager" är lämpliga.

När utrymmet är begränsat i axiell led kan vissa serier av enradiga cylindriska rullager och spårkullager användas för radiell och kombinerad belastning; för enbart axiell belastning kan axiálnålrullkransar, axiálnålrullager, vissa serier av axiálkullager och cylindriska axiálrullager användas.

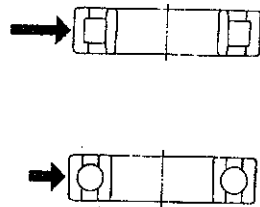


Val av lagertyp

Belastning

Belastningens storlek

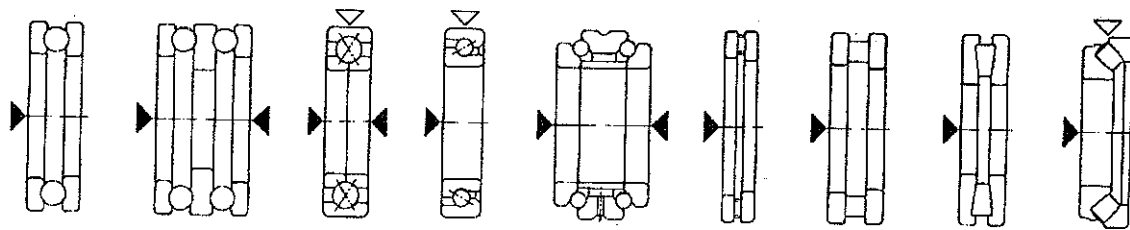
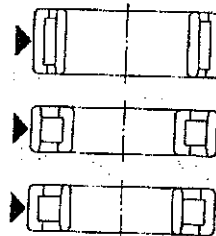
Detta är den faktor som i första hand är avgörande vid valet av lagerstorlek (se sidan 27). Generellt gäller att rullager kan belastas mer än kullager med samma ytermått, och lager med fullt antal rullkroppar (utan hållare) kan belastas mer än motsvarande med hållare. För små och medelstora belastningar används för det mesta kullager, medan rullager är vanligast för större belastningar och för stora axeldiametrar.



Belastningsriktning

Radiell belastning

Med undantag av cylindriska rullager med en ring utan flänsar (typ NU och N) och radialnålrullager, vilka är avsedda för endast radiell belastning, kan alla övriga radiallager överföra viss axiell belastning tillsammans med den radiella (se "Kombinerad belastning").



Axiell belastning
Axiellkullager och typpunktskontaktkullager är de mest lämpade lagertyperna för enbart axiella, lätta och medelstora belastningar. Enkelverkande axiellkullager kan endast överföra belastningar i en riktning; för belastningar som verkar i båda riktningarna krävs dubbelverkande lager. Vinkelkontaktkullager kan överföra medelstora belastningar vid höga varvtal; de enkelverkande kan även överföra samtidigt verkande radiell belastning, medan de dubbelverkande vanligtvis används för enbart axiell belastning. Lämpliga lager för medelstora och stora axiellbelastningar som verkar i en riktning är axialnålrullager, enkelverkande cylindriska och koniska axialrullager liksom sfäriska axialrullager, vilka även kan överföra radiell belastning. För stora varierande belastningar kan två cylindriska axialrullager eller två sfäriska axialrullager monteras bredvid varandra.

Kombinerad belastning

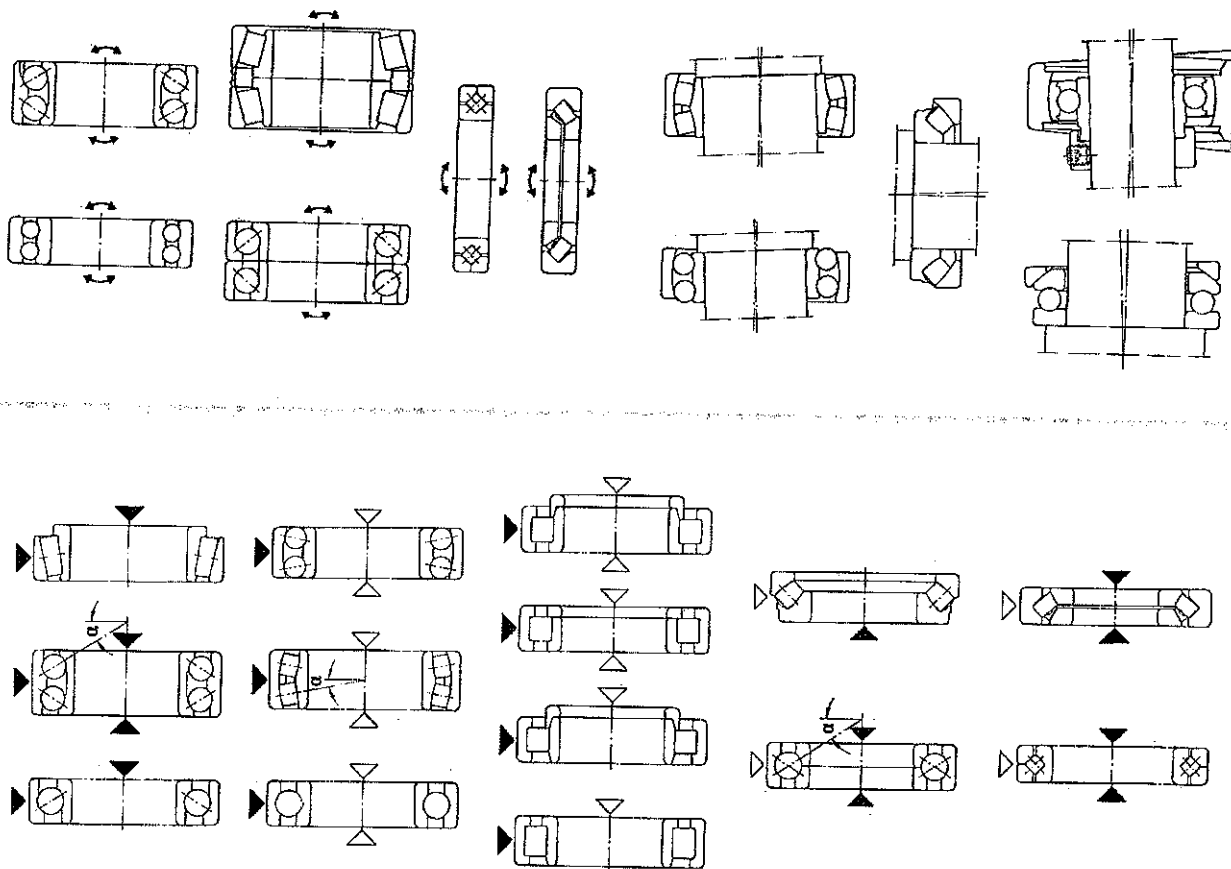
Med kombinerad belastning menar man samtidigt verkande radiell och axiell belastning.

Avgörande för ett lagers axiella bärförmåga är dess kontaktvinkel, α – ju större vinkel, desto bättre lämpar sig lagret för axiella belastningar. Ett värde på detta fås genom axialfaktor Y , vilken minskar med ökande kontaktvinkel. Värden på axialfaktor för ett lager eller en lagertyp återfinns i inledningstexten till vane tabellavsnitt eller i lagertabellerna. Den axiella bärförmågan hos spårkullager beror på lagerglappet (se avsnittet "Spårkullager" sidan 184).

För kombinerad belastning används vanligtvis en- och tvåradiga vinkelkontakt-kullager och enradiga koniska rullager. Även spårkullager och sfäriska rullager är lämpliga. Dessutom kan sfäriska kullager och cylindriska rullager typ NJ och NUP samt NJ och NU tillsammans med vinkelring HJ i viss utsträckning användas för kombinerad belastning (se avsnittet "Axiell dynamisk bärförmåga", inom avsnittet om cylindriska rullager, sidorna 337 och 379). Vid övervägande axiell belastning kan typpunktkontaktkullager, sfäriska axialrullager samt koniska eller cylindriska kryssrullager användas.

Enradiga vinkelkontaktkullager, koniska rullager, cylindriska rullager typ NJ och sfäriska axialrullager kan överföra axialbelastning endast i en riktning. Vid växlande lastriktning måste dessa lager byggas in tillsammans med ett andra lager. Enradiga vinkelkontaktkullager kan därför levereras i par, unversalparade eller färdiga par (se sidorna 286 och 586).

När den axiella delen av den kombinerade belastningen är stor kan den överföras oberoende av den radiella belastningen av ett andra lager. Förutom rena axiallager kan även vissa radiallager, t.ex. spårkullager eller typpunktkontaktkullager, användas för detta ändamål. För att dessa lager skall bli endast axiellt belastade måste de byggas in med ett radiellt spel i lagerhuset.



Momentbelastning
När belastningen verkar excentriskt på ett lager uppstår tippmoment. Tvåradiga lager, t.ex. spårkullager och vinkelkontakt-kullager, klarar tippmoment men parade vinkelkontaktkullager och koniska rullager i X-anordning eller ännu hellre i O-anordning är mer lämpade, liksom cylindriska och koniska kryssrullager.

Snedställning

Snedställning mellan axel och hus kan till exempel uppstå när axeln böjer ut under last, när lagerlägena inte har bearbetats i samma uppspanning eller när lagren är inbyggda i lagerhus placerade på separata underlag och med stort inbördes avstånd.

Utan tvång tillåter stela lager ingen eller mycket liten snedställning. Stälvinställande lager, dvs. sfäriska kullager, sfäriska rullager och sfäriska axialrullager, är däremot lämpade att klara snedställning som uppkommer vid belastning under drift. Dessa kan också kompensera för snedställning som orsakas av felaktigheter vid bearbetning eller montering. Värden för tillåten snedställning återfinns i inledningstexten till vane tabellavsnitt. Om den förväntade snedställningen överskrider de tillåtna värdena bör SKF konsulteras.

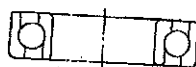
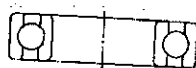
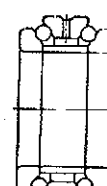
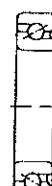
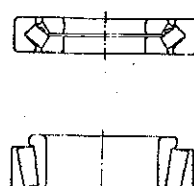
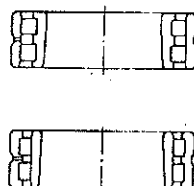
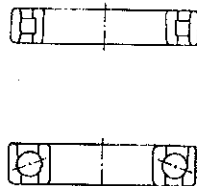
Axialkullager med sfärisk husbricka och underläggsbricka liksom Y-lager monterade i tillhörande lagerhus kan ställas in för att utlämna eventuell snedställning som uppkommit vid bearbetning eller montering.

Val av lagertyp

Noggrannhet

För lagringar där man kräver stor löpnoggrannhet, t.ex. arbetsspindlar i verktygsmaskiner, och där mycket höga varvtal förekommer, torrlas lager tillverkade med större precision än normalt.

Den inledande texten till varje tabellavsnitt visar i vilka toleransklasser som motsvarande lager tillverkas. Ett omfattande sortiment av lager för extra noggranna lagringar (enradiga vinkelkontaktkullager, en- och tvåradiga cylindriska rullager, enradiga koniska rullager, koniska kryssrullager samt enkel- och dubbelverkande vinkelkontaktaxialkullager) presenteras i SKF-katalogen "Precisionslager".



Varvtal

Ett rullningslagers varvtal begränsas av den tillåtna drifttemperaturen (se avsnittet "Varvtal", sidan 64). Lagertyper med låg friktion och därmed liten värmeutveckling är alltså de som klarar de högsta varvtalen.

Vid radiell belastning uppnås de högsta varvtalen med spårkullager och vid kombinerad belastning med vinkelkontaktkullager. Detta är särskilt märkbart för precisionslager med speciella hållare (se SKF-katalogen "Precisionslager").

Axiallager tillåter inte lika höga varvtal som radiallager.

Tystgång

I vissa inbyggnader, t.ex. små elektriska motorer för hushålls- och kontorsmaskiner, kan lagerljudet vara en viktig faktor och påverka valet av lager. Särskilda spårkullager tillverkas för denna typ av inbyggnader.

Styvhet

Den elastiska deformationen (fjädringen) i ett belastat rullningslager är mycket liten, varför man oftast kan bortse från den. Endast i vissa fall, t.ex. för arbetsspindlar i verktygsmaskiner eller pinnogglagringar, är lagrets styvhet av betydelse.

Rullager, t.ex. cviindriska eller koniska rullager, har på grund av kontaktförhållandena mellan rullkroppar och löpbanor större styvhet än kullager. Styvheten kan ökas ytterligare genom förspänning (se avsnittet "Förspänning av lager", sidan 131).

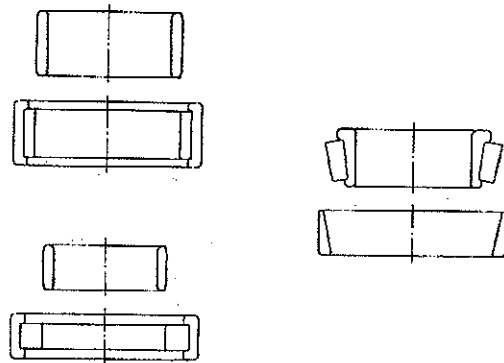
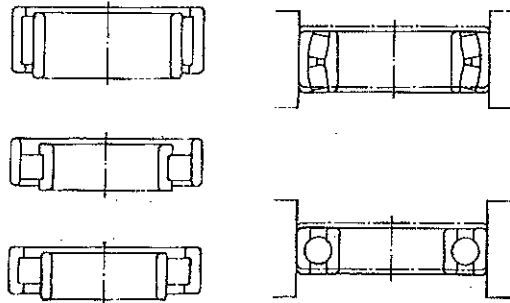
Axiell förskjutbarhet

Lagringen av en axel eller ett annat maskinelement består i allmänhet av ett styrlager och ett frigående lager (se avsnittet "Lagerarrangemang", sidan 98).

Styrlager ser till att lagringen får axiell styrning i båda riktningarna. Mest lämpliga för detta är de lager som kan överföra kombinerad belastning eller de som kan ge axiell styrning tillsammans med ett annat lager.

Frigående lager måste tillåta axiella rörelser så att inga extra spänningar uppstår, t.ex. som resultat av axelns värmeutvidgning. De mest lämpade lagren för detta är nårlager och cylindriska rullager med en ring utan flänsar (typ NU och N); typ NJ kan också användas liksom vissa utföranden av cylindriska fullrullager. Dessa lager tillåter axiell förskjutning av rullarna i förhållande till den ena löpbanan, vilket betyder att både inner- och ytterring kan monteras med fast passning. Värden för tillåten axiell förskjutning anges i lagertabellerna.

Om självsammanhållande lager (t.ex. spårkullager eller sfäriska rullager) skall användas som frigående lager måste en av lagrets båda ringar monteras med lös passning (se avsnittet "Lagrens radiella fäst sättning", sidan 100).

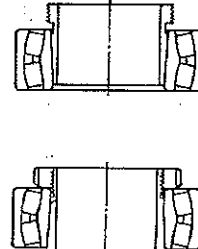
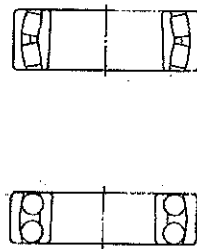
**Montering och demontering**

Lager med cylindriskt hål

Isärtagbara lager, t.ex. nårlager, cylindriska och koniska rullager, är lättare att montera än självsammanhållande lager, t.ex. spårkullager, sfäriska kullager, vinkelkontaktkullager och sfäriska rullager, särskilt om båda ringarna skall monteras med fast passning. Innerringarna kan nämligen monteras oberoende av ytterringarna. De är också att föredra om montering och demontering skall ske ofta.

Lager med koniskt hål

En enkel montering och demontering får man också med lager med koniskt hål på konisk säte eller på cylindriskt säte med kläm- eller avdragshylsa (se avsnittet "Montering och demontering", sidan 163).



Val av lagertyp

Den här matrisen är endast avsedd som en enkel ledtråd vid val av lagertyp. I varje enskilt fall bör dessutom en mer kvalificerad bedömning göras med ledning av uppgifterna på föregående sidor eller den inledande texten till varje tabellavsnitt. Om flera utbudanden av en lagertyp visas med två varanta så anges dessa och motsvarande information i tabellen med samma små bokstäver.

Symboler:

+	+ +		mindre god
+	+ +	- -	utmärkt
+	+ +	- -	bra
+	+ +	↑	glämplig
		↑	enkelverkan
		↕	dubbelverkan

Lagertyp - utförande och egenskaper			
Utförande			
Lagertyp	skivspårskivor eller skivspårskivor	skivspårskivor	skivspårskivor
Spårkullager			
Stålska kullager			
Vinkelkontaktkullager			
(O-anslutning)			
Fyrpunktskontaktkullager			
Cylindriska rullager			
Cylindriska fullrullager			
Nålullager			
Stålska rullager			
Koniska rullager			
(X-anslutning)			
Axialkullager			
Cylindriska axialrullager			
Axialnålullager			
Stålska axialrullager			

[illegible]

Val av lagerstorlek med hjälp av livslängdsformlerna

Lagerlivslängden kan beräknas med varierande grad av noggrannhet, beroende på hur noggrant man kan definiera driftsförhållandena.

Formel för nominell livslängd

Det enklaste sättet att beräkna livslängden är att använda ISOs formel för nominell livslängd:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \text{ eller } \frac{C}{P} = L_{10}^{1/p}$$

där

L_{10} = nominell livslängd, miljoner varv

C = dynamiskt bärighetstal, N

P = ekvivalent dynamisk lagerbelastning (se sidan 49), N

p = exponent

$p = 3$ för kullager

$p = 10/3$ för rullager

Sammanhörande värden på förhållandet C/P och livslängden L_{10} kan avläsas i nomogrammet på motsäende sida eller i tabell 1.

För ett lager som arbetar vid konstant varvtal är det ofta lämpligare att räkna med den nominella livslängden i driftstimar enligt formeln:

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60\,n} \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

eller

$$L_{10h} = \frac{1\,000\,000}{60\,n} L_{10}$$

där

L_{10h} = nominell livslängd i driftstimar, h
 n = varvtal (varv/revbens), r/min

Värden på L_{10} som funktion av förhållandet C/P och varvtalet n kan avläsas i nomogrammet på motsäende sida eller i tabell 2 för kullager och tabell 3 för rullager.

Nomogram för livslängdsberäkning

