

# Maintenance Digest

## 'Lubricated-for-life' kogellager loopt gesmeerd

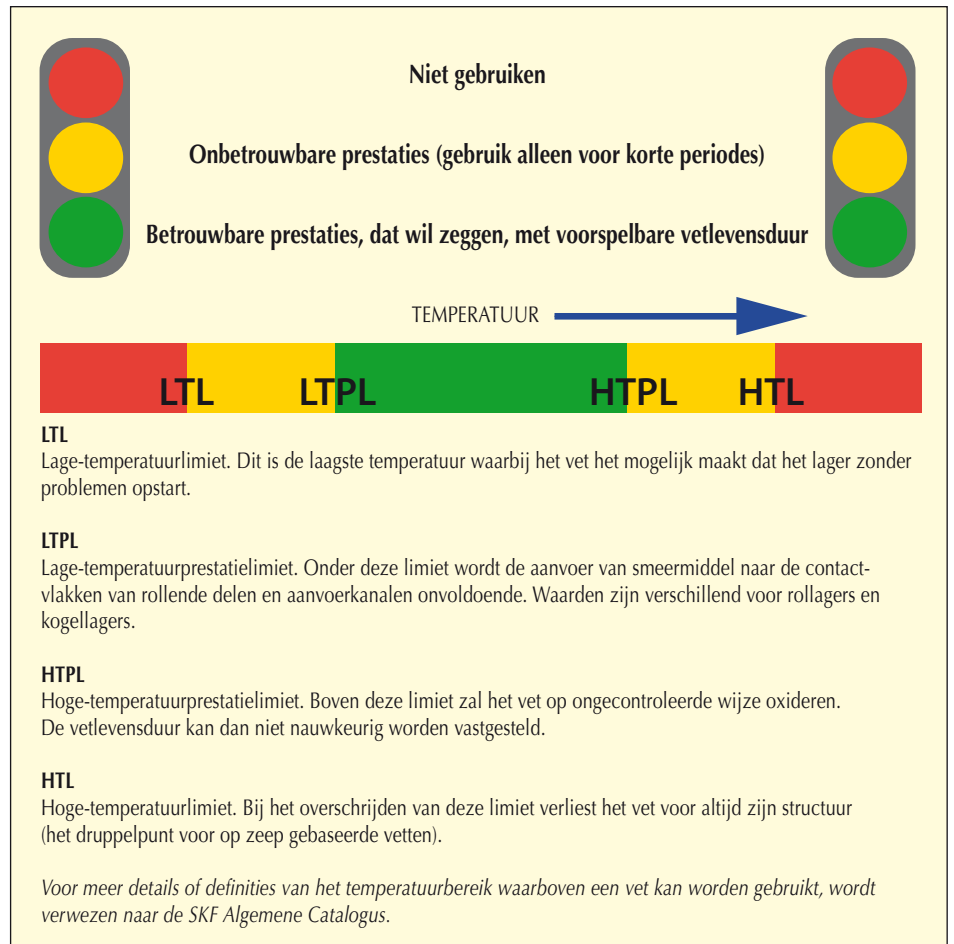
In vele lagertoepassingen met vetsmering is de levensduur van het vet zodanig dat vet toevoegen tijdens het werkzame leven van het lager achterwege kan blijven. SKF heeft gesmeerde lagers en lagereenheden met geïntegreerde afdichtingen of beschermingen voor onderhoudsvrij bedrijf uiteraard in het programma. Met een nieuwe grafiek is het mogelijk om betere inschattingen van de vetlevensduur te maken voor 'lubricated-for-life' kogellagers. In de nieuwe grafiek zijn bedrijfstemperatuur en vetsoort opgenomen.

**Ben Huiskamp, SKF Engineering and Research Centre (ERC)**

Om te kunnen beoordelen of een onderhoudsvrije oplossing mogelijk is, wordt de vetlevensduur ingeschat aan de hand van bedrijfsparameters. De belangrijkste factoren die de vetlevensduur bepalen zijn het soort lager en de afmetingen, de snelheid, de bedrijfstemperatuur, de vetsoort en de lageromgeving. In principe kan met het nasmeer-intervalldiagram uit de SKF Algemene Catalogus de vetlevensduur voor 'lubricated-for-life' lagers worden ingeschat, maar de uitkomst kan enigszins behoudend zijn. De berekeningen en bijbehorende beperkingen in de smeersectie van deze catalogus richten zich vooral op toepassingen met lagers die worden nagesmeerd. Gedetailleerdere berekeningen – bijvoorbeeld voor 'lubricated-for-life' lagers die over de 30.000 uur heen gaan en het gebruik van speciaal smeervet en ongebruikelijke bedrijfstemperaturen – zijn daar niet in opgenomen.

### Vetlevensduur

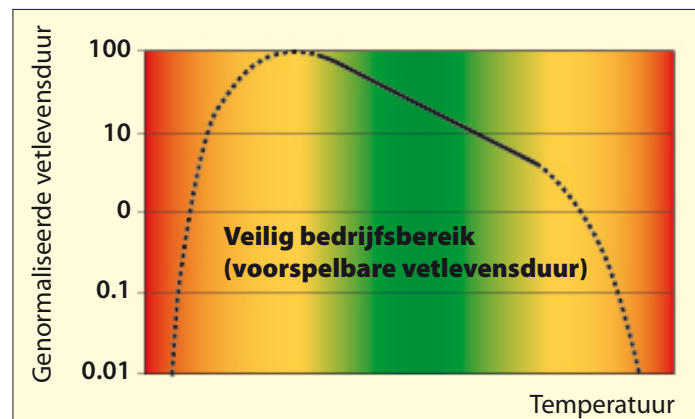
De huidige rekenmiddelen voor vetlevensduur zijn voornamelijk gebaseerd op empirische modellen. Maar veel grafieken vertonen allerlei vertekeningen, die waarschijnlijk worden veroorzaakt door onvoldoende onderscheid tussen normale en buitengewone gegevens die zijn gebruikt om de curve op te stellen. Door beschikbare gegevens uit het veld te analyseren en



**Afbeelding 1.** Het 'verkeerslichtconcept'.

testen van de vetlevensduur in laboratoria, hebben SKF engineers meer inzicht gekregen in de factoren die de vetlevensduur bepalen en hebben zij bestaande modellen

kunnen verbeteren. Een belangrijke stap was het herkennen van verschillende mechanismen bij het uitvallen van een vet als een functie van de bedrijfstemperatuur.



**Afbeelding 2.** Buiten de groene zone, onder LTPL of boven HTPL, gaat de vetlevensduur relatief snel achteruit vanwege afwijkende uitvalmechanismen.

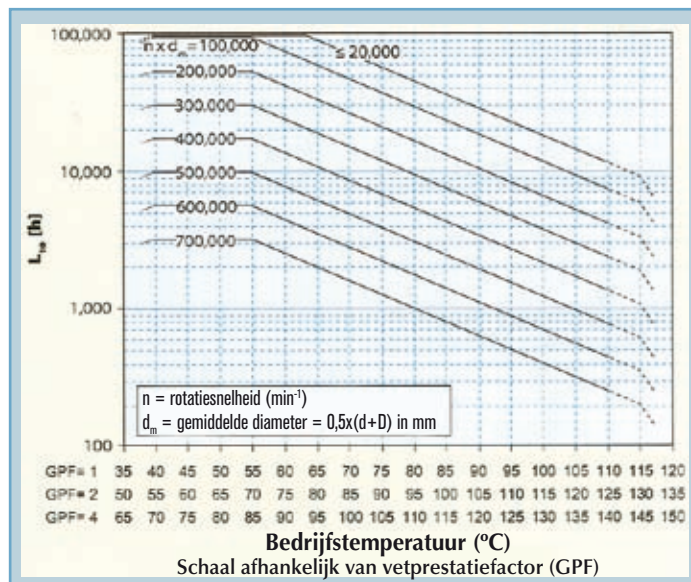
## ‘Verkeerslicht’

Dit heeft geleid tot het formuleren van het ‘verkeerslichtconcept’ dat in de SKF Algemene Catalogus is gepubliceerd (afbeelding 1). Door het identificeren van de lage-temperatuurprestatielimiet (LTPL) en de hoge-temperatuurprestatielimiet (HTPL) kan een temperatuurbereik worden gedefinieerd, waarin vet betrouwbaar zal functioneren en de vetlevensduur nauwkeurig kan worden bepaald: de groene zone. Voor deze groene zone kunnen betere correlaties worden afgeleid voor de belangrijkste vetlevensduurparameters, die een soort vergelijking van Arrhenius vormen die typisch is voor een chemische reactiesnelheid als een functie van temperatuur. Afbeelding 2 is een schematische voorstelling van het voorspelbare gedrag van vetlevensduur in de groene zone. Lagertoepassingen die buiten de groene zone opereren, moeten worden gezien als uitzonderingen, omdat de mechanismen voor vetproblemen abnormaal zijn (complexer, met een grotere variatie) en moeilijker te voorspellen.

## Herzien

Ook voor de snelheidsparameter  $A = n \times d_m$ , waarbij  $n$  de rotatiesnelheid in t/min en  $d_m$  de gemiddelde middellijn van het lager is, zijn de bestaande gegevens voor de vetlevensduur herzien. Boven een bepaalde snelheid geven conventionele vetten in een vroeg stadium problemen, terwijl moderne, speciaal ontworpen vetten tot veel hogere snelheden nog een normaal uitvalmechanisme kunnen hebben. Beperkingen van de snelheid moeten niet leiden tot vervormingen van de curves in een algemeen model, maar moeten per individuele vetsoort worden gedefinieerd.

Ten slotte is het effect van de belasting op vetlevensduur geïntroduceerd als een aparte correctiefactor. Bij lage belastingen (levensduurfactor  $C/P \geq 15$ ) is de vetlevensduur onafhankelijk van de belasting, maar bij hogere belastingen ( $C/P < 15$ ) is een correctiefactor noodzakelijk. In sommige oudere modellen werden grotere lagers waarschijnlijk veel behoudender behandeld, omdat deze meestal betrokken waren bij toepassingen met relatief hoge belastingen. Deze analyse heeft geleid tot het verbeterde nasmeer-intervalldiagram in de SKF Algemene Catalogus 6000, voor bedrijfstemperaturen van 70 °C en bij gebruik van een goede kwaliteit vet met minerale olie en lithium-verdikkingsmiddel. Aanbevelingen voor correctie van de verouderingssnelheid bij afwijkende temperaturen worden



**Afbeelding 3.** De vetlevensduur in lubricated-for-life radiale kogellagers, die werken bij lage belastingen ( $C/P \geq 15$ ).  $L_{10}$  als functie van  $n \times d_m$ , temperatuur en vetsoort (GPF is respectievelijk 1, 2, 4.)

apart gegeven, evenals de beperkingen voor deze berekeningen.

## Vetlevensduur

De rekenformules achter dit nasmeerintervaldiagram zijn ook gebruikt voor de ontwikkeling van de speciale grafiek voor de ‘lubricated-for-life’ lagers. Aanbevelingen voor vetlevensduur zijn altijd gebaseerd op statistische regels. De SKF nasmeerintervallen zijn gedefinieerd als de periode aan het eind waarvan 99% van de lagers nog betrouwbaar is gesmeerd. Dit is de  $L_{01}$ -vetlevensduur. Voor ‘lubricated-for-life’ lagers definiëren we de vetlevensduur bij voorkeur  $L_{10}$ , wat overeenkomt met definities voor lagersvermoeiing. Voor een typische spreiding van de vetlevensduur is de correlatie tussen  $L_{01}$  en  $L_{10}$ :  $L_{10} \approx 2,7 L_{01}$ .

Voor nasmeren raadt SKF intervallen van meer dan 30.000 uur (~3½ jaar) af, maar er is geen reden om deze limiet aan te houden voor de inschatting van de vetlevensduur voor ‘lubricated-for-life’ lagers. In werkelijkheid gaan vele voorgesmeerde en afgedichte lagers in eenvoudige toepassingen veel langer mee dan voorspeld met de bestaande hulpmiddelen. Omdat meer zekerheid bestaat over ‘lubricated-for-life’ kogellagers – gevuld door SKF met een vet van bekende kwaliteit met de juiste reinheid en optimale vulhoeveelheid – is het terecht om een beter hulpmiddel te hebben voor de berekening van de vetlevensduur.

## Nieuwe grafiek

In de nieuwe grafiek (afbeelding 3) voor ‘lubricated-for-life’ groefkogellagers – die gebruikmaakt van hetzelfde model als de nasmeergrafiek – kan de vetlevensduur  $L_{10}$  direct worden afgelezen als functie van de snelheidsparameter  $A$ , bedrijfstempera-

tuur en vetsoort. Tussen de verschillende vetten wordt een onderscheid gemaakt met behulp van de vetprestatiefactor GPF (Grease Performance Factor), die voor drie verschillende GPF-waarden (GPF = 1, 2 of 4) resulteert in een andere horizontale temperatuurschaal in de grafiek.

**Tabel 1.**

GPF	Achtervoegsels vet	Maximum A (= $n \times d_m$ )
GPF = 1	MT of geen	500.000
GPF = 1	LT20, LT	700.000
GPF = 2	HT22, GJN, LHT23, HT	500.000
GPF = 4	GWb, WT	700.000

**Tabel 1.** Specificatie van de vetprestatiefactoren GPF voor SKF lagers die af fabriek zijn gevuld.

In tabel 1 staan de GPF-waarden voor vetten die in de fabriek door SKF worden gevuld, met de snelheidsbeperkingen voor de levensduurberekening voor elk van deze vetten. De aanpassing voor temperatuur gaat volgens dezelfde procedure zoals uitgelegd in de SKF Algemene Catalogus voor het nasmeerinterval. In de vorm van curven is het interval te zien waar de veroudering van het vet de regel volgt van een factor 2 voor elke 15 °C toename (hellend deel) en een horizontaal gedeelte bij de lagere temperaturen. De doorgetrokken delen van de curven liggen in de groene zone, afgebakend door de LTPL en HTPL. Buiten de groene zone, onder LTPL of boven HTPL (de gestippelde lijnen in afbeelding 2 en 3) gaat de vetlevensduur snel achteruit, door afwijkende uitvalmechanismen. In deze temperatuurgebieden is het niet mogelijk om een nauwkeurige voorspelling te maken voor de vetlevensduur op basis van het algemene model.

## GPF

De grafiek helpt bij het kiezen van een vet met de optimale GPF-waarde. Een hogere GPF betekent niet altijd een verbetering. In een afgedicht groefkogellager dat werkt bij  $n \times d_{\text{m}} = 300.000$  en  $55^\circ\text{C}$  is een vet met GPF = 1 de beste oplossing, waarbij  $L_{10} = 30.000$  uur. Voor GPF = 2 is de geschatte levensduur identiek, maar een vet met GPF = 4 is niet aan te raden vanwege een kortere levensduur.

**Tabel 2.**

Belasting als C/P	Geschatte factor
>= 15	1,0
10	0,7
8	0,5
4	0,2

**Tabel 2.** Correctiefactor voor een hogere belasting.

In een 6302-2Z groefkogellager met beschermplaatje dat werkt bij 15.000 tpm ( $A = 428.000$ ), bij  $C/P = 8$  en  $90^\circ\text{C}$ , wordt de  $L_{10}$  geschat op 1500 uur voor een vet met GPF=1 (inclusief een correctiefactor van 0,5 voor de belasting (tabel 2)). Een vet met GPF=2 zou een vetlevensduur opleveren van  $L_{10} \approx 3000$  uur. Deze toename is echter maar een gedeeltelijk voordeel, omdat de schatting voor de lagervermoeiing in deze omstandigheden  $L_{10} \approx 2100$  uur is (berekend met de SKF nominale levensduurmethode). De toepassing van een vet met een hogere GPF is vaak duurder, dus de extra kosten

moeten wel kunnen worden gerechtvaardigd.

De visualisatie van het effect van temperatuur op de vetlevensduur in de nieuwe grafiek is zeer bruikbaar bij het ontwerpen van een lagertoepassing. In die gevallen waar de vetlevensduur de bottleneck is voor de levensduur van het systeem vanwege interne warmteontwikkeling is het de moeite waard om ontwerpverbeteringen te overwegen die zich richten op een betere warmteoverdracht en dus een lagere bedrijfstemperatuur van het lager. De keuze van een vet met een hogere GPF-waarde kan dan mogelijk worden vermeden, wat een positief effect op de kosten kan hebben.

## Minimale waarde

De waarde die met behulp van de grafiek wordt bepaald, is de minimale vetlevensduur ( $L_{10}$ ) die kan worden behaald met SKF lubricated-for-life groefkogellagers wanneer ze worden gebruikt onder optimale bedrijfsomstandigheden met roterende binnenring bij lage belastingen. Deze basislijn is representatief voor lagers met stalen kooien en metalen beschermplaatjes (2Z lagers). Voor speciale lageruitvoeringen is het mogelijk om onder bepaalde omstandigheden een langere levensduur te krijgen, bijvoorbeeld bij speciale kooien, geavanceerde afdichtsystemen (2RS1, 2RSL, 2RZ, enzovoort), keramische componenten enzovoort. De grafiek kan ook worden gebruikt als een basislijn voor andere afgedichte radiale kogellagers zoals

hoekcontactkogellagers en zelfinstellende kogellagers.

## Correctiefactor

Bij grotere belastingen ( $C/P < 15$ ) moet de levensduur worden bijgesteld met een factor zoals gespecificeerd in tabel 2. Voor meer nadelige bedrijfsomstandigheden, zoals verticale assen, trillingen enzovoort, worden correctiefactoren genoemd in de smeersectie in de SKF Algemene Catalogus. Levensduurberekeningen voor bijzondere vetten – bijvoorbeeld met siliconen of gefluoreerde ingrediënten – kunnen niet worden gemaakt met de nieuwe grafieken, omdat de veroudering van dergelijke vetten andere regels volgt.

## Lube Select

De berekeningen voor de vetlevensduur in het interactieve SKF hulpmiddel LubeSelect ([www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com)) volgen dezelfde regels als in de nieuwe SKF grafieken die we hier beschrijven. De geldigheid van de nieuwe grafiek en de GPF-waarden voor de standaard vetten die in tabel 1 staan, wordt gestaafd door uitgebreide testen van de vetlevensduur in het SKF Engineering & Research Centre in Nieuwegein.

 [www.skf.nl](http://www.skf.nl)

 [www.apitudexchange.com](http://www.apitudexchange.com)

## Compacte kraan

De Reedyk Compactkraan is een van de drie genomineerde inzendingen voor de Industrial Maintenance Innovation Award 2007. De CE- en TÜV-gekeurde kraan is speciaal ontwikkeld voor het uitvoeren van verticale hijswerkzaamheden met een nauwkeurigheid van 1 mm in kleine ruimtes vanaf 3x2 meter of voor horizontaal transport. Het plaatsen van uitgebreide hulpconstructies om te takelen of te tillen of het huren van een kostbare telescoopkraan voor het hijsen van een relatief klein onderdeel behoren met de komst van de Compactkraan definitief tot het verleden. De elektro-hydraulisch aangedreven kraan, die leverbaar is in een 5 en 10 ton meter uitvoering, is uitgevoerd met een diesgenerator en elektromotor voor gebruik buiten en in pandig bedrijf. Het eigen gewicht van de beide modellen bedraagt 2850 respectievelijk 5500 kg. Een

BE-rijbewijs volstaat dus voor het vervoer. Doordat de machine is uitgevoerd met een rupsonderstel is deze soepel te verplaatsen, en bovendien kan de machine op de plaats keren. Met zijn compacte bouw kan deze kraan in ingeklapte toestand onder een manshoge loopdeur van 205 cm door. Nadat de stempels zijn gepositioneerd op de gewenste plaats zijn alle kraanfuncties gedoseerd te bedienen met behulp van een radiografische afstandbediening. Voor de besturing van deze Compactkraan is uit het oogpunt van veiligheid gekozen voor een PLC met lastmoment-beveiliging waarop tijdens bedrijf voortdurend het gewicht van de hijslast kan worden afgelezen. Interessant is verder dat deze flexibele kraan in 10 minuten bedrijfsklaar kan worden opgesteld. Zo kunnen gebruikers tot 80 procent tijd besparen. In geval van storing kan door middel van GPS-/GSM-techniek op afstand



het probleem worden gelokaliseerd. Tevens kan worden nagegaan waar de machine zich bevindt en op welke manier het werk wordt uitgevoerd. De volledige gebruiks- en storingshistorie wordt opgeslagen in een logboek. Voor het bedienen van de Compactkraan, is geen speciale cursus nodig.

 [www.reedyk.eu](http://www.reedyk.eu)

 +31 (0)186 57 20 44