

Brandstof, Remvloeistof, Smeer- en Koelmiddelen (5)

E. Gernaat (ISBN 978-90-79302-07-9)

1 Oliesmering

1.1 Algemeen

Smering is het verminderen van wrijving en slijtage door het aanbrengen van een smeermiddel tussen twee langs elkaar bewegende oppervlakken. Het smeermiddel is vaak een smeerolie of een vet, maar kan ook een vaste stof zijn als grafiet en in sommige gevallen een gas (lucht). Als belangrijkste taken van de smeerolie kunnen worden genoemd:

- het vermijden van contact tussen de bewegende delen;
- het smeren van het inwendige van de motor (verminderen van de wrijving);
- het afvoeren van warmte afkomstig van het verbrandingsproces (koelen van de motor);
- het beschermen tegen corrosie;
- het opnemen en afvoeren van verbrandingsresten en slijtagedeeltjes (schoonhouden);
- het afdichten van keerringen, zuigerveren en klepgeleiders;
- het dempen van het geluid.

1.2 Vormen van smering

Er worden verschillende (smeer)situaties onderscheiden (fig. 1 en fig. 2)

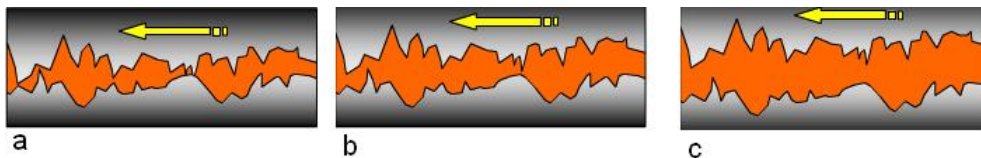
- droge wrijving (in aanloop naar smering);
- grenssmering;
- gemengde smering;
- volkomen smering.

1.2.1 Grenssmering (fig. 2a)

Bij grenssmering treedt veelvuldig contact op tussen de beide loopvlakken. Wrijving en slijtage zullen hoog zijn omdat de scheiding van de metaalvlakken slecht is. Wanneer de smeerfilm dikker is zal de afstand tussen de loopvlakken worden vergroot, contact vindt nog wel plaats, maar niet meer zo frequent.



Figuur 1: Bij stilstand van de glijlagers is er metaal op metaal contact. Door de grote wrijving (μ groter dan 0,3) is er ook sprake van grote slijtage. Stukjes metaal kunnen afbreken (a).



Figuur 2: a) grenssmering, de metaaltoppen raken elkaar constant. b) gemengde smering, de metaaltoppen raken elkaar licht. c) volkomen smering, de olielag scheidt de metaaldelen volledig (tek. tribolox).

1.2.2 Gemengde smering (fig. 2b)

Bij gemengde smering treedt nog steeds contact op, zowel de wrijving als slijtage zullen nog hoog zijn, zij het in mindere mate dan bij grenssmering.

1.2.3 Volkomen smering of vollefilm-smering (fig. 2c)

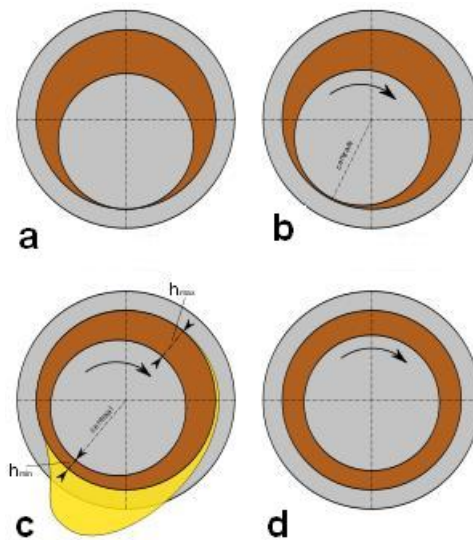
Bij technische constructies wordt vollefilm-smering nagestreefd, omdat er dan geen slijtage optreedt en de wrijving bepaald wordt door de cohesie tussen de oliemoleculen. Hierdoor zal er ook weinig wrijvingswarmte ontstaan. De wrijvingscoëfficiënt μ bedraagt 0,005 tot 0,001.

1.3 Opbouw van de smeerfilm

Er kan wat betreft de opbouw van de smeerfilm bij (glij)lagers onderscheid gemaakt worden tussen:

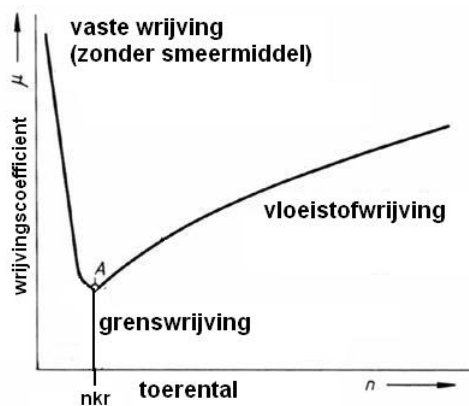
- hydrodynamische smering;
- hydrostatische smering.

Bij hydrodynamische smering zijn de twee oppervlakken volledig van elkaar gescheiden door een smeerfilm. De hiervoor benodigde druk wordt opgebracht door de beweging van de oppervlakte die de smeerolie meeneemt. Dit lukt alleen als er snelheidsverschil is en de speling tussen de oppervlaktes niet te groot is (fig. 3). Ook speelt de viscositeit (dikte) van het smeermiddel een rol. Het be-



Figuur 3: Opbouw van hydrodynamische smering. a) metaal op metaal. b) as begint te draaien, grenssmering, oliefilm wordt opgebouwd. c) volkomen smering, drukopbouw door rotatie. d) volkomen smering, as op toeren (tek. Wikipedia).

schreven proces van de hydrodynamische smering wordt ook voorgesteld door het zgn. Stribeck diagram (fig. 4). Als hydrodynamische smering niet bereikt



Figuur 4: Het Stribeck diagram geeft het verloop van de wrijving weer als functie van het toerental.

wordt kan (soms) hydrostatische smering worden toegepast om een volledige smeerfilm te verkrijgen. Hierbij wordt de vereiste druk opgebracht door een oliepomp.

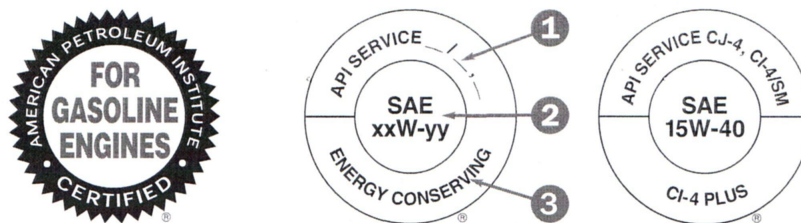
1.4 Additieven

Additieven (dopes) zijn stoffen die aan de motorolie worden toegevoegd om de eigenschappen van de olie te verbeteren. Zo zijn er bijv. additieven die corrosie tegengaan en de viscositeit verbeteren. Additieven moeten op elkaar en op de olie worden afgestemd. De juiste additieven zijn enorm belangrijk in een olie en bepalen in grote mate de kwaliteit.

1.5 Kwaliteit van motorolie

1.5.1 API

De kwaliteit van motorolie wordt aangeduid door internationale normen als API en ACEA. Ook stellen de autofabrikanten eigen aanvullende normen of hebben merken als bijv. General Motors (GM) hun eigen kwaliteitsaanduiding. API staat voor: American Petroleum Institute. Dit is een Amerikaans instituut, dat de kwaliteit van oliën beoordeelt (zie fig. 5). API maakt onderscheid tussen



Figuur 5: Links: API-logo, midden: API service symbool: 1) kwalificatie niveau 2) viscositeitsgraad 3) energie besparend, rechts: APR service symbool CI-4 PLUS

benzinemotoren en dieselmotoren.

- benzinemotoren worden aangeduid met de letter S;
- dieselmotoren worden aangeduid met de letter C.

Met een tweede letter wordt het kwaliteitsniveau aangegeven. Met enkele uitzonderingen geldt: hoe verder in het alfabet, hoe beter de kwaliteit. Op dit moment is:

- de hoogste API-kwaliteit voor benzinemotoren: SM;
- de hoogste API-kwaliteit voor dieselmotoren: CJ-4.

Veelgebruikte API-kwaliteiten zijn:

- CH-4 t/m CJ-4 voor diesels;
- SJ (voor 2001) en SL en SM voor benzinemotoren.

Overzicht:

- SA, verouderd. Bevat geen additieven. Niet geschikt voor motoren na 1930.
- SB, verouderd. Niet geschikt voor motoren na 1951

- SC, verouderd. Niet geschikt voor motoren na 1967
- SD, verouderd. Niet geschikt voor motoren na 1971
- SE, verouderd. Niet geschikt voor motoren na 1979
- SF, verouderd. Geschikt voor motoren van 1988 en ouder.
- SG, verouderd. Geschikt voor motoren van 1993 en ouder
- SH, verouderd. Olie te gebruiken voor 1996 en oudere benzinemotoren.
- SJ, in gebruik. Voor 2001 en oudere voertuigen
- SL, in gebruik. Voor 2004 en oudere voertuigen
- SM, geschikt voor alle auto-motoren. Geïntroduceerd in 2004.

SM-oliën hebben een betere weerstand tegen oxidatie, geven een betere bescherming tegen afzetting, geven betere bescherming tegen slijtage en hebben betere eigenschappen bij lage temperaturen.

1.5.2 ACEA

ACEA is een Europese normering en staat voor: Association des Constructeurs Européens d'Automobile (Vereniging van Europese Automobielen Fabrikanten). De kwaliteitsaanduiding van de ACEA bestaat uit een letter, met daarachter een cijfer. ACEA maakt onderscheid tussen:

- benzinemotoren (A), lichte dieselmotoren (B) of in combinatie A/B;
- benzine- en dieselmotoren met een partikel(roet)filter. Low SAPS en Euro 4 en 5 (C);
- zware dieselmotoren (E).

Verdere specificatie vindt plaats met een cijfer achter de letter. Bijv. een motorolie kan de specificatie A5/B5, C4 of E9 hebben. Een C2 olie bijv. stelt een brandstofbesparing van minimaal 2% als eis, terwijl een C4 olie daar geen eisen aan stelt. Op dit moment is:

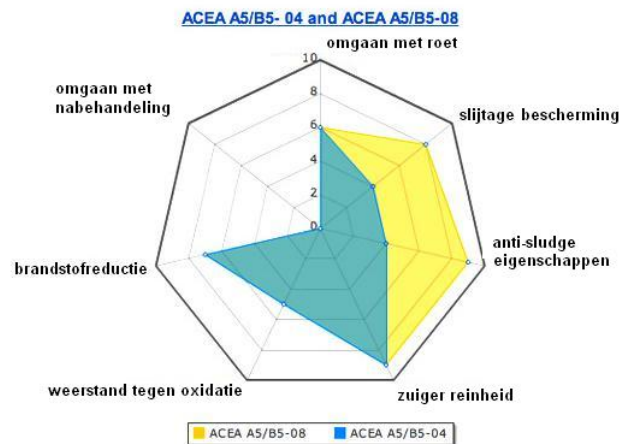
- de hoogste ACEA-specificatie voor benzine- en lichte dieselmotoren A5/B5;
- de hoogste ACEA-specificatie voor dieselmotoren C4;
- de hoogste ACEA-specificatie voor zware dieselmotoren E9.

Fig. 6 geeft een grafische vergelijking van een verbeterde oliesoort.

1.5.3 Vermindering van de kwaliteit

Factoren die de kwaliteit van de olie verminderen tijdens gebruik zijn:

- veel verbrandingsproducten;
- slechte staat van onderhoud;
- ongunstige bedrijfsomstandigheden;
- onvoldoende olie in het carter;



Figuur 6: De vergelijking van de ACEA A5/B5-08 kwaliteit met de A5/B5-04 kwaliteit. 10 = maximale verbetering.

1.6 Viscositeit en viscositeitsindex van olie

SAE (Society of Automotive Engineers) is het internationale instituut dat de norm voor de motorolie-viscositeit heeft vastgelegd. Onder de viscositeit wordt de mate van vloeibaarheid van de olie verstaan. Olie met een hoge viscositeit is dikke olie. Deze olie is geschikt voor:

- hoge belasting bij lage toeren;
- hoge temperaturen.

Dikke olie geeft ook minder lekkage langs keerringen, klepgeleiders en zuigerveren.

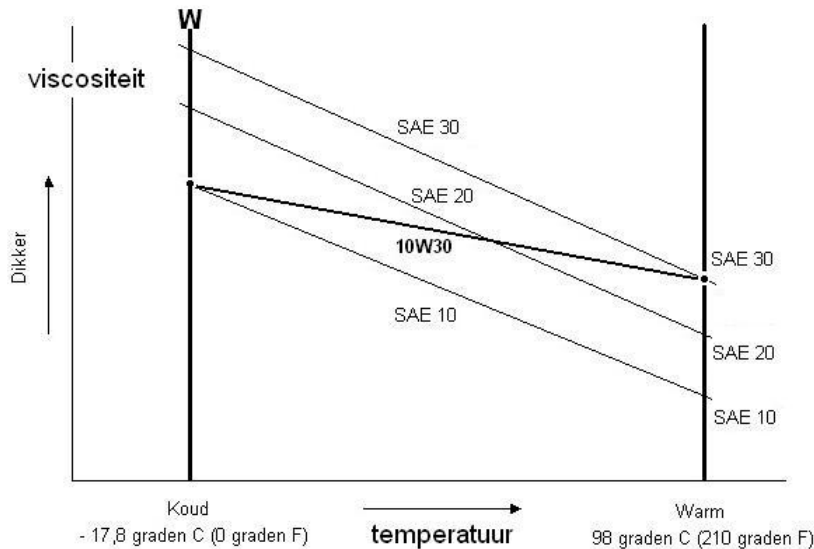
Olie met een lage viscositeit is dunne olie. Deze is geschikt voor:

- hoge toeren, hoge snelheid;
- lagere temperaturen.

Dunne olie geeft een lagere wrijvingsweerstand.

De viscositeitklassen geven alleen de dikte van een olie bij een zekere temperatuur aan en zeggen niets over de kwaliteit van een olie. De kwaliteit wordt zoals eerder opgemerkt, aangegeven met API, ACEA of soms het Japanse JASO. De SAE-classificatie beslaat een aantal viscositeitsgebieden die worden aangegeven met een getal. Voor motoroliën worden de getallen 5, 10, 15, 20, 30, 40 en 50 gebruikt. Wordt aan deze getallen de letter W (winter) toegevoegd, dan heeft de desbetreffende olie een vastgestelde maximum viscositeit bij 0°F ($-17,8^{\circ}\text{C}$). In het andere geval is vastgesteld wat de minimum viscositeit bij 210°F (98°C) is. Met behulp van een grafiek kan men laten zien, hoe een olie b.v. SAE 10 zich bij verschillende temperaturen gedraagt. Het is echter ook mogelijk een olie te ontwikkelen, waarvan de viscositeitslijnen tussen twee SAE-gebieden lopen. Een dergelijke olie voldoet aan twee SAE-classificaties, bijv. SAE 10W

en SAE 30. Men noemt zo'n olie een multigrade olie (bijv. SAE 10W30). Zie hiervoor fig. 7. Voldoet een olie aan één SAE classificatie, dan spreekt men van een single grade olie. Singlegrade oliën worden echter voor het gewone gebruik nauwelijks meer toegepast. Op de olieverpakkingen staat de viscositeit



Figuur 7: Grafische voorstelling van een multigrade olie. De 10W30 olie voldoet koud aan een 10(W) olie en warm aan een 30 olie.

van multigrade-oliën aangegeven, bijv. 15W30. Met deze aanduiding wordt dus aangegeven hoe de vloeibaarheid is bij hoge en lage temperatuur. Hoe groter het verschil hoe minder de viscositeit van de olie verandert onder invloed van temperatuur. Men spreekt ook wel van de viscositeitsindex. Een olie met een grotere viscositeitsindex verdikt minder bij lage temperatuur en verdunt minder bij hoge temperatuur dan een olie met een lage viscositeitindex. Een hoge viscositeit en een grote viscositeitindex zijn dus verschillende zaken. Bij de viscositeitindex draait het om het bereik en niet om de hoogste waarde. 5W50 olie heeft dus een grotere viscositeitindex dan 20W50. Daarbij is 5W50 bij lagere (motor)temperaturen een dunnere olie dan 20W50.

1.6.1 Bepaling van de viscositeitsindex

In de twintiger jaren ontdekten twee Amerikaanse onderzoekers, Dean en Davis, dat de viscositeit van de ene minerale olie bij een bepaalde temperatuurstijging sneller verminderde dan de viscositeit van een andere olie. Dit verschijnsel hing o.a. samen met de herkomst van de olie. Hierdoor ontstond de behoefte om de invloed van de temperatuur op de viscositeit van een bepaalde olie uit te drukken in een getal. Nadat een groot aantal minerale oliën op deze temperatuurgevoeligheid waren onderzocht, werd aan de olie die het meest gevoelig

was het cijfer 0 toegekend en aan de minst gevoelige olie het cijfer 100. Dean en Davis noemden deze aanduiding de Viscosity Index (V.I.). Moderne oliën hebben een viscositeitsindex van ver boven de 100. De V.I. van conventionele minerale oliën varieert ruwweg tussen 0 en 100, voor gemodificeerde minerale oliën tussen 125 en 150, voor synthetische oliën tussen 140 en 170.

Samenvattend:

- De viscositeit bij een lage temperatuur is te herkennen aan een getal met daarachter de letter W (de meest gebruikte zijn SAE: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W);
- De viscositeit bij een hoge temperatuur is te herkennen aan een getal (de meest gebruikte zijn: SAE: 30, 40, 50);
- De waarden gevonden bij een lage en hoge temperatuur worden gecombineerd en op de verpakking gezet. Men krijgt dan combinaties als: SAE: 5W30, 10W40, 15W40, 20W50.

Het eerste getal met de letter W: hoe lager het getal, des te dunner is de olie bij lage temperaturen (van belang bij koude starts). Het tweede getal na de letter W: hoe hoger het getal des te dikker de olie blijft bij hoge motortemperaturen (van belang in de zomer). Te gebruiken olie:

De laagste buitentemperatuur	Te gebruiken SAE viscositeit
0°C	5W20 , 5W30, 10W30,10W40, 20W50
-18°C	5W20 , 5W30, 10W30,10W40
Kouder dan -18°C	5W20 , 5W30

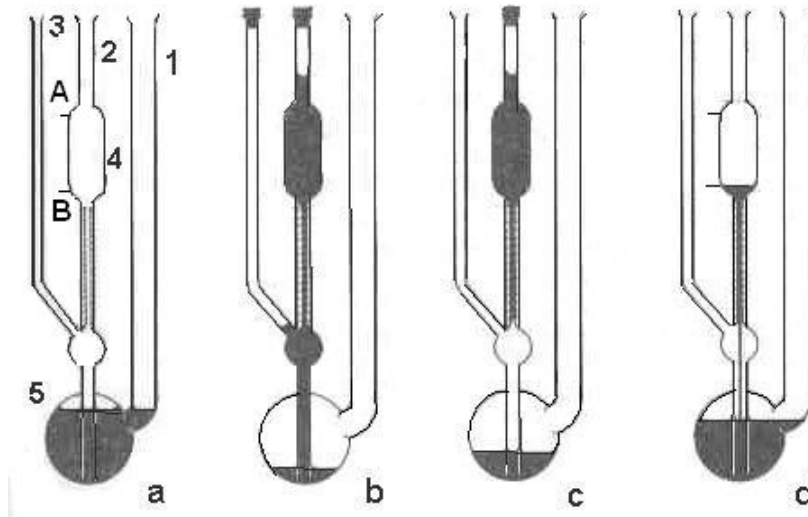
1.6.2 Transmissieolie

Voor transmissieoliën gebruikt men andere getallen om verwisseling te voorkomen, nl. 75, 80, 85, 90, 140 en 250. Dit betekent niet dat een transmissieolie SAE 75 een hogere viscositeit heeft dan een motorolie SAE 40. De letter A/V achter sommige van de genoemde getallen geeft aan dat de desbetreffende transmissieolie een bepaalde dynamische viscositeit heeft bij de aangegeven maximum temperatuur. Dit geldt alleen voor de SAE-nummers 75W, 80W en 85W. Voorbeeld: de Gearlube HS GL-5 van Kroon Oil is een synthetische transmissieolie en heeft de aanduiding 80W140 en een viscositeitsindex van 158.

1.7 Het bepalen van de viscositeit

Er zijn verschillende methoden om de viscositeit te bepalen. Tegenwoordig gebruikt men de moderne eenheden Poise (en Stokes), maar oudere viscositeitsaanduidingen komen ook nog voor. Het principe is bij alle metingen eigenlijk hetzelfde, men meet de tijd die nodig is om een bepaalde hoeveelheid vloeistof (hier olie) te laten stromen bij een bepaalde temperatuur. Bij de bepaling van de viscositeit maakt men gebruik van de viscosimeter van Ubellohde (zie fig.

8). Deze meter is voorzien van een capillaire buis, waarin de stroomsnelheid zo laag is, dat er geen turbulente stroming optreedt. De meting verloopt als volgt:



Figuur 8: De viscosimeter van Ubbelohde

1. Men hangt de viscosimeter in een waterbad, waarvan de temperatuur nauwkeurig constant gehouden wordt.
2. In buis 1 wordt een voldoende hoeveelheid olie gegoten, die in reservoir 5 stroomt (fig. a).
3. Als de olie de temperatuur van het waterbad heeft aangenomen, sluit men buis 3 af en zuigt men de vloeistof op in buis 2 tot boven de merkstreep A van reservoir 4. Daarna sluit men ook buis 2 af (fig. b).
4. Als buis 3 nu weer geopend wordt, zal de vloeistof beneden het capillaire gedeelte in het reservoir 5 terug stromen (fig. c) .
5. Als men dan de opening van buis 2 weer vrij maakt, dan zal de vloeistof van reservoir 4 via de capillaire buis naar reservoir 5 stromen (fig. d). Men meet nu de tijd, waarin het vloeistofniveau van merkstreep A naar merkstreep B daalt.
6. Men kan nu de viscositeit berekenen door de uitstroomtijd (t) te vermenigvuldigen met de meterconstante (C). De verkregen viscositeit is de kinematische viscositeit (ν), dus: $\nu = C \times t$

Enige viscositeitsaanduidingen:

1.7.1 Seconde Saybolt Universal

Deze in Amerika toegepaste eenheid geeft het aantal seconden aan, dat nodig is om 60 cm^3 van een vloeistof uit een Saybolt-viscosimeter te laten vloeien.

De temperaturen, waarbij de metingen worden uitgevoerd (standaardtemperatuur) zijn 100, 130 en 210⁰F. De uitkomst wordt b.v. genoteerd als 215 SSU / 210 T.

1.7.2 Seconde Redwood

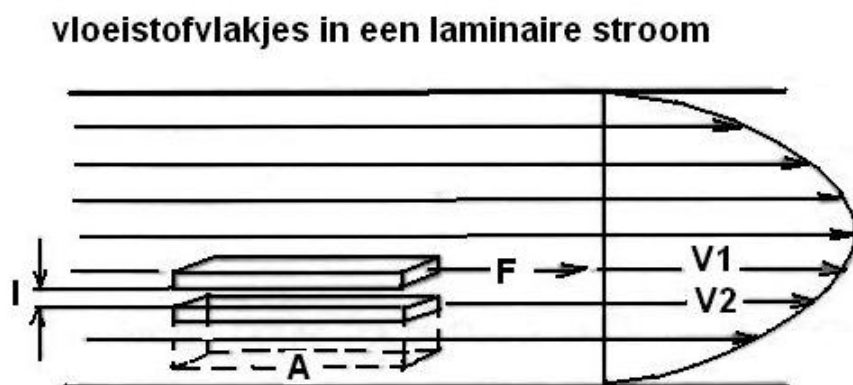
Deze eenheid is ontstaan uit een in Engeland ontwikkelde methode van viscositeitsbepaling. Hierbij maakt men gebruik van een soortgelijke viscosimeter als die van Saybolt. In dit geval wordt de tijd gemeten die nodig is om 50 cm³ van een vloeistof uit de viscosimeter te laten vloeien. De standaard-temperaturen zijn 70, 100, 140 en 200⁰F.

1.7.3 Graad Engler

Deze eenheid wordt in de meeste West-Europese landen nog gebruikt. De viscositeitsbepaling gebeurt met behulp van de viscosimeter van Engler. Deze berust weer op hetzelfde principe als de voorgaande viscosimeters, maar de meethoeveelheid is in dit geval 200 cm³. De graad Engler geeft de uitstroomtijd van de te meten vloeistof t.o.v. water. De uitkomst is dus een dimensieloos getal.

1.7.4 Dynamische viscositeit

Voor het bepalen van de dynamische viscositeit, bekijkt men een horizontale buis, waar een vloeistof met een constante snelheid doorheen stroomt. Men gaat er van uit dat deze stroming rechtlijnig (laminair) is en wordt veroorzaakt door een constant drukverschil. In deze buis kan men zich twee evenwijdige vloeistofvlakjes voorstellen, die met de stroom meebewegen (fig. 9). Omdat



Figuur 9: Voorstelling van de dynamische viscositeit

bij een laminaire stroming in een buis de vloeistofvlakjes in het midden van

de stroom zich met een grotere snelheid bewegen, dan de vlakjes aan de rand treedt er een snelheidsverschil ($v_1 - v_2$) op. Dit snelheidsverschil hangt af van de afstand (l) tussen die vlakjes. De kracht (F), die nodig is om dit snelheidsverschil te handhaven, is afhankelijk van de oppervlakte (A) tussen de beide vloeistofvlakjes. De schuifspanning (F/A), die nodig is om het snelheidsverschil ($v_1 - v_2$) over een afstand (l) te handhaven, noemt men de dynamische viscositeit. Men drukt de eenheid van dynamische viscositeit uit in Poise (P), afgeleid van de naam van de natuurkundige Poiseuille. In de praktijk gebruikt men meestal centipoise (cP). Nu is de Poise geen SI-eenheid zodat de dynamische viscositeit tegewoerdig wordt uitgedrukt in Pa.s.

1.7.5 Kinematische viscositeit

Bij de dynamische viscositeit is men uitgegaan van een constante stroomsnelheid, die veroorzaakt werd door een constante druk. Bij het meten van de viscositeit in de praktijk maakt men echter gebruik van een verticaal opgestelde buis, waar de vloeistof doorheen stroomt onder invloed van zijn eigen gewicht. Houdt men in dit geval de hoogte van de vloeistofkolom constant, dan zal de uitstroomsnelheid tijdens de proef weliswaar constant zijn, maar afhankelijk van de soortelijke massa van de te onderzoeken vloeistof. De uitstroomtijd, die men op deze manier kan meten is recht evenredig met de dynamische viscositeit, maar omgekeerd evenredig met de soortelijke massa. De kinematische viscositeit werd uitgedrukt in Stokes (St) naar de Engelse natuurkundige van die naam. In de praktijk gebruikt men vaak de centistokes (cSt). Tegenwoordig wordt de kinematische viscositeit uitgedrukt in mm^2/s .

1.8 Eigenschappen van olie

1.8.1 Zuren en basen in relatie tot oliën

Chemisch gezien zouden we de stoffen kunnen verdelen in zuren en basen. Zuren zijn iedereen wel bekend. Men kent zure vruchten, verzuring van wijn tot azijn etc. Een base of loog is de tegenhanger van een zuur. Enkele basische stoffen zijn:

- zeep;
- ammoniak (NH_3);
- natriumcarbonaat of gewone soda (Na_2CO_3).

Zuren worden door basen geneutraliseerd onder vorming van een zout en water. De pH is een uitdrukking voor de zuurgraad van een wateroplossing. De pH van een neutrale wateroplossing ligt bij kamertemperatuur rond de 7. Zure oplossingen hebben een pH lager dan 7, basische oplossingen hebben een pH hoger dan 7. Deze oplossingen worden ook wel logen genoemd. Bekend is het lakmoes papiertje als indicator. Een rood lakmoes papiertje kleurt blauw in een base en een blauw lakmoes papiertje kleurt rood in een zuur.

1.8.2 Het zuurgetal van olie

In de chemie wordt de term zuurgetal (acid value) gebruikt. Dit is dan de hoeveelheid potassium hydroxide (KOH) in mg dat nodig is om 1 gram van een chemische substantie, hier olie te neutralizeren.

1.8.3 Total Base Number (TBN)

Het Total Base Number (TBN) is een maat voor de reserve aan basen in het smeermiddel. Het wordt ook weergegeven in milligrammen potassium hydroxide per gram (mg KOH/g). Het TBN bepaalt hoelang de olie de verzuring ten gevolge van het verbrandingsproces kan tegengaan. Zwavel in de brandstof met zuurstof vormen zwaveloxiden, komt daar water bij dan ontstaat het agressieve zwavelzuur. Het Total Base Nummer heeft dus te maken met de eigenschap van de olie om zuur te neutralizeren. Hoe hoger het TBN, hoe effectiever de olie de corrosie-effecten compenseert. Moderne oliën hebben een TBN tussen de 6-80mg KOH/g , 7-10 mg gemiddeld en 10-15 voor Dieselmotoren. Eigenlijk is het TBN alleen relevant voor Dieselmotoren. Bij een TBN van 2mg KOH/g of minder biedt de olie onvoldoende bescherming tegen corrosie. Meer zwavel in de brandstof zal het TBN sneller doen verminderen.

1.8.4 TAN

Het Total Acid Number is het omgekeerde van TBN. Dit getal refereert aan de hoeveel zuur in de olie die door de verbranding is veroorzaakt.

1.8.5 Sulfaatgehalte

Sulfaatas ontstaat bij verbranding van een motorolie. Hoe meer additieven er in een motorolie zitten, hoe meer sulfaatas er zal ontstaan. Bij een diesel met roetfilter moet men een olie gebruiken met een laag sulfaatgetal, dit om het roetfilter te beschermen.

1.8.6 Stolpunt

Het stolpunt van de olie geeft de temperatuur aan waarbij een olie niet meer kan vloeien. Ook dit is te beïnvloeden met additieven, zodat men motoroliën kan produceren met een stolpunt van -20°C , maar ook met een stolpunt van -50°C , afhankelijk van wat er ter plaatse nodig is.

1.8.7 Vloeipunt

Het vloeipunt is de laagste temperatuur waarbij een olie nog vloeibaar is. Het vloeipunt van synthetische oliën is zeer laag.

1.8.8 Vlampunt

Vlampunt of flash point van olie is de temperatuur waarbij de olie genoeg damp afgeeft om te ontvlammen wanneer er een kleine vlam in de nabijheid wordt gebracht. Het vlampunt van motorolie is om en nabij de 250⁰C. Deze temperatuur is belangrijk omdat de olietemperatuur in het carter ver genoeg verwijderd moet zijn van het vlampunt.

1.8.9 Noack verdampingstest

De NOACK verdampingsrest bepaalt het verdampingsverlies van oliën onder hoge bedrijfstemperaturen. Hoe meer de olie verdampt des te dikker wordt de olie. Een slechtere circulatie, een hoger brandstofverbruik, een verhoogd olieverbruik en grotere slijtage kan het gevolg zijn.

1.8.10 Shear-stabiliteit

Shear-stabiliteit zegt iets over het verlies aan viscositeit gedurende de gebruiksduur van de olie. De olie wordt in bepaalde onderdelen van de motor zwaar beproefd (oil stress factor). De multigrade oliën van minerale oorsprong bevatten speciale additieven om de viscositeit te verbeteren de zgn. VI-improvers. De moleculen van de VI-verbeteraar zijn groter dan de oliemoleculen zelf. Wanneer ze in kleine hoeveelheden worden bijgemengd geven ze een betere viscositeit bij lagere temperaturen. Helaas worden deze grote moleculen in de motor afgebroken tot kleinere moleculen. Oliën die deze VI-verbeteraars niet nodig hebben zoals een single grade olie of een synthetische olie hebben geen of nauwelijks last van verlies aan viscositeit. De shear-stabiliteit van een olie wordt gemeten door de ASTM D-6278 testmethode. Hiervoor wordt eerst de viscositeit gemeten, waarna de olie aan een extreme belasting wordt blootgesteld. Dit gebeurt door de olie gedurende een zekere tijd onder hoge druk door een brandstofinjector te pompen. Hierna wordt de viscositeit opnieuw gemeten. De grootte van het viscositeitverschil is een maat voor de shear-stabiliteit.

1.9 Olie soorten

1.10 Minerale olie

Minerale olie wordt verkregen door raffinage van aardolie en is een mengsel van koolwaterstoffen. Door thermische belasting kunnen er soms ongewenste reacties ontstaan. Afhankelijk van de overheersende structuur is minerale olie onder te verdelen in:

- paraffinische;
- aromatische;
- naftenbaische;
- gemende basisolie.

De kwaliteit van de olie hangt af van de herkomst, de raffinage van de aardolie en van de toegevoegde additieven.

1.11 Synthetische olie

Synthetische olie worden geproduceerd door chemische processen in plaats van de conventionele raffinage. Synthetische olie is beter bestand tegen warmte dan minerale olie. Door de chemische samenstelling hebben alle moleculen hetzelfde gewicht en vorm. Verdamping van deze olie vindt plaats bij een temperatuur van meer dan 300⁰C. Het verdampingspunt van minerale olie ligt bij ongeveer 175⁰C. Synthetische olie, samengesteld in het laboratorium kunnen van vele grondstoffen worden gemaakt. Poly-Alpha-Olefins (PAO's) zijn echter de meest gebruikte synthetische smeermiddelen van dit moment. PAO's bestaan uit identieke moleculen van zuivere koolwaterstoffen (C₂H₄) die hoge temperaturen kunnen hebben zonder uiteen te vallen. De synthetische olie op basis van poly(alpha)olefin is mengbaar met minerale olie. De olie wordt geproduceerd in een volledig beheerst proces zodat de eigenschappen van de olie vooraf bepaald kunnen worden. De viscositeit blijft over een groot temperatuurgebied vrijwel constant. Voordelen van synthetische olie zijn:

- Een synthetische motorolie kan door de sterke smeerfilm dunner zijn, waardoor er minder wrijvingsweerstand in de motor optreedt en het brandstofverbruik gunstiger wordt (ongeveer 3%);
- Doordat een synthetische motorolie door de sterke smeerfilm dunner kan zijn, zal de olie bij een koude start sneller naar de te smeren onderdelen vloeien, waardoor motorslijtage minder wordt. Ook zal er minder lawaai zijn in een motor met hydraulisch bediende kleppen;
- De olie veroudert minder snel;
- Het grotere reinigende vermogen. Door veel geringere vuilafzetting blijft de motor langer in goede staat. Synthetische olie is thermisch stabiel. Dit betekent dat de olie langer en beter tegen zware belasting is opgewassen. Synthetische olie is uitstekend geschikt voor extreme belastingscondities;
- Doordat synthetische olie minder gemakkelijk verdampt bij hoge temperaturen het olieverbruik minder zijn.

1.12 Half-synthetische olie

Dit type motorolie combineert een groot deel van de voordelen van een synthetische motorolie met een aantrekkelijke prijs. Deze olie is gebaseerd op minerale olie die onder hoge druk en op hoge temperatuur ontdaan wordt van onverzadigde koolwaterstoffen. Dit gebeurt m.b.v. waterstof en katalysatoren. Na dit proces ontstaat een stabielere olie die beter tegen hoge temperaturen bestand is en die een betere viscositeitsindex heeft.

1.12.1 Risico's van het overschakelen op synthetische oliën

- Oudere oliepompen hebben vaak grotere lekverliezen dan moderne oliepompen (met name schottenpompen). Wanneer dunne olie in combinatie met een pomp met grotere lekverliezen wordt gebruikt, daalt de oliedruk en dus ook de distributie van de olie door het blok en cilinderkop.
- Aangekoekt vuil in een motorblok wordt deels opgelost door synthetische oliën. Wanneer een motor altijd op een minerale olie heeft gelopen en dan zonder reiniging een moderne olie krijgt, bestaat het risico dat het vuil loskomt en de oliekanalen verstopt. Dit kan dan grote problemen veroorzaken. Een motor met een gereviseerd blok en een oliepomp met geringe lekverliezen, zal goed lopen op synthetische olie.

Uit het bovenstaande valt al op te maken dat oliën in de meeste gevallen gemengd mogen worden. Synthetische, half synthetische en minerale motorolie, die bepaalde fabrikanten op de markt brengen komen alle uit dezelfde familie van de zgn. paraffinische koolwaterstoffen. Deze zijn zeer goed onderling mengbaar. Regelmatig wordt het mengen van oliën toegepast door mensen die overschakelen van minerale naar synthetische olie. Wees echter wel voorzichtig met het mengen van de verschillende oliën en volg altijd de aanwijzingen van de fabrikant op.

1.13 Low Saps oliën (ACEA 2004)

Auto's die af fabriek zijn uitgerust met roetfilters vragen om specifieke smeermiddelen. Motorolie laat namelijk bij verbranding asresten achter, die zich verzamelen in het roetfilter. Deze asresten zijn niet te verwijderen door regeneratie, waardoor het roetfilter steeds meer verstopt raakt. Daarom bevelen diverse autofabrikanten voor hun roetfilterdiesels zogenaamde low saps-oliën aan. Deze oliën bevatten additieven die na verbranding weinig asresten achterlaten. SAPS staat voor:

- Sulphated Ash (sulfaatasgetal);
- Phosphor (fosfor als bestanddeel van het additievenpakket);
- Sulphur (zwavel).

De nieuwe ACEA categorieën die hierop van toepassing zijn worden aangeduid met de codering:

- C1: extra brandstofbesparend, minimale 'SAPS'-waarden;
- C2: brandstofbesparend, lage 'SAPS'-waarden;
- C3: maximale levensduur, lage 'SAPS'-waarden.

1.14 Inloopolie

Na een revisie wordt soms een inloopolie (running-in-oil) gebruikt. Dit is een schrale olie met weinig additieven. Deze olie laat een beperkt metaal-op-metaal

contact toe, zodat bewegende delen ingelopen raken. Het resultaat is een optimale compressie. Tijdens dit inlopen wordt redelijk veel olie verbrand en daarom mogen er niet te veel additieven in zitten. Deze kunnen nl. bij verbranding metalen as achterlaten waardoor verbrandingsdetonatie (pingelen) kan ontstaan. Het ontstaan van schadelijk afzettingen in de verbrandingsruimte vindt ook plaats bij het gebruik van dunne multigrades in een klassiek blok. Dunne olie komt gemakkelijker in de verbrandingsruimte en bevat -in tegenstelling tot inloolie- wel veel additieven. Na de inlooperiode (circa 1000 km) dient een klassieke olie (20W/50) worden gebruikt. Dit resulteert dan in een optimale compressie, een betere smering en een schonere motor waardoor de motor stiller en soepeler draait.

1.15 Tweetakt-olie

Een tweetakt motorolie is gebaseerd op zorgvuldig gekozen hoogwaardige basisoliën, waaraan speciale tweetakt additieven zijn toegevoegd. Tweetakt-olie heeft de volgende eigenschappen:

- het heeft een goede smerende werking voor alle motoronderdelen;
- het heeft een sterk detergerend vermogen waardoor de verbrandingsruimte en de (spoel)poorten vrij blijven van afzettingen;
- het houdt de bougie(s) goed schoon;
- het heeft een zeer goed anti-corrosie en anti-slijtage vermogen.

1.16 Kruipolie

Kruipolie is olie met een lage viscositeit. Door de capillaire werking kruipt de olie als het ware door zeer kleine openingen. Kruipolie is in mindere mate geschikt als smeermiddel omdat de olie gemakkelijk verdampt en de oliefilm niet al te sterk is. Meestal zijn roestoplossers toegevoegd waardoor bouten, moeren en scharnieren weer gangbaar gemaakt kunnen worden. Wanneer er nog een smeermiddel als molybdeen-disulfide of grafiet wordt toegevoegd dan ontstaat een produkt dat ook nog uitstekende smeereigenschappen heeft.

1.17 Olieerversingsinterval

De meeste autofabrikanten gebruiken tegenwoordig als af-fabriek vulling (OE-fill) een halfsynthetische motorolie. Maar de trend naar een (hogere kwaliteit) volsyntheet is duidelijk aanwezig. Opel heeft haar modellenserie vanaf 2001 grotendeels al op een service-interval van 30.000 kilometer gezet. Midden jaren tachtig werd al veel research gepleegd, waarbij de commerciële inzet al bij een service-interval van 90.000 kilometer lag. Men verwacht dan ook dat de volgende drie tot vier jaar de 100.000 kilometer worden gerealiseerd. Werd tot voor kort bij diesels nog een minder lange service-interval geadviseerd, nu wordt ook hier meer en meer naar een 25.000-30.000 kilometer interval gestreefd.

1.17.1 Black sludge (olie residu)

Olie residu of black sludge is een vaste of zeer taaie zwarte substantie van motorolie. Het ontstaat meestal bij temperaturen onder de 80°C. Olie-sludge kan grote motorproblemen veroorzaken. Sludge wordt vaak veroorzaakt door de aanwezigheid van water in de olie. Veel korte ritten kunnen bijv. sludge veroorzaken. Ook witte of geelachtig gekleurde sludge komt voor. Vaker olie verversen, de motor op bedrijfstemperatuur houden of overgaan op synthetische olie vermindert of voorkomt het probleem.

1.18 Filtering en oliekwaliteits-sensoren

De langere service-intervallen hebben zeker bijgedragen aan de techniek van het meten van de oliekwaliteit. Diverse autofabrikanten hadden enige jaren terug al een oliesensor in het carter waar met behulp van een bi-metaal de kwaliteit van de motorolie werd bewaakt. De inmiddels toegepaste sensor van Delphi (de Intellek) is eigenlijk een doorontwikkeling daarop. Ook kan men -al dan niet in combinatie met een oliekwaliteitssensor- kiezen voor een methode waarbij de motorolie langer schoon wordt gehouden door het filterproces te verbeteren. Er zijn centrifugaal oliefilters ontwikkeld waarbij door gebruik te maken van de middelpuntvliedende kracht en een fijnfilter een veel langere standtijd van de olie wordt bereikt. Geen nieuwe technologie, maar wel een kwalitatief beter gebruik van bestaande technieken.

1.19 Oliesensoren

Drie zaken die de veroudering van olie kenmerken zijn:

1. de verandering van de de viscositeit;
2. de verminderde werking van de additieven;
3. de zuurgraad van de olie.

De conditie van de additieven en de zuurgraad (TAN-nummer) kunnen worden vastgesteld door de elektrische geleidbaarheid van de olie te meten. Omdat de additieven van de oliesoorten kunnen verschillen moet bij het monitoren rekening worden gehouden met de gebruikte oliesoort. Dieselmotoren hebben ook nog met roet te maken. De roetdeeltjes die tijdens de verbranding ontstaan komen voor een gedeelte terecht in de olie waardoor een snellere vervuiling optreedt. Door olie als het diëlectricum van een condensator te zien kan de kwaliteit worden gemeten. De sensor bestaat dan uit twee platen met daartussen olie. Door een wisselspanning op de platen te zetten kan de capaciteit van de condensator worden gemeten. Een andere methode is om de elektrische geleidbaarheid van de olie te meten. Hiervoor wordt een laag frequente wisselspanning of een gelijkspanning gebruikt. De sensor bestaat dan uit twee metalen elektroden. De weerstand van de tussen de elektroden bevindende olie wordt gemeten. De sensor detecteert de veranderingen die optreden in

de olie-ionen. Een nieuwe olie is chemisch gezien een base. In eerste instantie veroorzaken de verbrandingsproducten dat de olie chemisch gezien neutraal wordt. De weerstand neemt dan toe. Vervolgens treedt verzuring van de olie op waardoor de weerstand afneemt of anders gezegd de geleidbaarheid van de olie toeneemt. Op deze wijze kan men een redelijk beeld van de veroudering verkrijgen. Voor Dieselmotoren gebruikt de fabrikant Delphi een sensor die de conductieve weerstand meet om de roetconcentratie vast te stellen. Deze sensor wordt gevoed door een wisselspanning met hogere frequentie. Het is bekend dat de viscositeit van de olie door indikking toeneemt bij veroudering. In principe kan dan ook de kwaliteit van de olie gemeten worden door een viscositeitsmeting. De viscositeitsmeting bij de moderne oliekwaliteitssensoren berust ook op een geleidbaarheidsmeting (fig.10). De oliekwaliteits-sensor van Delphi



Figuur 10: Oliekwaliteitssensor zoals toegepast bij Mercedes

genereert een driehoeksspanning. Door te meten op welke wijze de stroom de sensor elektroden passeert kan de kwaliteit van de olie worden vastgesteld. Het betreft dan een real time meting van de olie en de informatie over het al dan niet verversen van de olie wordt door de sensor naar het instrumentenpaneel verzonden (fig. 11). De sensor meet:

- het zuurgetal (TAN);
- de viscositeit;
- het water (antivries) gehalte;
- de olietemperatuur;
- het olieniveau.



Figuur 11: Voorbeeld van een display voor de weergave van de olie-kwaliteit (foto: Daimler).

1.19.1 Externe factoren

Er zijn factoren die de verversingstermijn kunnen verkorten. We noemen:

- Korte ritten. In het bijzonder korte ritten onder de 10 kilometer onder koude weersomstandigheden. Water en brandstof verzamelingen zich in het carter wanneer de olie niet op temperatuur komt;
- Onverharde wegen met veel stof;
- Bij het gebruik van een oliefilter van matige kwaliteit kan de olie sneller vervuild raken;
- Oudere motoren. Motoren met meer dan 100.000 km op te teller. Bij de oudere motoren wordt meer verbrandingsgas langs de zuigers het carter in geblazen;
- Dieselmotoren in verband met de roetvorming;
- Turbomotoren. De hogere temperaturen kunnen doen besluiten om de verversingstermijn te bekorten;
- Motor met een hoog oliegebruik;
- Hete rijomstandigheden (tropen, woestijn rijden);
- Zwarte rijomstandigheden (trekken van caravan, aanhanger etc.);

Factoren die tot het besluit kunnen leiden om de olieerversingstermijn te verlengen:

- Door synthetische oliën te gaan gebruiken;
- Door betere oliefilters (high capture efficiency filters) te gaan gebruiken;
- Door het rijden van langere afstanden waarbij de motor op bedrijfstemperatuur blijft;
- Bij nieuwe motoren (tussen de 1000 en 80.000 km);
- Bij het gebruik van oude (afgeschreven) motoren.

1.20 Vragen en opgaven

1. Behalve wrijving en slijtage verminderen zijn er nog een aantal andere taken van de smeerolie. Welke zijn dit?
2. Wanneer is er in een motor sprake van droge wrijving?
3. Hoe groot is de wrijvingscoëfficiënt bij volkomen smering?

4. Wat verstaat men onder grenssmering?
5. Welke vorm van smering wordt nagestreefd?
6. Wat laat nu precies fig. 2 zien?
7. Wat is het verschil tussen hydrostatische en hydrodynamische smering?
8. Hoewel er in de motor een oliepomp wordt toegepast is er toch meestal sprake van hydrodynamische smering. Verklaar dit.
9. Wat gebeurt er eigenlijk precies op punt a in het Stribeck diagram?
10. Hoe groot is ongeveer de wrijvingscoëfficiënt bij volkomen smering?
11. Wat verstaat men onder een olie-additief?
12. Waar staat API voor?
13. Omschrijf de kwaliteit van een SM-olie.
14. Omschrijf de kwaliteit van een A5/B5 olie.
15. Welke factoren verminderen de kwaliteit van de olie tijdens het gebruik?
16. Omschrijf het verschil tussen de olie viscositeit en de viscoliteitsindex van een olie.
17. Wat is het verschil tussen een 20 en een 20W olie?
18. Omschrijf de viscositeit van een SAE 10W30 olie.
19. Omschrijf het verschil tussen een 5W50 en een 20W50 olie.
20. Wat stelt een V.I. Index van 100 precies voor?
21. Transmissie-oliën hebben een hoger SAE getal. Waarom?
22. Op welke (eenvoudige) wijze kan de viscositeit van een olie worden gemeten?
23. Op welke wijze wordt de dynamische viscositeit gemeten?
24. In welke twee groepen kunnen we chemisch gezien stoffen verdelen?
25. Wat is het verschil tussen het zuurgetal van een olie en het Total Base Number (TBN)?
26. Zou er veel verschil zijn tussen het stolpunt en het vloeipunt van olie?
27. Wat verstaat men onder het vlampunt van olie?
28. Wat verstaat men onder de shear stabiliteit van een olie?
29. Welke olie-typen of soorten worden hier onderscheiden? Welke olie-soort zou u zelf een klant aanraden en waarom?
30. Wat is naar uw mening het grootste voordeel van een synthetische olie?
31. Wat zou het grootste nadeel zijn van een synthetische olie?
32. Kan men altijd zonder problemen bij oude motoren overstappen van een minerale naar een synthetische olie?
33. Wanneer worden 'low saps' oliën gebruikt?
34. Welke eigenschappen heeft een inloopolie? Zou u zelf na een motorrevisie een inloopolie gebruiken? Verklaar het antwoord.
35. Geef de gemiddelde olieerversingstermijn weer van een moderne auto.
36. Met welke oliesoort wordt tegenwoordig vanaf de fabriek de motor gevuld?
37. Welke te meten eigenschappen van de olie veranderen wanneer de olie ouder wordt?
38. Wat meet nu een moderne oliëkwaliteitssensor precies?

39. Noem een paar factoren waardoor men zou kunnen afwijken van door de fabriek opgegeven vervangingstermijn (langer en korter).