

## 10.0 Onderhoud en controle

Als er onderhoud aan motoren gepleegd wordt, dan is er meestal aandacht voor onderhoud aan zuigers, verstuivers, lagers, normale dagelijkse controles enzovoort. Waar meestal niet direct bij stilgestaan wordt, is dat de brandstof en de smeerolie ook gecontroleerd dienen te worden.

Veel storingen en schades worden bij motoren veroorzaakt door of slechte brandstof of doordat de brandstof slecht gereinigd wordt, tevens ontstaat er veel schade door het niet goed behandelen, reinigen, van de smeerolie. Verder is onderhoud ook afhankelijk van de plaats op aarde waar de installatie geplaatst is. Denk hierbij aan zeelucht, eventueel omgevingen waar veel zand in de lucht zit et cetera, dit alles brengt extra onderhoud met zich mee.

Voor de brandstof en de smeerolie beschikken we over het algemeen alleen over de specificaties waar de brandstof en de smeerolie volgens de motorfabrikant aan moeten voldoen.

### 10.1 Algemeen

In de eerste plaats zullen we een aantal algemene zaken noemen die zeer belangrijk zijn in een machinekamer.

Er is geen enkel beveiligingssysteem of afstandbediening in staat een ervaren werktuigkundige te vervangen, het dient er enkel voor om hem te ondersteunen. Om deze reden zullen we regelmatig door de machinekamer moeten lopen, een rondje lopen en onze zintuigen gebruiken, we noemen er enkele:

- Kijk naar de motor, de motor observeren
- Ruik in de machinekamer
- Luister naar de motor
- Voel aan de motor, pas op voor hete delen

#### 10.1.1 Wat zien we aan de motor

Door goed naar de motor te kijken kunnen we het volgende zien:

- Let er op dat de motor schoon is, hier kunnen we bijvoorbeeld lekkages aan zien en vroegtijdig oplossen. Verkleuring van de verf wijst op oververhitting van onderdelen.
- Staan er leidingen of andere componenten te trillen, zet ze indien mogelijk gelijk vast. Als de hele motor trilt, kan dit het gevolg zijn van slechte verbranding e.d.. Een brandstof regelstang kan bijvoorbeeld staan trillen als gevolg van slijtage.
- Aan de rookgassen kunnen we het volgende zien:
  - o Zwarte rook; De motor krijgt te weinig lucht, dit kan een gevolg zijn van bijvoorbeeld vuile luchtfilters, een vuile uitlaatgassenturbine of overbelasting.
  - o Witte rook; Koelwaterlekkage van de koelwaterruimte naar de uitlaatgassenruimte.
  - o Gele rook; Een hoog zwavelgehalte in de brandstof.
  - o Blauwe rook; Dit duidt meestal op smeerolielekkage.

### 10.1.2 Wat ruiken we in de machinekamer

In de machinekamer kunnen we het volgende door onze reuk waarnemen:

- Lekkage van uitlaatgas is duidelijk te ruiken in de machinekamer. Let op, dit kan gevaarlijk zijn in verband met de vorming van koolmonoxide. Tevens zijn hoge zwavelgehalten in de brandstof duidelijk te ruiken, zwavel heeft namelijk een zeer sterke geur.
- Lekkage van brandstof of smeerolie valt zeer snel op, brandstof en smeerolie hebben een erg karakteristieke geur, ervaring is de beste leermeester, hoe vaker men in de machinekamer komt des te eerder dit opvalt.
- Let op brandlucht, verf kan verbranden als gevolg van oververhitting, elektrische leidingen die te warm worden hebben een typische schroeilucht.

### 10.1.3 Wat horen we aan de motor

Met het gehoor kunnen we het volgende waarnemen:

- Bonkige geluiden, dit kan duiden op een slechte verbranding, dieselknock.
- Het geluid van de uitlaatgasturbine, als men er eenmaal aan gewend is, dan valt op dat dit een monotoon geluid is, veranderingen hierin vallen erg op.

### 10.1.4 Wat voelen we aan de motor

Met onze tast en ons gevoel kunnen we het volgende waarnemen:

- Voel aan alle carterdeuren, zijn deze allemaal even warm?
- Voel aan de cilinderdeksels, u kunt hier aan "voelen" of de verstuivers het goed doen, afwijkingen direct onderzoeken.
- Voelt u trillingen in het motorblok die anders zijn dan normaal, zoek naar de oorzaak.

### 10.1.5 Dagelijkse controle

Bij de dagelijkse controle wordt het machine journaal ingevuld. In dit journaal worden alle belangrijke temperaturen en drukken genoteerd. Hieraan kunnen we zien of er opeens veranderingen plaatsgevonden hebben. We noemen een aantal belangrijke zaken waarop dagelijks gecontroleerd wordt:

- Uitlaatgassen temperatuur
- Cilinderkoelwater temperatuur
- Zuigerkoelwater temperatuur
- Smeerolie temperatuur
- Spoellucht temperatuur
- Brandstof temperatuur
- Cilinderkoelwater druk
- Zuigerkoelwater druk
- Smeeroliedruk
- Brandstof druk
- Spoellucht druk
- Smeeroliepeil in de sumptank of carter
- Niveaus van brandstoftanks
- Niveaus van expansietanks

## 10.2 Controle van brandstoffen

Als we brandstof van een leverancier aangeleverd krijgen, in ons geval bijvoorbeeld zware olie, dan kunnen we aan de buitenkant niet zien of ruiken of deze brandstof van goede kwaliteit is. Het enige houvast dat we hebben bij brandstoffen is het zogenaamde "bunkerbriefje" van de leverancier. Hier staan in het algemeen wat summierere gegevens op over dichtheid en viscositeit

In tabel 1 zijn de brandstofsificaties weergegeven zoals bijvoorbeeld een motorfabrikant deze voor een bepaalde motor opgeeft.

Specificatie Brandstof ISO 8217:1987 (E)	Eenheid	Grenzen	ISO-F		Test methode
			RMH 55	RML 55	
Dichtheid bij 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	max	991,0		ISO 3675
Viscositeit bij 100 °C	mm <sup>2</sup> /s	max		55	ISO 3104
Vlampunt	°C	min		60	ISO 2719
Stol punt	°C				
Winter		max		30	ISO 3016
Zomer		max		30	
Zwavelgehalte	mm %	max		5,0	ISO 8754
Carbon residu Conradson	mm %	max	22		ISO 6616
Asgehalte	mm %	max		0,20	ISO 6245
Water	vv %	max		1,0	ISO 3733
Vanadium	mg/kg	max		600	ISO 14597

*Tabel 1. Brandstofsificaties volgens motorleverancier.*

Tevens hebben we de afkeurmaten voor de brandstof, ook deze zijn door de motorfabrikant aangeleverd. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in tabel 2. Let wel: we spreken hier over medium speed motoren draaiend op zware olie, in ons voorbeeld zijn we uitgegaan van een RMH 55.

Als we nu de gegevens van tabel 1 en tabel 2 hebben, weten we nog steeds niet wat we nu werkelijk hebben. We zullen een representatief oliemonster moeten aanbieden aan een laboratorium en aan moeten geven wat we getest willen hebben. Een voorbeeld van een dergelijke analyse is weergegeven in tabel 3.

Brandstofsificatie, afkeurmaten (maximale waarden)		
Eigenschap	Eenheid	Waarde
Viscositeit	cSt bij 100 °C	55
Viscositeit	cSt bij 50 °C	730
Dichtheid	kg/m <sup>3</sup>	1010
Water maximum	Volume %	1,0
Water voor motor	Volume %	0,3
Zwavelgehalte	Massa %	5,0
Asgehalte	Massa %	0,20
Vanadium	mg/kg	600
Natrium	mg/kg	50
Conradson getal	Massa %	22
Asfaltene	Massa %	14
Vlampunt	°C	60
Stolpunt	°C	30
Aluminium	mg/kg	30

*Tabel 2. Afkeurmaten volgens motorfabrikant.*

ANALYSE BRANDSTOF LABORATORIUM			
TEST	EENHEDEN	METHODE	2447-01 K-4
Dichtheid in graden API		D-4052	11.5
Vlampunt	°F	D-93B	196
Viscositeit 122 °F	cSt	D-445	946.1
Viscositeit 122 °F	SSF	D-2161	446.0
Stolpunt	°C	D-97	+6
Water	vol%	D-95	0.10
Sediment	massa%	D-473	0.03
Water & sediment	vol%	D-1796	0.05
Zwavelgehalte (X-ray)	massa%	D-4294	2.36
Asgehalte	massa%	D-482	0.0594
CCR (Conradson Carbon Residu)	massa%	D-4530	14.3
Stookwaarde	BTU/LB	D-240	18,313
Stookwaarde	BTU/GAL	D-240	151,980
Mengbaarheid brandstof		D-4740	1
Natrium	ppm	SOL DIL/AA	18
Vanadium	ppm	SOL DIL/AA	218
Koolstof	massa%	D-5291	86,37
Waterstof	massa%	D-5291	10,92
Stikstof	massa%	D-5291	<0.5
Zuurstof	massa%	D-5291	1.54

Tabel 3. Analyse brandstof uit laboratorium. Bron WEB Aruba.

Voor de volledigheid nog even de omrekeningsfactoren:

1 BTU = 1055 J

1 lb = 0,45 kg

$$18313 \text{ BTU/lb} = \frac{18313 \cdot 1,055}{0,45} = 42933 \text{ kJ/kg}$$

We noemen in het kort van een aantal eigenschappen wat ze doen met bijvoorbeeld de motoronderdelen of wat wij als gebruiker er aan hebben.

**Conradson getal:**

CCR, Conradson Carbon Residue, vaak wordt dit gebruikt om vervuiling van zuigerveren aan te geven. Een hoog CCR getal zal bij langdurige lage motorbelastingen zeker aanleiding geven tot overmatige slijtage aan voering en zuigerveren.

**Stolpunt:**

Dit geeft de laagste temperatuur aan waarbij de brandstof nog verpompt kan worden.

**Asgehalte:**

Dit geeft de hoeveelheid onbrandbaar materiaal weer in de brandstof. As kan corrosie en slijtage als gevolg hebben.

**Aluminium en Silicium:**

Aluminium en Silicium worden gebruikt bij katalytische kraakprocessen van brandstof. Een klein gedeelte van deze stoffen blijft altijd in de brandstof aanwezig, aangezien deze stoffen zeer hard kunnen zijn, denk aan Aluminiumoxide en Siliciumoxide, kunnen deze stoffen ernstige slijtage aan brandstofpompen en voeringen veroorzaken.

**Watergehalte:**

Water in het algemeen kan leiden tot dampvorming in leidingen, zogenaamde vapour lock. Hierdoor wordt de brandstof "samendrukbaar" en kan de doorstroming in hoge druk leidingen stagneren. Zout water in de brandstof leidt tot corrosie van het inwendige van brandstofleidingen en pompen.

**Zwavelgehalte:**

Zwavel kan Lage Temperatuur Corrosie veroorzaken. Hoge zwavelgehalten maken het gebruik van smeerolie met een hoog Base Number noodzakelijk:  $BN = 7 + 11 \cdot \%S$ .

**Dichtheid:**

Dit gegeven is nodig om de instelling van de brandstofcentrifuges te optimaliseren, de meeste centrifuges kunnen werken met brandstoffen die een dichtheid hebben van maximaal 1010 kg/m<sup>3</sup>.

Uit onderstaande vergelijking is de optimale brandstof flow door de centrifuge te berekenen, in het voorbeeld is uitgegaan van brandstof met een viscositeit van 700 cSt. Dit is bij elke viscositeit anders, raadpleeg daarvoor altijd het handboek van de leverancier van de centrifuge.

$$Q(\text{l/uur}) = \frac{P(\text{kW}) \cdot b_e(\text{gr/kWh}) \cdot 24(\text{uur})}{\rho(\text{kg/m}^3) \cdot 23(\text{uur})}$$

Brandstoftemperatuur bij de centrifuge 98<sup>0</sup>C.

Maximum 0,3 % water na de centrifuge.

Bij HFO 700 cSt is de maximale flow door de centrifuge 15% van de maximale capaciteit.

Temperatuur dagtank 65 - 70<sup>0</sup>C.

Verder kan vermeld worden dat als vuistregel voor centrifuges geldt:

Dichtheid tot 960 kg/m <sup>3</sup>	: Enkel purifier
Dichtheid van 960 – 991 kg/m <sup>3</sup>	: Purifier met clarifier
Dichtheid van 991 – 1010 kg/m <sup>3</sup>	: Speciale centrifuges

**Viscositeit:**

Deze waarde hebben we nodig om de juiste temperatuur voor de brandstof bij de verstuiver in te stellen. De juiste viscositeit bij medium speed motoren bedraagt ongeveer 16 cSt.

We noemen enkele problemen die zich voor kunnen doen met een verkeerde temperatuur van de brandstof.

Temperatuur van de brandstof bij de verstuiver te hoog:

- Lekkende verstuivers
- Ontstekingsuustel te kort
- Inspuituustel neemt toe

Temperatuur van de brandstof bij de verstuiver te laag

- Slechte verstuiving
- Ontstekingsuitstel neemt toe
- Kans op dieselknock



*Afbeelding 1. Foto van een moderne zware olie centrifuge. Bron WEB Aruba.*

### 10.3 Controle smeerolie

Net als bij de brandstof kunnen we aan de smeerolie niet zien of deze goed is. Verse smeerolie, nieuwe smeerolie, die door de leverancier geleverd is, wordt niet gecontroleerd, dit is een bepaald merk en op de vaten, of als het in bulk geleverd wordt, staan de specificaties vermeld. Als smeerolie in een bepaald werktuig zit, moet het periodiek onderzocht worden. Let wel: voor hele kleine systemen zoals een luchtcompressor en een centrifuge wordt de smeerolie na verloop van tijd ververs. De analyse van smeerolie uit kleine systemen is duurder dan het verversen van de olie, vandaar dat enkel olie uit grote systemen wordt geanalyseerd. Het tijdstip van de analyse, dit gaat meestal op draaiuren, staat in het onderhoudschema van de leverancier vermeld.

#### **Representatief**

Om de olie te laten analyseren nemen we eerst een representatief smeeroliemonster. Hoe het nemen van een representatief smeeroliemonster gedaan moet worden, is voorgeschreven door het laboratorium.

#### **Het nemen van een representatief smeeroliemonster:**

Het monster moet een zo goed mogelijk gemiddelde van de in het circulatiesysteem aanwezige olie zijn.

De snelheid waarmee het monster getrokken wordt is van belang en moet aangepast zijn aan:

1. De hoeveelheid olie in het systeem.
2. De circulatiesnelheid.

Voorbeeld:

Inhoud systeem	=	80.000 liter
capaciteit pomp	=	4 ltr/sec.
monsterfles	=	1 liter

Tijd om de monsterfles te vullen:  $t = \frac{80.000}{4} = 20.000 \text{ sec}$

Hoeveel moet je dan per seconde in de fles laten druppelen?

$$\frac{1}{20.000} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ ltr/sec} \Rightarrow \text{druppelsgewijs}$$

Plaats om het monster te nemen:

Na de pomp, tijdens bedrijf en uit een speciaal proefkraantje.

Eerst wordt ongeveer 5 liter afgetapt in verband met eventuele ophoping van water.

Gebruik een speciaal monsterflesje, bij voorkeur van glas. Het flesje moet absoluut schoon zijn en mag nooit voor iets anders gebruikt zijn.

Een label aan de fles hangen en volledig invullen.

N.B.: Gebruik nooit blikken, hierin kunnen resten vloeimiddel van solderen in zitten.

Voor transformatorolie wordt aangeraden donkere flessen te gebruiken met een geslepen glazen stop, omdat het snel verouderd door het licht.

De smeerolie wordt over het algemeen in het laboratorium onderzocht op de volgende eigenschappen:

- Viscositeit
- Water
- Base Number
- Onoplosbaar in normaal heptaan
- Vlampunt, Flash point

We krijgen van het laboratorium dan een analyserapport terug met hierop een aanbeveling, deze aanbeveling kan zijn:

- Olie dient grondig gesepareerd te worden
- Olie dient ververst te worden

Tevens kunnen we deze gegevens vergelijken met de afkeurgegevens zoals we deze van de motorleverancier gekregen hebben, zie tabel 4 en daar ook onze conclusies uit trekken.

Benaming	Eenheid	Limiet	Test methode
Viscositeit	cSt 40 °C	Afname max. 25 % Toename max. 45%	ASTM D 445
Viscositeit	cSt 100 °C	Afname max. 20 % Toename max. 25%	ASTM D 445
Water	Vol %	max. 0,30	ASTM D 95 of D 1744
Base Number	mg KOH/g	min. 20 % afname bij HFO max. 50 % afname bij LFO	ASTM D 2896
Onoplosbaar	mm % in n-pentaan	max. 2,0	ASTM D 893b
Flash point COC	°C	min. 190	ASTM D 92
Flash point PMCC	°C	min. 170	ASTM D 93

Tabel 4. Afkeurgegevens motorleverancier.

We noemen in het kort van een aantal eigenschappen wat ze doen met bijvoorbeeld de motoronderdelen of wat wij als gebruiker er aan hebben.

**Viscositeit:**

Als er bijvoorbeeld brandstof in het carter van de motor kan lekken, bij sommige typen motoren kan dit via de hoge druk brandstofpompen, dan zal bij gebruik van dieselolie de viscositeit van de brandstof afnemen, terwijl deze bij gebruik van zware olie juist toeneemt. Door vervuiling van de olie kan de viscositeit ook toenemen, er komen namelijk steeds meer zwevende deeltjes in de olie die deze vervolgens dikker maken.

**Base Number:**

Bij gebruik van zware olie, waar Zwavel in aanwezig is, zal het Base Number na verloop van tijd minder worden, de neutraliserende werking van de smeeroilie neemt af. Gevolg hiervan is dat de olie zijn smerende werking verliest.

**Water:**

Water in de olie kan emulsiewerking tot gevolg hebben, de smerende eigenschap loopt hierdoor zeer snel terug, gevolg is vastlopers en corrosie. Verder is een groot gevaar van water in de olie dat er bacteriën in kunnen groeien. Deze bacteriën kunnen enorme schade veroorzaken aan de diverse motoronderdelen en tevens lelijke en pijnlijke zweren bij de mens veroorzaken.

**Onoplosbaar:**

Olie heeft de eigenschap goed op te lossen in normaal heptaan, vuildeeltjes lossen hier niet in op. De hoeveelheid deeltjes die niet oplost is nu een maat voor de vervuiling, beter gezegd voor de veroudering van de olie.

**Flash point:**

Bij gebruik van dieselolie zal bij bijvoorbeeld brandstoflekkage naar de smeeroilie de viscositeit afnemen, maar het vlampunt zal toenemen. Een laag vlampunt van smeeroilie kan explosies in de motor tot gevolg hebben, dit leidt tot ernstige schade en zeer gevaarlijke situaties.



## 10.4 Controle koelwater

Het koelwater, het zogenaamde zoet koelwater, wordt gebruikt om de diverse motoronderdelen te koelen en te beschermen tegen oververhitting. Omdat in koelwater diverse verontreinigingen aanwezig kunnen zijn, moet het koelwater regelmatig gecontroleerd worden en eventueel een behandeling ondergaan. Deze verontreinigingen kunnen namelijk in het systeem ernstige afzetting van ketelsteen en ernstige corrosie veroorzaken.

Belangrijke aspecten ten aanzien van koelwater zijn:

- De pH, de zuurtegraad.
- De hardheid van het water, vaak uitgedrukt in graden Duitse Hardheid.
- Het gehalte aan Chloriden.
- Het gehalte aan Sulfaten.
- In koude streken een controle van de hoeveelheid antivries of koelvloeistof in het systeem.

Het onbehandelde water, dus ook het suppletiewater dat aan een expansietank wordt toegevoegd moet aan een aantal eisen voldoen. In tabel 5 is weergegeven waar het onbehandelde water, het zogenaamde "make up" water, aan moet voldoen om gebruikt te mogen worden. Uiteraard is het zo dat deze waarden afhankelijk van de motorleverancier iets kunnen afwijken.

Eigenschap / soort stof	Grenswaarde
pH	Minimaal 6,5
Hardheid	Maximaal 10 °DH
Chloride gehalte Cl <sup>-</sup>	Maximaal 80 mgr/liter
Sulfaat gehalte SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Maximaal 150 mgr/liter

Tabel 5. Grenswaarden van het onbehandelde koelwater.

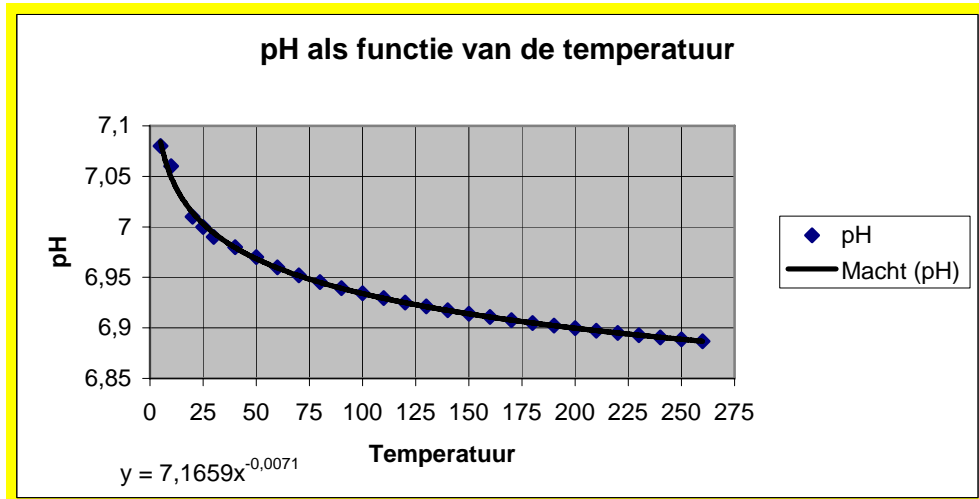
### 10.4.1 De pH

De pH van het water wordt, tenzij anders vermeld, altijd uitgedrukt bij een temperatuur van 25 °C. De pH is echter afhankelijk van de temperatuur, dat wil zeggen als de temperatuur toeneemt dan neemt de pH af, omgekeerd is het zo dat als de temperatuur afneemt dan stijgt de pH.

25 °C

Anders gezegd zal, uitgaande van neutraal water, dus pH = 7 bij 25 °C, het water zuur worden bij een stijgende temperatuur en basisch bij een dalende temperatuur, zie hiertoe afbeelding 2. Op afbeelding 2 wordt uitgegaan van neutraal water van 25 °C, dus de pH bedraagt 7.

Uit de afbeelding blijkt dat zodra de temperatuur toeneemt en dat doet de temperatuur in werkelijkheid in de motor ook, dan daalt de pH, om deze reden zal de pH verhoogd moeten worden, tot circa 9,5 bij 25 °C om er zeker van te zijn dat het water in de motor tijdens bedrijf niet zuur wordt. Zuur water leidt tot ernstige corrosie.



Afbeelding 2. Het verloop van de pH als functie van de temperatuur.

#### 10.4.2 De hardheid

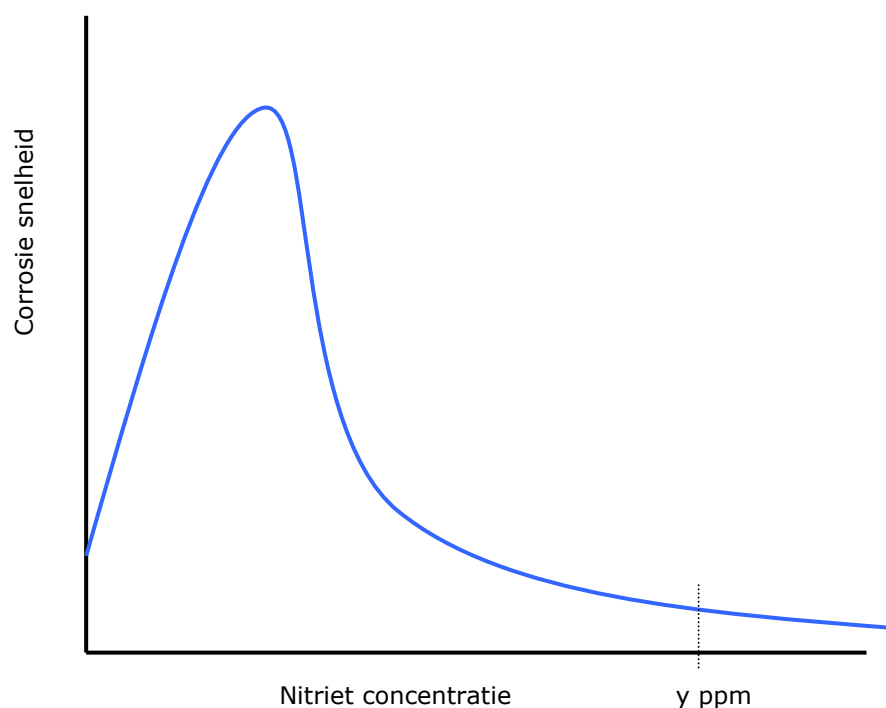
Stoffen zoals Calcium en Magnesium hebben de eigenschap dat ze slecht oplossen in water en naarmate de temperatuur toeneemt, zal de oplosbaarheid afnemen. We noemen dit soort stoffen dan ook negatief oplosbaar. Laten we eens aannemen dat er veel Calcium en Magnesium in water aanwezig is, dan zal als gevolg van verhitting van het water een deel van de aanwezige Calcium en Magnesium neerslaan en zich op de diverse motoronderdelen vastzetten. De verbindingen van Calcium en Magnesium hebben de eigenschap dat ze de warmte slecht geleiden, gevolg hiervan zal zijn dat de motor slechter gekoeld wordt en in het ernstigste geval oververhit raakt met alle gevolgen van dien. Om deze reden moet het water een relatief lage hardheid bevatten willen we het kunnen gebruiken. In tabel 5 is aangegeven dat de maximale hardheid 10 °DH bedraagt, dit komt overeen met circa 178 milligram  $\text{CaCO}_3$  per liter water.

#### 10.4.3 Sulfaten, Sulfieten en Chloriden

Sulfaten, Sulfieten en Chloriden hebben de eigenschap dat ze ijzer ernstig kunnen aantasten. Als deze stoffen in het koelwater aanwezig zijn kan het ijzer omgezet worden in onder andere IJzerSulfaat, IJzerSulfiet en IJzerChloride, in de volksmond noemt men dit simpelweg corrosie.

Chloriden hebben bovendien de eigenschap dat ze zich concentreren in bijvoorbeeld scheurtjes en onder afzettingen. Hierdoor kan plaatselijk de concentratie erg hoog worden en daarmee ook sterke plaatselijke corrosie.

Om dit soort corrosie tegen te gaan wordt Nitriet aan het water gedoseerd. Het Nitriet wordt in de vorm van poeder aangeleverd. Het moet voor gebruik dan ook goed in water opgelost worden, voordat het aan het koelwatersysteem wordt gedoseerd. Om een idee te geven wat de relatie is tussen het Nitrietgehalte en de corrosiesnelheid is dit grafisch weergegeven op afbeelding 3.



Afbeelding 3. De corrosiesnelheid als functie van het Nitriet gehalte.

Uit de grafiek blijkt dat de concentratie Nitriet in het systeem groter moet zijn dan  $y$  ppm, de genoemde concentratie is afhankelijk van de leverancier van het product en varieert van 500 – 2500 ppm.

Om bovengenoemde redenen moet het water wekelijks op bepaalde stoffen worden gecontroleerd, dit is weergegeven in tabel 6.

Stof	Gewenste waarde
pH	8 – 11 (Bij 25 °C)
Nitriet (NO <sub>2</sub> )	500 – 2500 ppm, afhankelijk van de leverancier)
Chloride (Cl <sup>-</sup> )	< 40 mgr/liter
Sulfaten (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 100 mgr/liter

Tabel 5. Wekelijkse controle.

Tevens moet het koelwater 4 maal per jaar gecontroleerd worden op de gegevens zoals vermeld in tabel 7.

Stof	Gewenste waarde
IJzer (Fe)	< 1 mgr/liter
Nitraat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	< 200 mgr/liter
Calcium (Ca <sup>2+</sup> )	Totale hardheid Ca+Mg < 10 °DH
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )	
Koper (Cu <sup>2+</sup> )	< 1 mgr/liter

Tabel 6. Controle 4 maal per jaar.

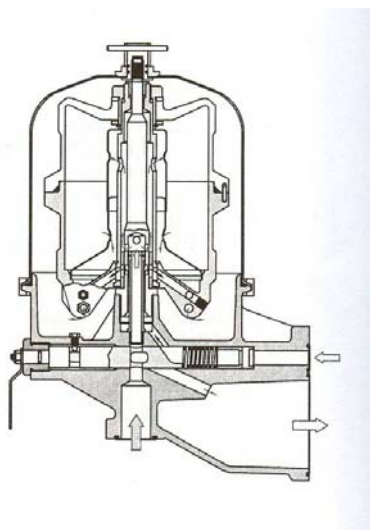
Als opmerking dient het volgende nog vermeld te worden. Als er een constante snelle toename van het Nitraatgehalte (NO<sub>3</sub>) optreedt in combinatie met dezelfde afname van Nitriet (NO<sub>2</sub>), dan duidt dit meestal op de aanwezigheid van bacteriën. Deze kunnen binnentreden doordat bijvoorbeeld zout water gedoseerd is of ander vuil water.

## 10.5 Onderhoud aan de machine onderdelen

Tegenwoordig is bij alle motorleveranciers het onderhoud van de motoren geregeld volgens een strak schema via draaiuren. De eigenaar krijgt een overzicht wanneer hij/zij onderhoud aan de motor moet plegen, een voorbeeld van een dergelijk schema is hierna beschreven. Uiteraard kan dit variëren van leverancier tot leverancier.

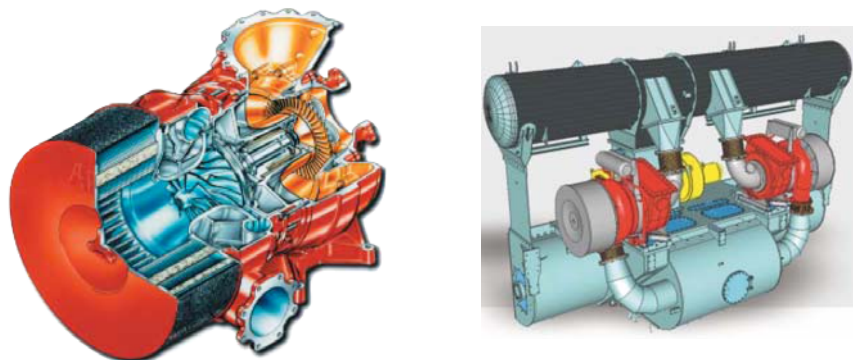
### 10.5.1 250 draaiuren

- Reinig het centrifugaal filter dat op de motor gebouwd is.



Afbeelding 4. Centrifugaalfilter.

- Was de turbine rookgaszijdig met water, handel hier volgens de door de leverancier vermelde instructies. Meestal moet het vermogen van de motor hiertoe gereduceerd worden tot circa 40%.
- Reinig het compressorgedeelte van de turbine met water. Dit geschiedt altijd met 100 % vermogen.



Afbeelding 5. Uitlaatgassenturbine. Bron Sulzer.

Links is een opengewerkte uitlaatgasturbine weergegeven, met aan de linkerkant het inlaatfilter. Op de rechter foto is een set opgebouwde uitlaatgasturbines te zien, bovenin zitten de luchtfilters.

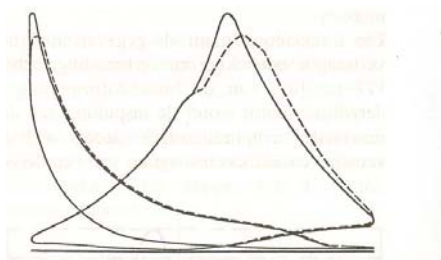
In tabel 7 is weergegeven waar het waswater voor de turbine en de compressor aan moet voldoen.

Eisen die aan waswater gesteld worden			
Component	Symbool	Maximale waarde	Eenheid
Chloriden	Cl <sup>-</sup>	1,5 1,16	mgr/Nm <sup>3</sup> ppm (massa)
Waterstofsulfide	H <sub>2</sub> S	375 0,25	μgr/Nm <sup>3</sup> ppm (volume)
Zwavel dioxide	SO <sub>2</sub>	1,25 0,43	mgr/Nm <sup>3</sup> ppm (volume)
Stof concentratie van deeltjes groter dan 5μm		3	mgr/Nm <sup>3</sup>
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	94 0,125	mgr/Nm <sup>3</sup> ppm (volume)

Tabel 7.

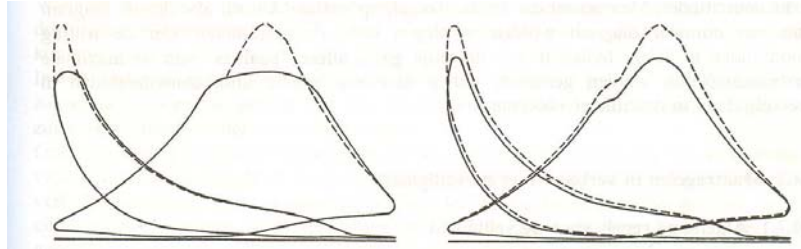
### 10.5.2 500 draaiuren

- Neem een smeeroliemonster van de circulatieolie voor analyse.
- Controleer het watergehalte van de smeerolie.
- Neem indicator diagrammen. Indicator diagrammen worden tegenwoordig elektronisch genomen met behulp van druksensoren en een computer. Het diagram wordt door de computer vergeleken met een standaard diagram zoals het er volgens de motorleverancier uit moet zien bij een gegeven belasting. Hieruit kan de ervaren werktuigkundige zijn conclusies trekken.
- Op het onderstaande diagram staat het goede diagram in de computer gestippeld weergegeven. Aan dit diagram zien we bijvoorbeeld dat de brandstofinspuiting te vroeg is. Na de eindcompressiedruk loopt de verbrandingsdruk te snel op.



Brandstofinspuiting te vroeg.

Op de hier onderstaande diagrammen zien we dat bij het linker diagram de brandstofinspuiting veel te laat is, we zien namelijk een sterk verlaagde verbrandingsdruk. Op het rechter diagram zien we dat de compressiedruk te laag is, bijvoorbeeld versleten zuigerveren of een lekke klep.



*Brandstofinspuiting te laat.*

*Te lage compressiedruk.*

### 10.5.3 1000 draaiuren

- Controleer de klepspelings.
- Controleer en reinig het brandstoffilter.

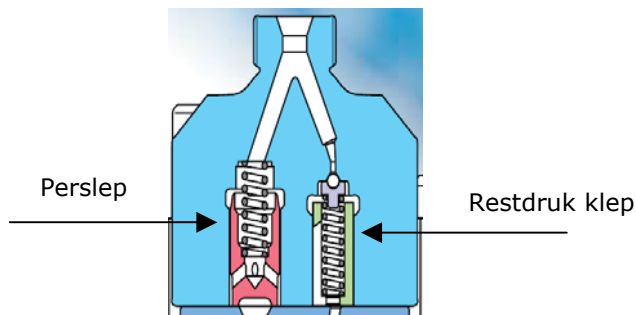


*Afbeelding 6. Automatisch brandstoffilter Boll en Kirch. Bron WEB Aruba.*

- Reinig het luchtfilter van de uitlaatgassen turbine.

#### 10.5.4 2000 draaiuren

- Controleer de koelwaterzijde van de spoelluchtkoelers
- Vervang eventueel op aanraden van het smeerolieanalyse rapport de smeerolie.
- Test de automatische overspeed.
- Ververs de olie in de reguleur.
- Controleer druk en temperatuurtransmitters op goede werking.
- Test de verstuivers. Dit gaat met behulp van een aparte boosterpomp. De openingsdruk is afhankelijk van de motorleverancier. Bij controle van de verstuivers worden tevens de persklep en de restdrukklep van de brandstofpomp gecontroleerd, zie afbeelding 7. Verder is het noodzakelijk de lichthoogte van de naald te controleren, een te hoge lichthoogte resulteert in een te grote hoeveelheid brandstof die ingespoten wordt.



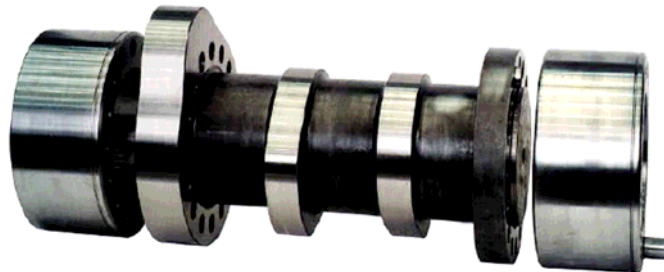
Afbeelding 7. Persklep en restdrukklep van de brandstofpomp.



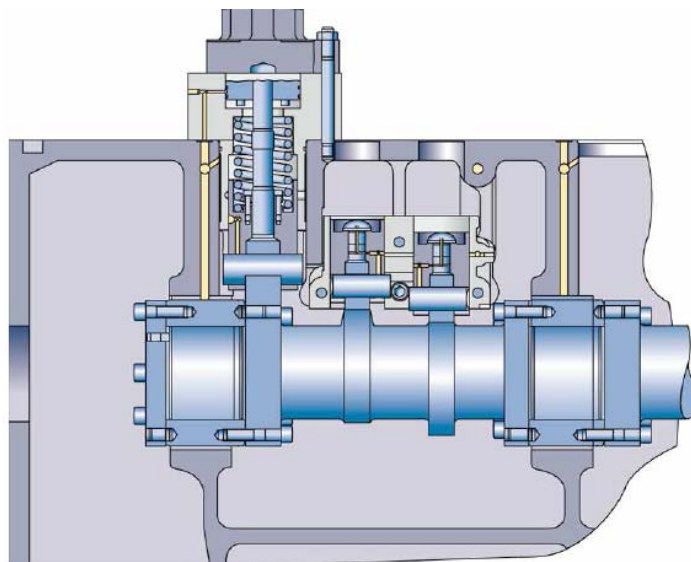
Afbeelding 8. Een hoge druk brandstofpomp met een aangesloten verstuiver. Bron Wärtsilä.

### 10.5.5 4000 draaiuren

- Controleer de nokken van de nokkenas op beschadigingen.
- Controleer de ligging van de krukas door middel van een krukasklokking.
- Controle van de smeeroliekoeler.
- Controleer de timing van de brandstofpompen.

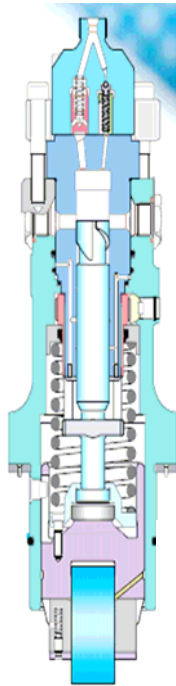


Afbeelding 9. Een stuk van de nokkenas. Bron Wärtsilä.

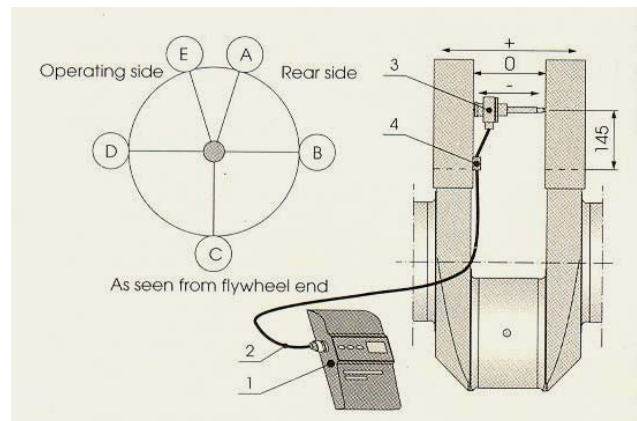


Afbeelding 10. De nokkenas ingebouwd in de motor. Bron Wärtsilä.



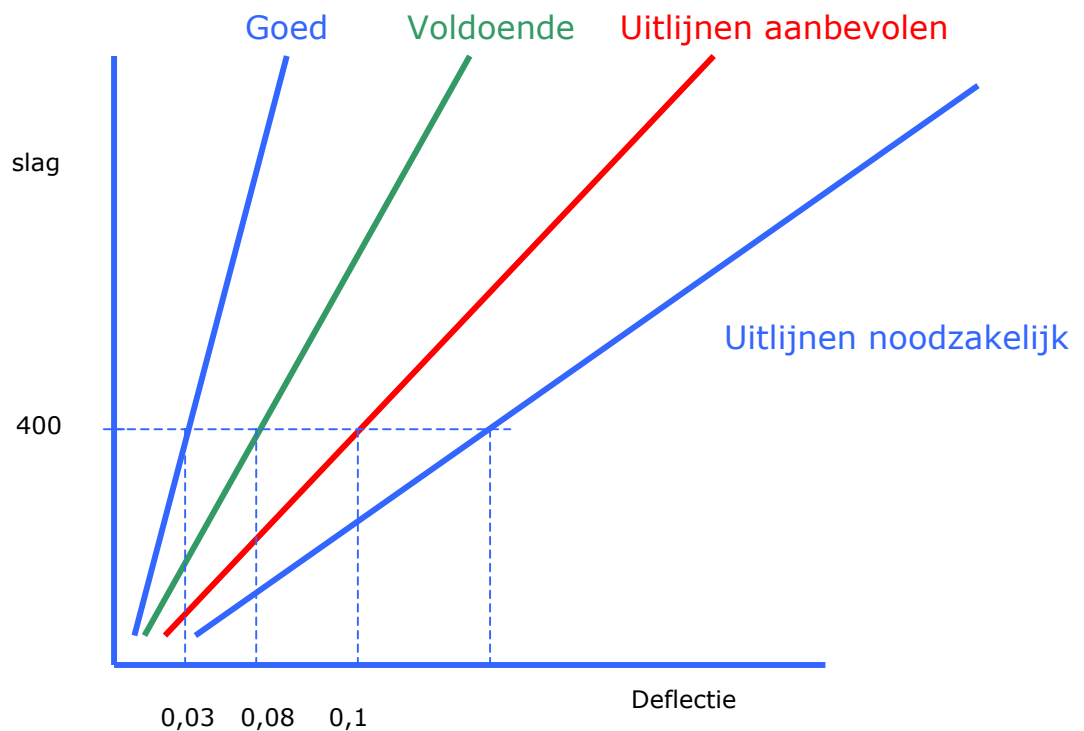


Afbeelding 11. De Hoge druk brandstofpomp. Bron Wärtsilä.



Afbeelding 12. Het klokken van de krukas.

Op afbeelding 12 is te zien hoe de krukas geklokt wordt. Men begint met de kruk in bodem, dus de klok, in dit geval een elektronische klok in top. In top wordt de klok op nul gezet en vervolgens worden de verschillende aflezingen genoteerd. Op een meetrapport kan gezien worden of de uitslagen binnen of buiten de toegestane grenzen vallen.



Afbeelding 13. Tabel voor controle krukasligging.

Op afbeelding 13 is een grafiek weergegeven waarin men kan zien hoe het gesteld is met de ligging van de krukas in de motor. Als voorbeeld is hier een motor genomen met een slag van 400 millimeter. De deflectie staat in hondersten van millimeters gegeven.

#### 10.5.6 8000 – 12000 draaiuren

- Controleer de tandwielaandrijving tussen krukas en nokkenas. Op afbeelding 14 is een krukas weergegeven met een aangebouwd tandwiel om de nokkenas aan te drijven. Hier dient gecontroleerd te worden op speling tussen de tanden, verder moet er op beschadigingen van de tanden gecontroleerd worden.



Afbeelding 14. Een krukas met tandwiel. Bron Wärtsilä.

- Controleer de lagers van de drijfstang.

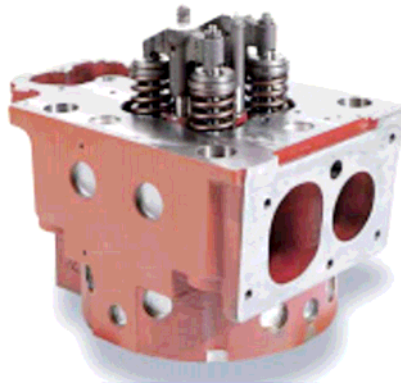


*Afbeelding 14. Een drijfstang met bijbehorende lagerschalen. Bron Wärtsilä.*

De lagerschalen dienen gecontroleerd te worden op beschadiging en eventuele verkleuring. Afhankelijk van het materiaal waarvan de lagerschalen gemaakt zijn kan men visueel een beoordeling maken. Bij bijvoorbeeld de zogenaamde Koper-Lood lagers wordt het lager visueel afgekeurd als het onderliggende nikkel zichtbaar wordt.

De lagerschalen worden voorgespannen gemonteerd, dus als ze eenmaal er uit gehaald zijn, is terugplaatsen is niet meer mogelijk. Dit in verband met opstuiken van de deelvlakken.

- Algehele inspectie van het cilinderdeksel.  
De werkzaamheden die hier van belang zijn, zijn onder andere:
  - Reinig de onderkant van het cilinderdeksel
  - Controleer de koelwaterruimte op reinheid en eventuele aanslag



*Afbeelding 15. Een gedemonteerd cilinderdeksel. Bron Wärtsilä.*

- Bij bepaalde typen motoren kan men de kleppen schuren, als de kleppen van Nimonic gemaakt zijn, dan kunnen ze niet geschuurd worden maar dienen ze geslepen te worden.
- Controle van eventuele kleprotators
- Controleer de tuimelaars
- Controleer de aanzetkleppen

- Inspectie van de cilindervoeringen.

Bij de inspectie van cilindervoeringen wordt er in eerste instantie gelet op beschadigingen van het loopvlak en wordt de voering in lengterichting en in dwarsrichting met behulp van een speermaat gemeten. Deze meting geeft de totale slijtage van de voering aan. Op rapporten van de motorleverancier kan men dan zien of de slijtage toelaatbaar is of niet. Het opmeten van de voering gebeurt met behulp van een mal die in de voering gehangen wordt. In deze mal zitten op vaste plaatsen gaten waar de speermaat in gezet wordt, zo meet men elke keer op dezelfde plaats. Als er smeergroeven in de voering aanwezig zijn worden deze gecontroleerd op diepte. Verder schrijven diverse motorleveranciers het voor om tijdens deze controlebeurten de voering opnieuw te honen. De voering wordt hierbij opgeruwd om de hechting van de smeerolie beter te laten hechten aan het oppervlak. Op afbeelding 16 is te zien hoe de voeringslijtage, van een grote kruishoofdmotor, met behulp van een speermaat wordt opgemeten. Links op de foto ziet u de mal hangen om de speermaat in te plaatsen.



*Afbeelding 16. Het opmeten van de cilindervoering met behulp van een speermaat.*



*Afbeelding 17. De voering van een "kleiner" type motor met aan de bovenkant een gemonteerde anti polishing ring.*

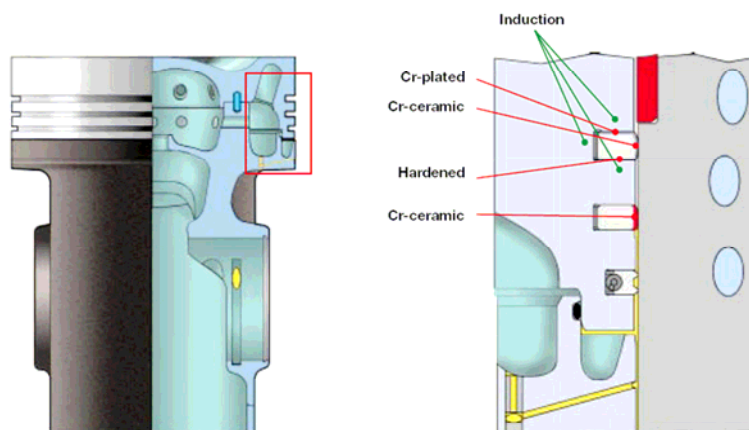
In veel gevallen schrijft de motorfabrikant het voor om de eerste keer de antipolishing ring te draaien en bij de volgende beurt deze te vernieuwen.

- Inspectie van de zuigers.

Voor de zuiger geldt ongeveer hetzelfde als voor de voering. In eerste instantie wordt de zuiger schoongemaakt. Bij de zuiger wordt er gecontroleerd op onder andere, inbranden kroon, speling tussen zuigerveer en sponning, de speling tussen hemd en kroon en het gat voor de bevestiging van de zuigerpen wordt opgemeten. De zuigers worden in lengterichting en in dwarsrichting gemeten. Ook hier zijn de meetresultaten te vergelijken met een door de fabrikant opgegeven maximum slijtage. Verder worden van de zuigers de sponningen opgemeten, zowel de hoogte als de diepte. De hoogte van de sponning is belangrijk. Deze wordt tijdens bedrijf namelijk steeds groter doordat de zuigerveer er steeds tegenaan slaat. Bij montage van de zuigerveren dient men er altijd op te letten of er op de veren een merkteken "TOP" staat. Sommige compressieveren zijn namelijk licht schuin aflopend, ze werken dan tevens als een "schraapveer". Als men de zuigerveren op de kop monteert, zal het smeerolieverbruik van de motor aanmerkelijk toenemen.



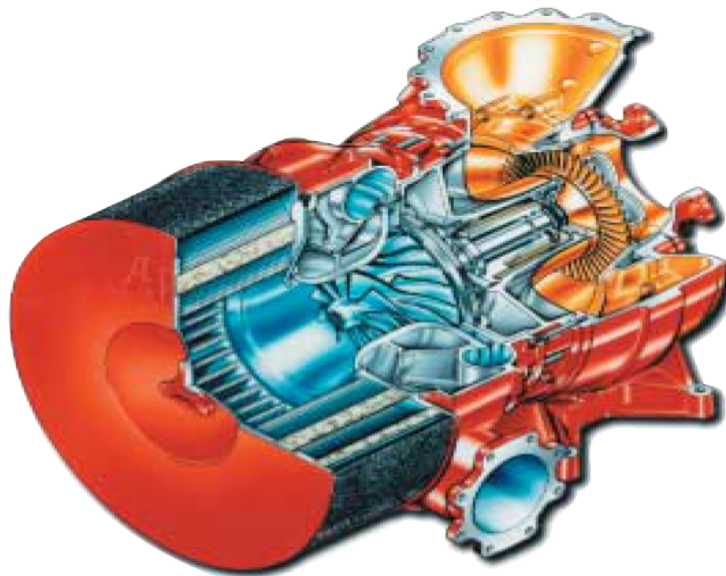
Afbeelding 18. De zuiger van een mediumspeed motor, draaiend op zware olie met ernaast, vergroot, een set zuigerveren.



Afbeelding 19. Een detail van de sponning van een zuiger.

Op afbeelding 19 is te zien dat de zuigerveren vaak voorzien zijn van Chroom en Keramiek. Verder zijn de sponningen gehard om slijtage te beperken.

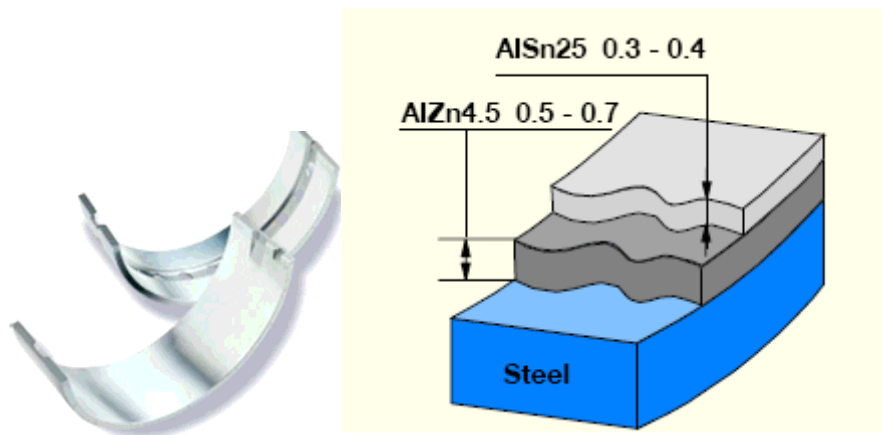
- Inspectie van de koelwaterpompen, smeeroliepompen en brandstof opvoer pompen. Hierbij wordt bij de centrifugaalpompen vaak naar de waaiers gekeken, de smeerolie en de brandstof pompen zijn vaak van het verdringer type, hier dient men de tandwielen te controleren op slijtage. Tevens worden van deze pompen de as afdichtingen gecontroleerd op slijtage en lekkage en indien nodig vernieuwd. Verder worden van de koelers vaak de thermostatische regelkleppen gecontroleerd op hun goede werking, dit doet men door ze in een bak water te leggen, het water te verwarmen en dan controleren of de klep opent.
- Inspectie van de lagers van de turbine.  
Voor de inspectie van de turbinelagers dient men altijd het handboek van de turbineleverancier te raadplegen. Inspectie van de turbinelagers houdt echter altijd in dat de lagers vernieuwd dienen te worden en dat de oude lagers opgestuurd worden naar de fabrikant voor revisie. Op afbeelding 20 is te zien dat het een hele operatie is om de turbine te demonteren en de lagers te wisselen.



*Afbeelding 20. Een opengewerkte tekening van een uitlaatgassenturbine.*

### 10.5.7 12000 – 20000 draaiuren

- Controle van de nokkenaslagers.
- Controle van de hoofdaslagers.
- Controle hoge druk brandstofpompen.
- Ververs olie in de torn.
- Neem een oliemonster van de trillingsdemper.
- Controle van de aanzetautomaat.



Afbeelding 21. Links lagerschalen, Rechts de opbouw van een Aluminium, Tin, Zink lager.

### 10.5.8 Levensduur

In tabel 8 is weergegeven wat het verschil tussen onderhoudsbeurten van verschillende onderdelen is bij een motor draaiend op Zware olie en een motor draaiend op dieselolie. In dezelfde tabel is weergegeven wat de te verwachten levensduur van de onderdelen is, als de motor op zware olie of op dieselolie draait.

Onderhoud en levensduur van onderdelen van een willekeurige motor				
Brandstof	HFO	MDO	HFO	MDO
Viscositeit bij 50 °C (mm <sup>2</sup> /s)	700	10	700	10
Onderdeel	Tijd tussen onderhoudsbeurten in uren		Geschatte levensduur in uren	
Zuiger	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	48.000 - 60.000	60.000 - 100.000
Zuigerveren	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000
Cilindervoering	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	60.000 - 100.000	> 100.000
Cilinderdeksel	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	60.000 - 100.000	> 100.000
Inlaatkleppen	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	36.000 - 40.000	40.000 - 48.000
Uitlaatkleppen	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	24.000 - 40.000	20.000 - 48.000
Verstuivers	4.000	4.000	4.000 - 8.000	8.000 - 12.000
Brandstofpomp	24.000	24.000	24.000 - 48.000	24.000 - 48.000
Hoofdas lagers	16.000 - 20.000	16.000 - 20.000	32.000 - 40.000	32.000 - 40.000
Drijfstang lagers	12.000 - 20.000	20.000 - 24.000	24.000 - 40.000	24.000 - 40.000

Tabel 8.



### 10.5.9 Tijdafhankelijke controle

Behalve dat er controles en onderhoud op draaiuren is, bestaat er ook onderhoud of controle beurten die op tijd gaan, onafhankelijk van het aantal draaiuren. Omdat tegenwoordig veel instrumenten elektronisch zijn zullen we deze regelmatig op hun goede werking moeten controleren.

Tegenwoordig hebben we de beschikking over allerlei testapparatuur om thermometers, en manometers te controleren. Thermometers en temperatuur transmitters, worden in een bakje water met behulp van een ijk thermometer gecontroleerd op juistheid. Manometers en druk transmitters, worden met behulp van een testpomp met een geijkte manometer gecontroleerd op hun goede werking en zonodig afgesteld. De controle van thermometers en manometers wordt gewoonlijk eens per kwartaal uitgevoerd.

Verder worden eens per half jaar alle alarmeringen en elektrische bedieningen van de motor getest, hiervoor heeft elke leverancier zijn eigen testprocedures.

We noemen enkele belangrijke tests:

- Overspeed
- Uitlaatgassentemperatuur alarm en automatische slowdown
- Koelwatertemperatuur alarm en automatische stop
- Smeeroliettemperatuur alarm en automatische stop
- Spoelluchttemperatuur alarm en eventuele automatische stop
- Koelwaterdruk alarm en automatische stop
- Smeeroliedruk alarm en automatische stop
- Noodstop, lokaal en op afstand
- Brandstofdruk alarm
- Brandstoftemperatuur alarm
- Brandalarm van de ruimte waarin de motor staat opgesteld
- Controle van een eventuele automatische blusinstallatie met bijbehorend alarm als dit in werking treedt.
- Controle van de generator trip

## 10.6 Samenvatting

Bij een motorinstallatie kunnen we in eerste instantie onze zintuigen gebruiken om de "conditie" van het werktuig te controleren, dit zijn:

- Wat zien we?
- Wat ruiken we?
- Wat horen we?
- Wat voelen we?

### **Controle brandstof:**

Brandstof wordt gecontroleerd op:

- Viscositeit
- Dichtheid
- Water
- Zwavelgehalte
- Asgehalte
- Vanadium
- Natrium
- Conradson getal
- Asfalteneen
- Vlampunt
- Stolpunt
- Aluminium

### **Controle smeerolie:**

Smeerolie wordt gecontroleerd op:

- Viscositeit
- Water
- Base Number
- Onoplosbaar in n-heptaan
- Flash point

### **Controle koelwater:**

Het koelwater wordt gecontroleerd op:

- pH
- Hardheid
- Chloride gehalte  $\text{Cl}^-$
- Sulfaat gehalte  $\text{SO}_4^{2-}$

Verder is het onderhoud op draaiuren, dit is afhankelijk van de motorleverancier.

### 10.7 Vragen

- Geef een zeer algemene beschrijving van een controle van een motorinstallatie.
- Beschrijf hoe men de brandstof dient te controleren op zijn juiste eigenschappen.
- Welke eigenschappen zijn van een brandstof de belangrijkste?
- Wat moet grofweg het Base Number van een smeerolie zijn als de brandstof 4% zwavel bevat?
- Beschrijf hoe men een representatief smeerolie monster dient te nemen.
- Op welke eigenschappen wordt een circulatieolie in het laboratorium onderzocht?
- Geef een korte beschrijving waarop en waarom het koelwater van een dieselmotor wordt onderzocht.
- Hoe dient men kleppen te reviseren die van Nimonic vervaardigd zijn?
- Hoe beoordeelt u de conditie van trimetaallagers?
- Beschrijf hoe u de conditie van een zuiger controleert.
- Beschrijf hoe u de conditie van een voering controleert, betrek hier ook de speermaat bij.
- Waarom denkt u zal de slijtage boven in de voering het grootst zijn?