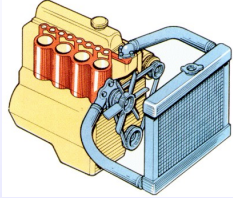


## SOĞUTMA SİSTEMLERİ



Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA

### Motorun yaklaşık ısı dengesi

Efektif güç olarak elde edilebilen ısı	% 24
Sürtünmeye kaybedilen ısı	% 4
Egzozla kaybedilen ısı	% 40
Soğutma ile kaybedilen ısı	% 28
Radyasyonla kaybedilen ısı	% 4
Toplam	%100

### Soğutma sisteminin gereği ve önemi

- ◆ İş zamanında yanma odasındaki sıcaklık 2000 – 2500°C'ye kadar ulaşır. Ancak, yanma odasında iş yapan gazların sıcaklıkları zamana bağlı olarak o kadar hızlı değişir ki, soğutma olmasa bile gazların silindirdeki genişlemelerine bağlı olarak soğumaları, egzoz ve radyasyon ısı kayıpları nedeniyle yüzey sıcaklığı hiçbir zaman maksimum çevrim sıcaklığına ulaşamaz. Yine de, bazı motor parçaları 800°C'ye kadar ısınabilir ve bu yüksek sıcaklıkların yapısal özelliklerle sınırlandırılması gerekir.
- ◆ Pistonlu içten yanmalı motorlar her zaman soğutma sistemleri ile donatılarak, silindir, piston, supap ve diğer ilgili parçaların sıcaklıkları kontrol edilir.

### Soğutma sistemleri

- ◆ Motor parçaları soğutulmadığı takdirde;
  - Parçaların mekanik dayanımı azalır.
  - Parçalar aşırı genişler ve hareketli parçalar arasında yağ boşluğu kalmaz. Yağlanamayan parçalar kuru sürtünme sonucu oluşan ısının da etkisiyle birbirine kaynar veya sıkışır. (Pistonun silindirden sıkışması ve yatak sarma gibi)
  - Motor yağı, yağlama özelliğini kaybederek görevini yapamaz. Bu durum da kuru sürtünmeye yol açar ve aynı sonuçlar meydana gelir.
- ◆ Motor çalışma sıcaklığına ulaşmadan istenilen gücü veremez. O hâlde soğutma sisteminin görevi; motor parçalarının, motor yağının aşırı ısınmasını önlemek ve motorun tam güç verecek şekilde çalışma sıcaklığında kalmasını sağlamaktır.
- ◆ Soğutma sistemleri, sıvılı ve havalı olmak üzere iki çeşittir.

### Soğutma sistemleri...

- ◆ Soğutucu yeterince hızlı bir şekilde devirdaim yapmalı, motordan geçişi sırasında sıcaklığındaki artış, sıvı soğutmalılarda 10...15°C ve hava soğutmalılarda 20...40° C 'yi geçmemelidir.
- ◆ Düşük soğutucu sıcaklığının avantajı, sıcak yüzeylerin sıcaklıklarının düşmesi ve hacimsel verimin artmasıdır.
- ◆ Soğutucu sıcaklığının düşmesi ile silindir gömleği kayıpları, ısıl gerilmeleri ve varsa radyatör boyutları artar.
- ◆ Sıvı ile soğutma yapıldığında soğutucu sıcaklığı genellikle kaynama sıcaklığının altında tutulmaktadır.
- ◆ Modern uygulamalarda soğutma sistemi içerisindeki kaynama noktasını yükseltmek için basınçlı soğutma sistemleri kullanılmaktadır.
- ◆ Radyatör kapasitesinin küçültülmesi gereken durumlarda, yüksek kaynama noktalı sıvılar kullanılmaktadır.

### Soğutma sistemleri...

- ◆ Taşıt motorlarında, çabuk ısınmayı sağlamak ve motor sıcaklığını kontrol etmek için termostatik kontrollere düzenlenmektedir.
- ◆ Soğutma suyu sıcaklığı kaynama noktasının hemen altında iken motor verimi maksimumdur.
- ◆ Sıcak çalışma aynı zamanda yakıtın viskozitesini azaltarak dağıtımını kolaylaştırmakta, özgül yakıt tüketimini ve silindir aşınmasını da azaltmaktadır.
- ◆ Motorun çabukca ısıtılması maksimum gücün mümkün olan en kısa zamanda üretilmesine ve yağlama yağının viskozitesini düşürerek piston sürtünmesinin azalmasına, mekanik verimin artmasına sebep olur.

### Soğutma sistemleri...

- ◆ Soğutma suyu sıcaklığının 20°C 'den 90°C 'ye kadar yükseltilmesi ile güçte % 10 dolayında bir artış olmaktadır.
- ◆ Bu kazancın çoğu piston sürtünmesindeki azalmadan dolayıdır. İmalâtçıların piston tasarımı, piston basınçları ve piston hızı ile yakından ilgilenmelerinin nedeni de budur.
- ◆ Motorun ısınması sonucu içeriye alınan karışımın kütesinin azalması nedeniyle olan kayıp ile güçteki kazanç kısmen birbirini dengelemektedir. Ortalama efektif basınç % 3 kadar azalmaktadır. Sonuç olarak sıcak çalışan bir motorun güç ve verimindeki net kazanç, % 5...% 8 dolayındadır.
- ◆ Son zamanlardaki içten yanmalı motor denemeleri, motoru yüksek sıcaklıkta çalıştırıp, düşük viskoziteli yağlama yağları kullanmak ve sürtünme kayıplarını azaltarak maksimum gücü elde etmek yolundadır.
- ◆ Sıcaklık nedeniyle hacimsel verimdeki azalmayı en az düzeyde tutmak amacı ile soğuk havanın motor haznesi dışından motora alınması için düzenlemeler yapılmış ve böylece daha büyük kütledeki oksijen alınması ile güçte % 15 kadar artış sağlanmıştır.

### Soğutma yöntemi

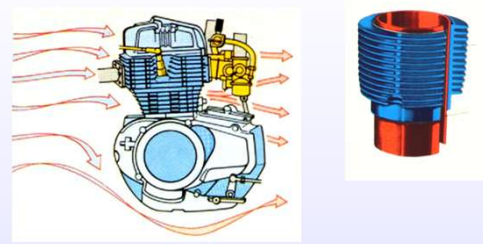
- ◆ Motor silindirlere soğutulması başta kondüksiyonla olmak üzere, konveksiyon ve kısmen de radyasyonla olmaktadır.
- ◆ Aynı giriş-çıkış ve debi koşullarında **sıvı (su+antifriz) ile soğutmanın** soğutma avantajı, havaya oranla yaklaşık 175 kattır.
- ◆ **Hava ile soğutma** sistemlerinde havanın bilinen sıvı ile soğutma sistemlerindeki suya oranla çok daha yüksek hızlarda (dört ile sekiz katı) ve düşük sıcaklıklarda (havanın sıcaklığı genellikle 40°C 'den az, halbuiki soğutma suyunun sıcaklığı genellikle 80-90°C dolayında) kullanılması, ayrıca silindirin dışındaki soğutma yüzeylerini artırmak üzere (10 ile 125 kat arasında) kanatçıkların (finlerin) eklenmesiyle, sıvı ile soğutmanın doğal avantajı hemen hemen ortadan kalkmaktadır.
- ◆ Benzer koşullarda, hava ile soğutulan silindirlerinkinden yine de daha yüksek olmaktadır.

### Soğutma yöntemi...

- ◆ Hava ile soğutma, finler için yeterli alan sağlayan karışık silindiri (boksör tipi) motorlar ile radyatör ve soğutma sistemi için uygun yerin bulunmadığı bir veya iki silindiri motorlar için kısmen cazip olabilir.
- ◆ Çalışmaları sırasında yüksek hava hızlarının elde edilmesi nedeniyle, küçük uçak motorları hava ile soğutma sistemlerinin doğal olarak uygun olduğu motorlardır.
- ◆ Hava ile soğutma sistemlerinin küçük portatif ve sabit motorlar ile motosiklet motorları için de uygun olduğu söylenebilir.
- ◆ Silindir çapı arttıkça hava ile soğutma güçleşmektedir. Bu yüzden, silindir çapı 150 mm' nin üzerinde olan hava ile soğutulan motor hemen yoktur.

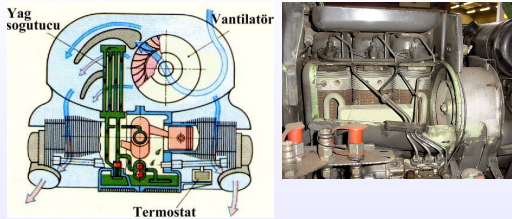
### Hava ile soğutma sistemleri

- Serbest akışlı sistem



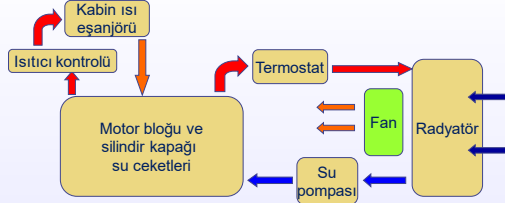
### Hava ile soğutma sistemleri...

- Zorlanmış akışlı sistem

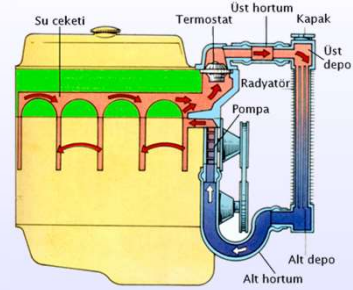
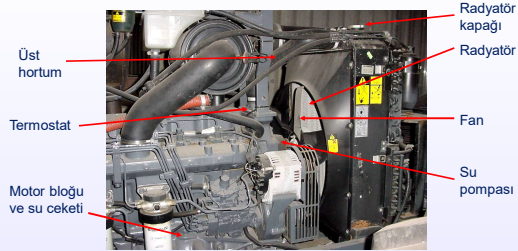


### Sıvı ile soğutma sistemi

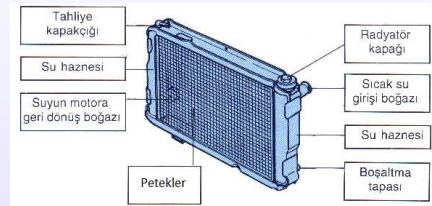
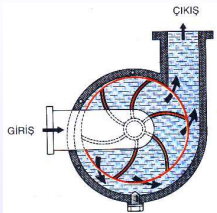
- Sıvı ile soğutma sisteminde ısınan motorun çalışma sıcaklığına kadar soğutulması, su ve antifriz karışımı sıvı ile sağlanır.
- Soğutma işlemi su pompası, radyatör ve vanilatör (fan) tarafından yapılır.

**Sıvı ile soğutma sistemi...****Sıvı ile soğutma sistemi...**

Basit bir sıvı soğutma sistemi düzenlemesi

**Sıvı ile soğutma sistemi...****Radyatör**

Soğutma sıvısıyla motordan alınan ısıyı havaya veren aygıt. Su taşıyan kanallardan oluşan petekler ve suyun girişini sağlayan üst hazne ve motora tekrar geri gönderen alt haznedeki meydana gelir. Kimi radyatörler yandan kazanlıdır. Sıvı üstten radyatöre girer, kanallardan aşağıya akarken dış hava akımı sayesinde soğur.

**Su pompası**

Pompa, soğutma suyunun motor ile radyatör arasında devretmesini sağlar, radyatörden gelen soğutma sıvısını motora su çekelerine basar. Pompalar çoğu zaman vantilatör kayışı yardımıyla krank kasnağından hareket alarak döner. Basılan su miktarı, saatte 20 ton kadardır.

**Genleşme kavanozu (taşma kabı)**

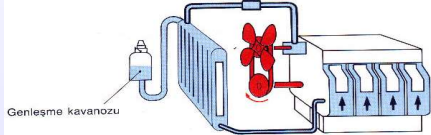
Motor ısındıkça içindeki soğutucu sıvı genişler. Genleşme kavanozu sıvının dışarı taşıp ziyan olmasını ve sistemin sıvı kaybını önler. Motor soğuyunca soğutma sisteminde oluşan vakum genleşme kavanozuna taşmış olan sıvının tekrar sistem içine emilmesine olanak sağlar. Sistem kapalı olduğundan herhangi bir su kaybı olmaz. Genleşme kavanozunun bir diğer özelliği de sistemin havasını almasıdır. Hava kabarcıkları bulunan bir soğutucunun verimi azalır.

### Vantilatör (Fan)

**Vantilatör:** Radyatör petekleri arasından bol miktarda havanın geçmesini ve radyatörün daha etkin soğutma yapmasını sağlar.

**Vantilatör kayışı,** krank kasnağından hareket alarak su pompası, vantilatör ve alternatörü döndürür.

Yeni motorların çoğunda vantilatör bir elektrik motoruna bağlıdır. Bu motor su ceketine bağlanan bir sıcaklık sensörü ile irtibatlıdır. Sensör, soğutma sıvısının sıcaklığına bağlı olarak, motor soğukken vantilatörün çalışmasını ve motorun gereksiz yere soğumasını önler.



### Termostat

Motorun en kısa sürede ısınmasını ve sıcaklığının istenilen değerde kalmasını sağlar.

Termostat, motor soğutma sıvısının sıcaklığına bağlı olarak çalışan bir valftir. Motor soğuk iken termostat kapalı durumdadır.

Motor soğutma sıvısı ısındığında termostatın içindeki madde gaz haline dönüşerek meydana getirdiği basınçla termostatu yavaş yavaş açmaya başlar ve termostat supabının müsaade ettiği miktardaki su radyatöre geçer. Motor çalışma sıcaklığına ulaştığında, termostat tamamen açılır. Soğutma sıvısı soğuduğu zaman oluşan vakum, termostatın kapanmasını sağlar. Termostatın kapanmasıyla, soğutma sıvısının radyatörde soğutulması önlenerek motorun daha kısa zamanda ısınması sağlanır.

### Antifriz

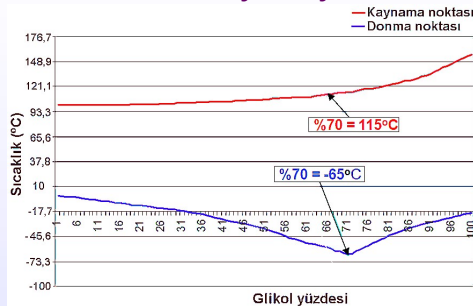
Soğutma sistemi içindeki su  $\sim 0^{\circ}\text{C}$  derecede donar. Donan su genişerek motor bloğunun çatlamasına ve radyatör lehimlerinin atmasına sebep olur. Sistemdeki suyun donmasını önlemek için soğutma suyuna **antifriz** karıştırılır.

Antifriz kutuları üzerinde istenilen sıcaklıklara dayanabilecek karışım oranları belirtilmiştir. Bir litre su ile bir litre antifriz karışımı  $-38^{\circ}\text{C}$  derece sıcaklığa kadar motoru donma tehlikesinden koruyabilir. Antifriz aynı zamanda su ceketlerini oksitlenmeye karşı da korur. Antifrizli suyu yaz kış motorda tutmanın herhangi bir zararı yoktur. Antifriz içinde bulunan bazı maddeler zamanla tortu oluşturur. Oluşan tortu, radyatörde tıkanmalara sebep olur. Bu nedenle her iki yılda bir eski antifriz atılır yenisi konur. Yeni antifriz motora konmadan önce radyatör ve motor temizlenir.

### Antifriz tipleri

- ◆ Etilen glikol
  - Daha etkili ısı transferi
  - Daha zehirli (öldürücü zehir)
- ◆ Propilen glikol
  - Daha az etkili ısı transferi
  - Daha az zehirli daha güvenli
- ◆ Öneri
  - Köpeğinizi sulayacaksanız- *propilen glikol* kullanın.
  - Motorunuzu soğutacaksanız- *etilen glikol* kullanın.
- ❖ Yüksek glikol konsantrasyonu kötü ısı transferi demektir.
- ❖ Etilen glikol ısıyı su kadar iyi transfer etmez.

### Glikolün donma ve kaynamaya etkisi



- ◆ Yüksek glikol konsantrasyonu, kötü ısı transferi demektir.
- ◆ Etilen glikol ısıyı su kadar iyi transfer etmez.

### Sıvı ile soğutma sistemi...

- ◆ Sıvı (su+antifriz) ile soğutmanın avantajları:
  - Daha sessiz çalışma
  - Daha iyi sıcaklık kontrolü
- ◆ Dezavantajlar:
  - Güç/ağırlık oranının azalması
  - Geç ısınma
  - Donma problemi

**Soğutma suyu kapasitesi**

Soğutma suyuna geçen ısı:

$$\dot{Q}_w = \dot{m}C_p(t_2 - t_1)$$

$\dot{m}_w$  : soğutma suyu debisi, kg/s  
 $t_1$  : giriş sıcaklığı, °C  
 $t_2$  : çıkış sıcaklığı, °C  
 $C_p$  : soğutma suyunun özgül ısı, 4,187 kJ/kg °C

Soğutma ile kaybedilen ısı, yaklaşık olarak sisteme verilen ısıнын % 28'i kadardır.

$$\dot{Q}_w = \frac{0,28 \cdot b_e \cdot H_u \cdot P_e}{3,6 \cdot 10^6}$$

**ÖRNEK**

30 kW gücündeki bir benzin motorunda, soğutma suyu sıcaklıklarının girişte 15°C, çıkışta 80°C olması gerekiyorsa ve motorun özgül yakıt tüketimi 310 g/kWh ise, soğutma suyunun debisi ne olmalıdır?

**ÇÖZÜM**

$$\begin{aligned} \dot{Q}_w &= \frac{0,28 \cdot b_e \cdot H_u \cdot P_e}{3,6 \cdot 10^6} \\ &= \frac{0,28 \cdot 310 \cdot 42000 \cdot 30}{3,6 \cdot 10^6} = 30,38 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

Diğer yandan;

$$\begin{aligned} \dot{Q}_w &= \dot{m}C_p(t_2 - t_1) \\ \dot{m}_w &= \frac{\dot{Q}_w}{C_p(t_2 - t_1)} = \frac{30,38}{4,187(80 - 15)} = 0,112 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

**SON**