

HV-Seminarium, Lastfordonsgruppen  
Stockholm 2016-09-08

# Syntetiska Estrar eller Mineraloljor

## Egenskaper och prestanda som påverkar valet

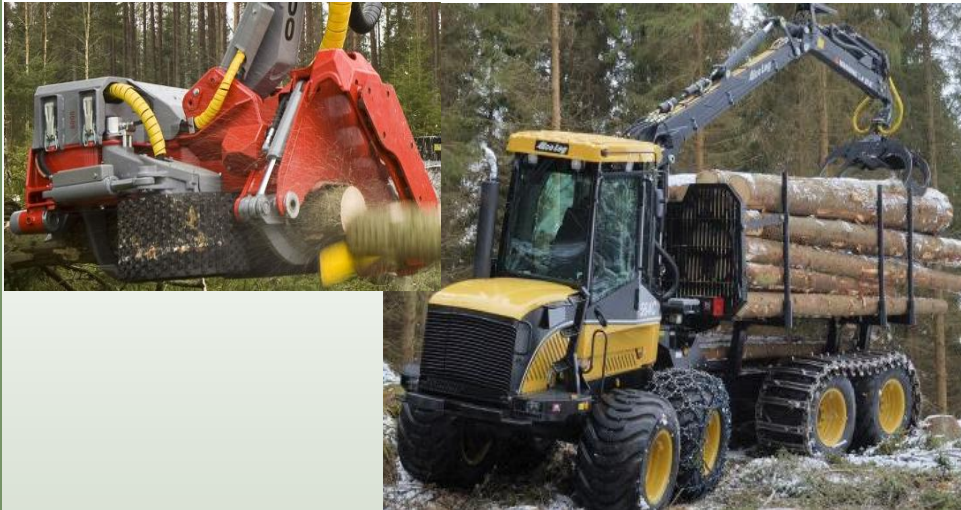
Karl-Erik Rydberg

**LiU/IEI/Flumes**

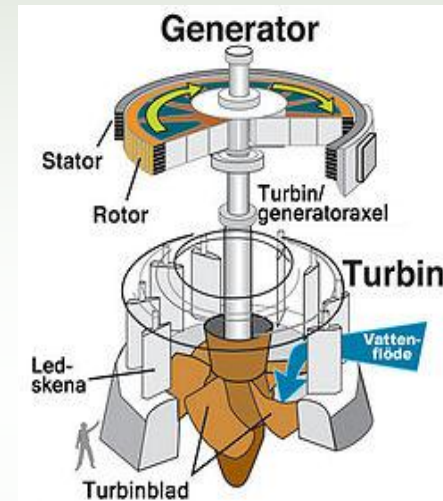
E-mail: [karl-erik.rydberg@liu.se](mailto:karl-erik.rydberg@liu.se)

# Viktiga användningsområden för miljöoljor

Miljöanpassade hydrauloljor i skogsindustrin sedan 1990



Miljö-oljor för vattenturbiner och fartyg sedan 2000



# Viktiga egenskaper hos hydraulvätskor

- Smörjegenskaper, smörjfilm med hög bärighet
- Viskositet, viskositetsindex (multigrade)
- Hög oxidationsstabilitet → lång livslängd
- Stort temperaturintervall
- Värmekapacitet
- Miljöanpassad – klara miljökrav även efter anv.
- God filtrerbarhet
- Pris

# Typisk specifikation för hydraulvätskor

## SHELL TELLUS S2 M

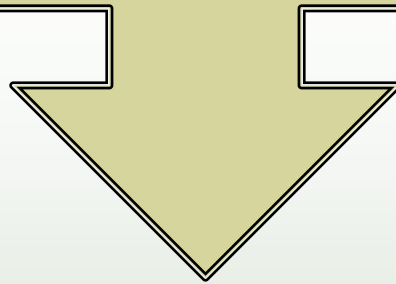
INDUSTRIAL HYDRAULIC FLUID

### TYPICAL PHYSICAL CHARACTERISTICS

CHARACTERISTICS	22	32	46	68	100
ISO Oil Type	HM	HM	HM	HM	HM
Kinematic Viscosity					
@ 0°C cSt	180	338	580	1040	1790
@ 40°C cSt	22	32	46	68	100
@ 100°C cSt	4.3	5.4	6.7	8.6	11.1
Viscosity Index	100	99	98	97	96
Density					
@ 15°C kg/L	0.866	0.875	0.879	0.886	0.891
Flash Point (PMCC)					
°C	204	209	218	223	234
Pour Point °C	-30	-30	-30	-24	-24

*Viskositet  
och VI har  
störst  
inverkan på  
systemför-  
lusterna*

*Hydraulvätskans viskositet och  
dess inverkan på  
systemförlusterna*



# Viskositetsdefinition och inverkan på förluster

Kinematisk viskositet:  $\nu$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

Dynamisk viskositet:  $\eta = \rho \cdot \nu$  [ $\text{Ns}/\text{m}^2$ ]

Exempel: “ISO VG 46”, innebär att vätskans kinematiska medelviskositet är 46 cSt vid 40 °C.

## Viskositetens inverkan på förluster i hydraulsystem

Laminär spaltläckning:

$$q_l \propto \frac{1}{\eta}$$

Friktionskrafter i tätspalter:

$$F_f \propto \eta$$

Tryckförluster vid laminär strömning:

$$\Delta p \propto \eta$$

# Teori för tryckförluster i ledningar

Tryckförlust i rak ledning med längden  $L$ , diametern  $d$  och strömningshastigheten  $v_m (= q/A)$

$$\Delta p_f = \frac{\lambda \cdot L \cdot \rho}{d} \cdot \frac{v_m^2}{2}$$

Friktionsfaktor,  $\lambda$ :

$$\lambda_{lam} = \frac{64}{\text{Re}} \quad \text{Re} < 2300$$

$$\lambda_{turb} = \frac{0,136}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad 2300 < \text{Re} < 10^5$$

Reynolds tal:

$$\text{Re} = \frac{d \cdot \rho \cdot v}{\eta} = \frac{d \cdot v}{\nu}$$

Laminär str.:

$$\Delta p_{f,l} = \frac{32 \cdot L \cdot \eta}{d^2} \cdot v_m$$

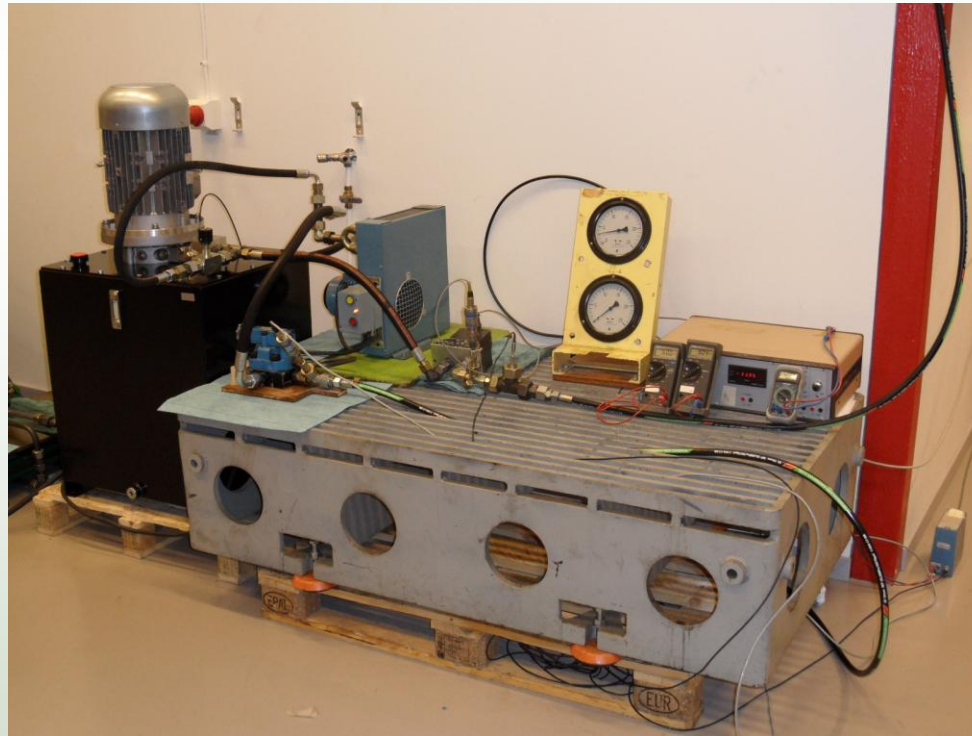
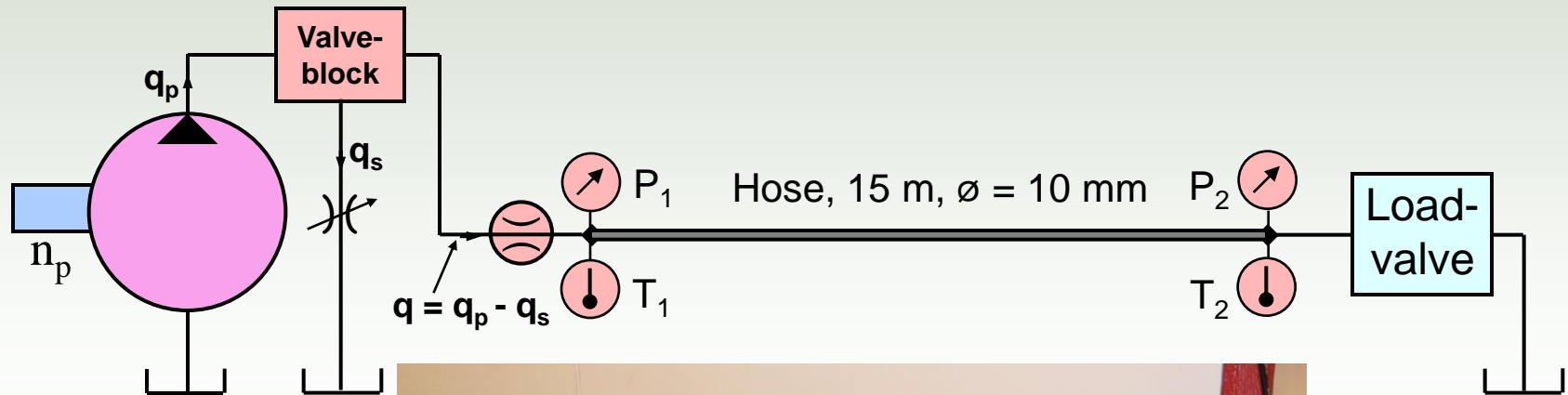
$\eta$  = dynamisk visk., [Ns/m<sup>2</sup>]

Turbulent str.:

$$\Delta p_{f,t} = \frac{0,068 \cdot L}{d^{1,25}} \cdot \rho^{0,75} \cdot \eta^{0,25} \cdot v_m^{1,75}$$



# Test-rigg för mätning av tryckförluster i ledningar, Flumes, LiU

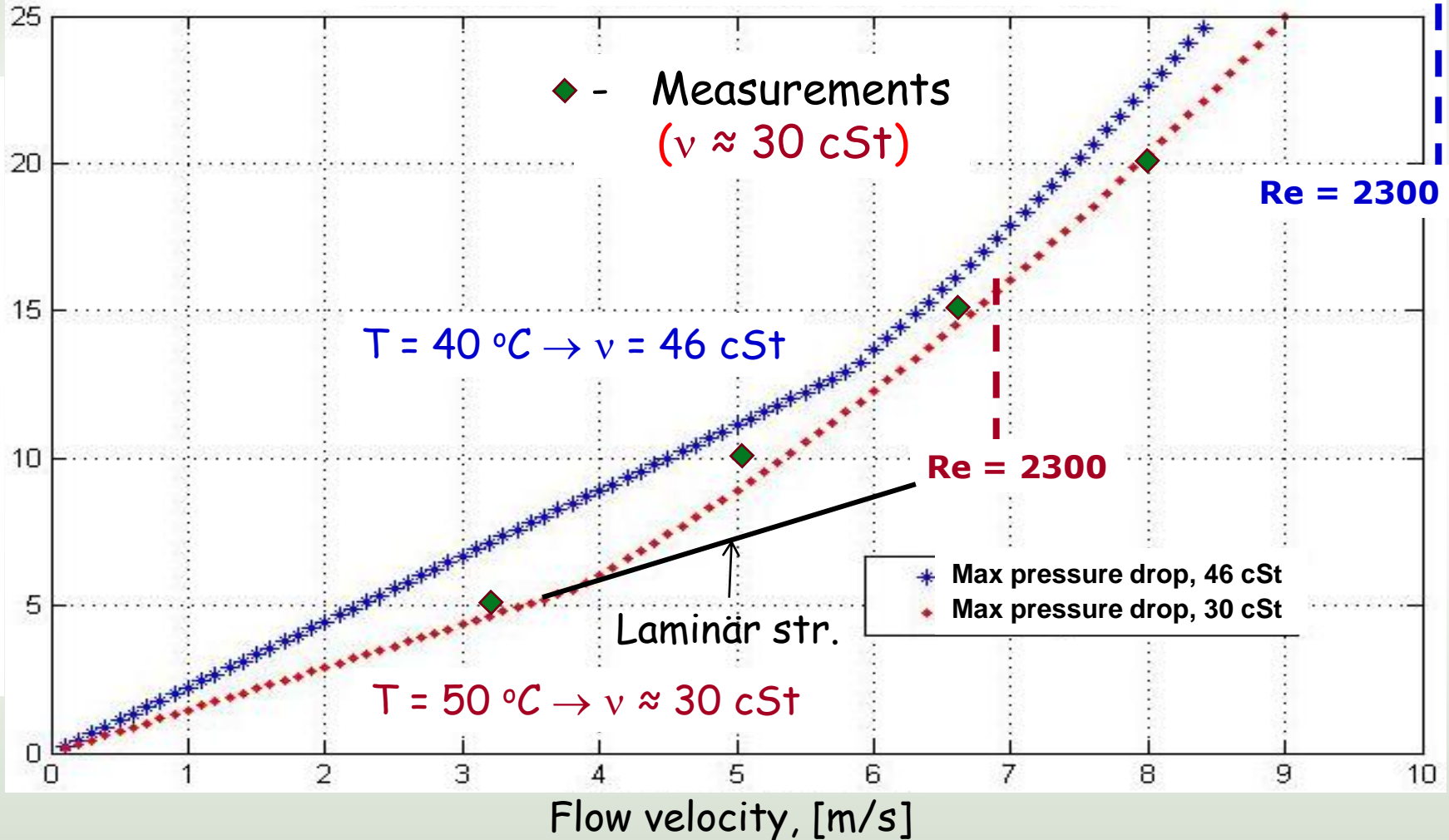




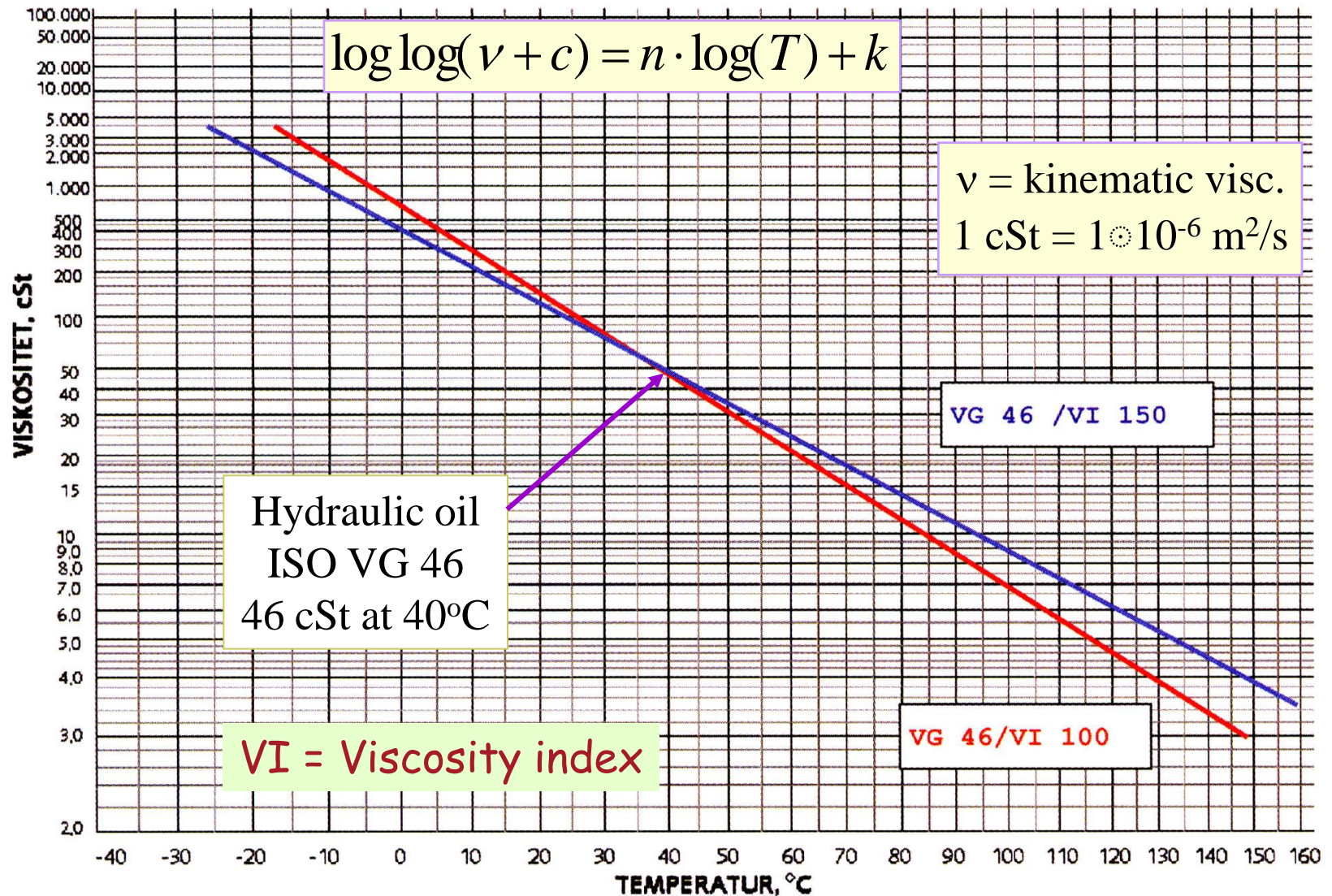
# Beräknade och uppmätta tryckförluster - Mineralolja, VG 46, VI = 98

Hose diam. = 10 mm, viscosity = 30-46 cSt, VI = 98

Hose pressure drop, [bar/15 m]

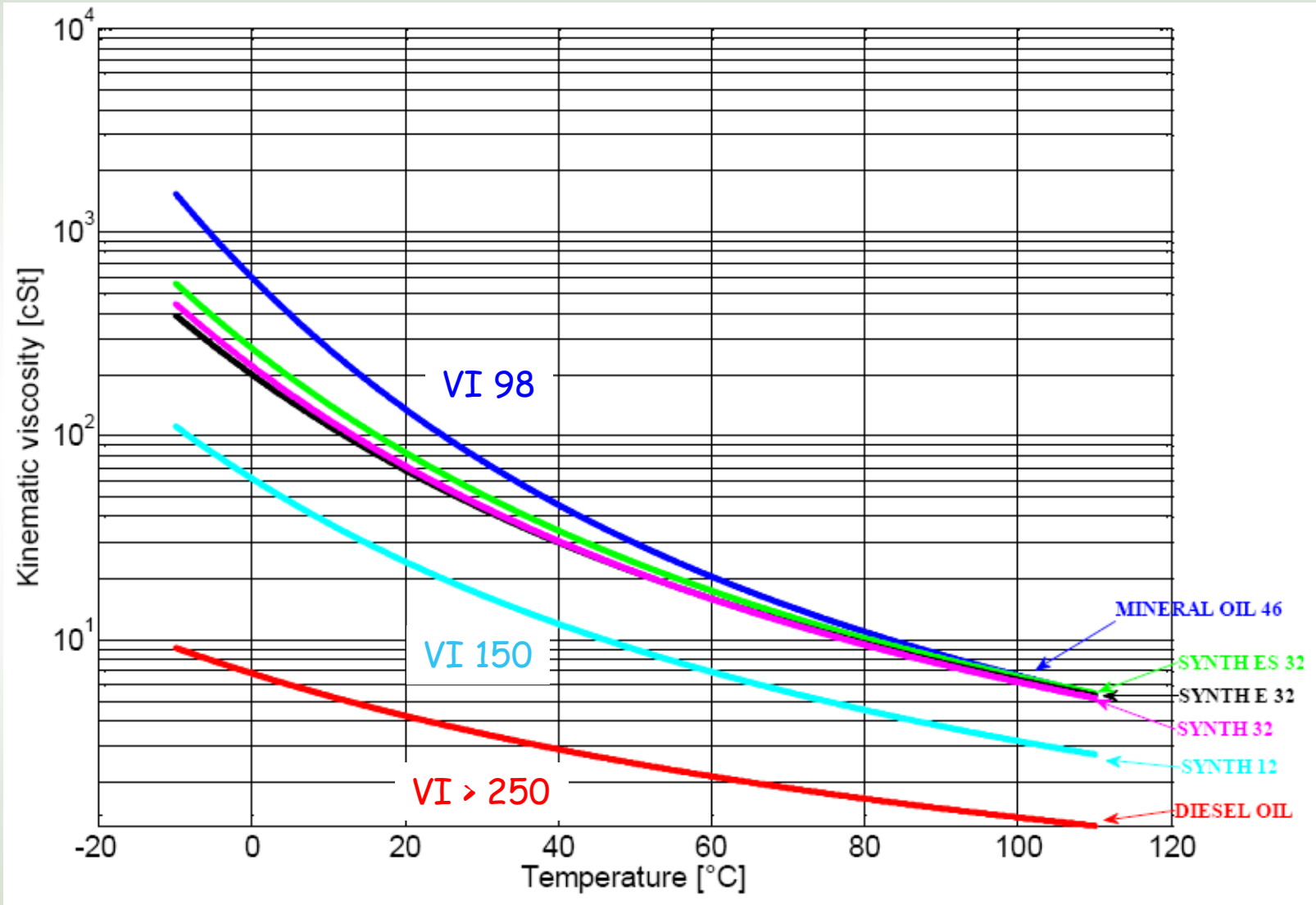


# Viskositets-diagram för hydraulvätskor



# Viskositet s f a temperatur

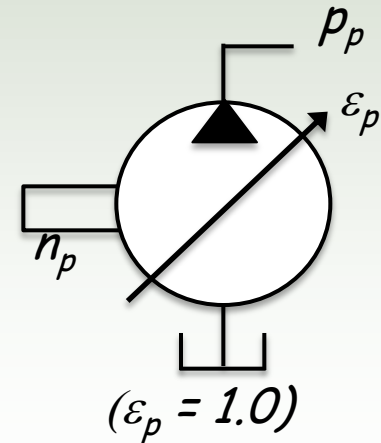
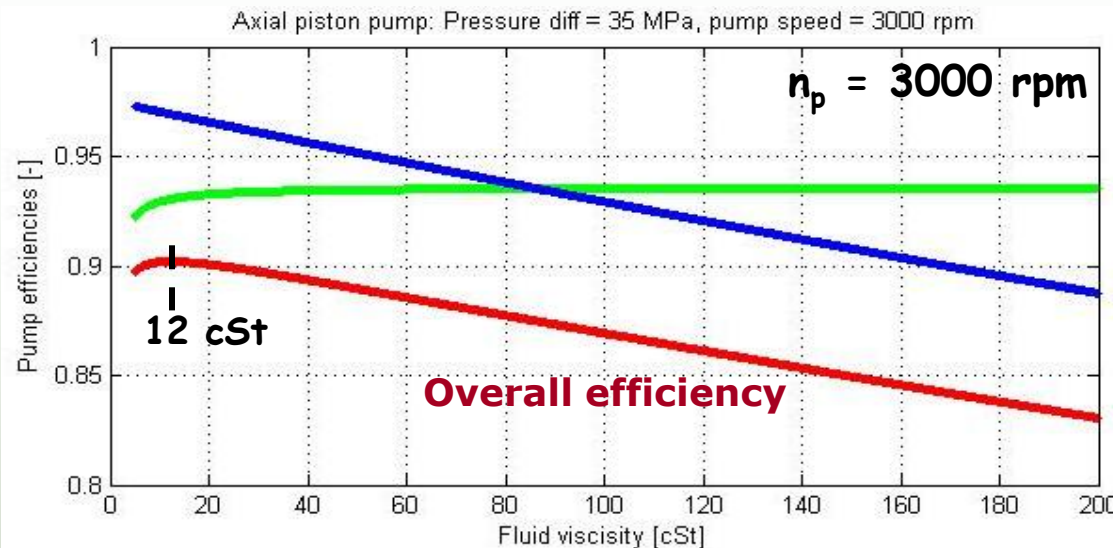
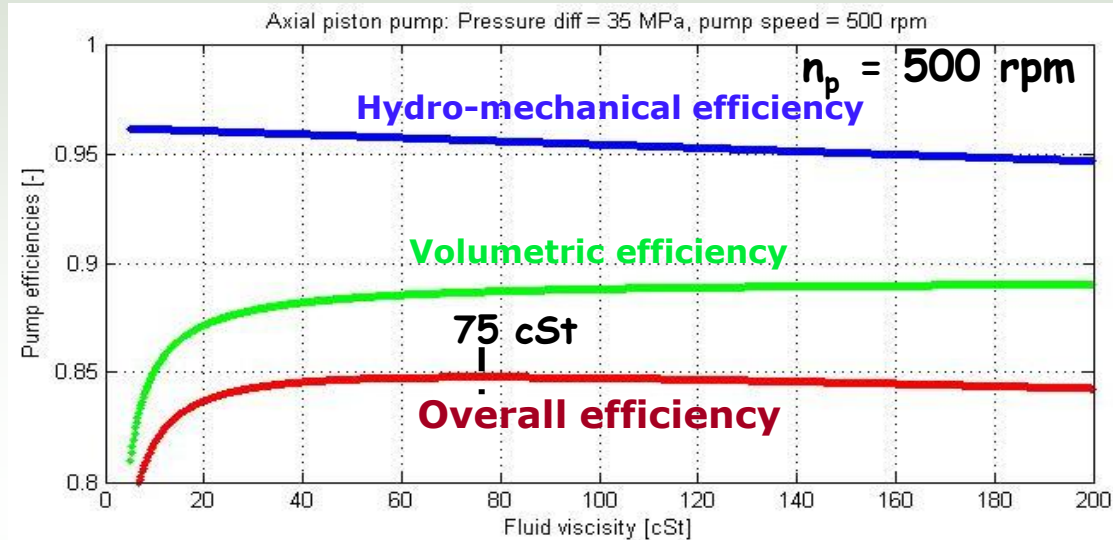
(uppmätta värden för 6 fluider, VG 2 - VG 46)





# Optimal oljeviskositet för axialkolv-pumpar

## Modellbaserade verkningsgradsberäkningar

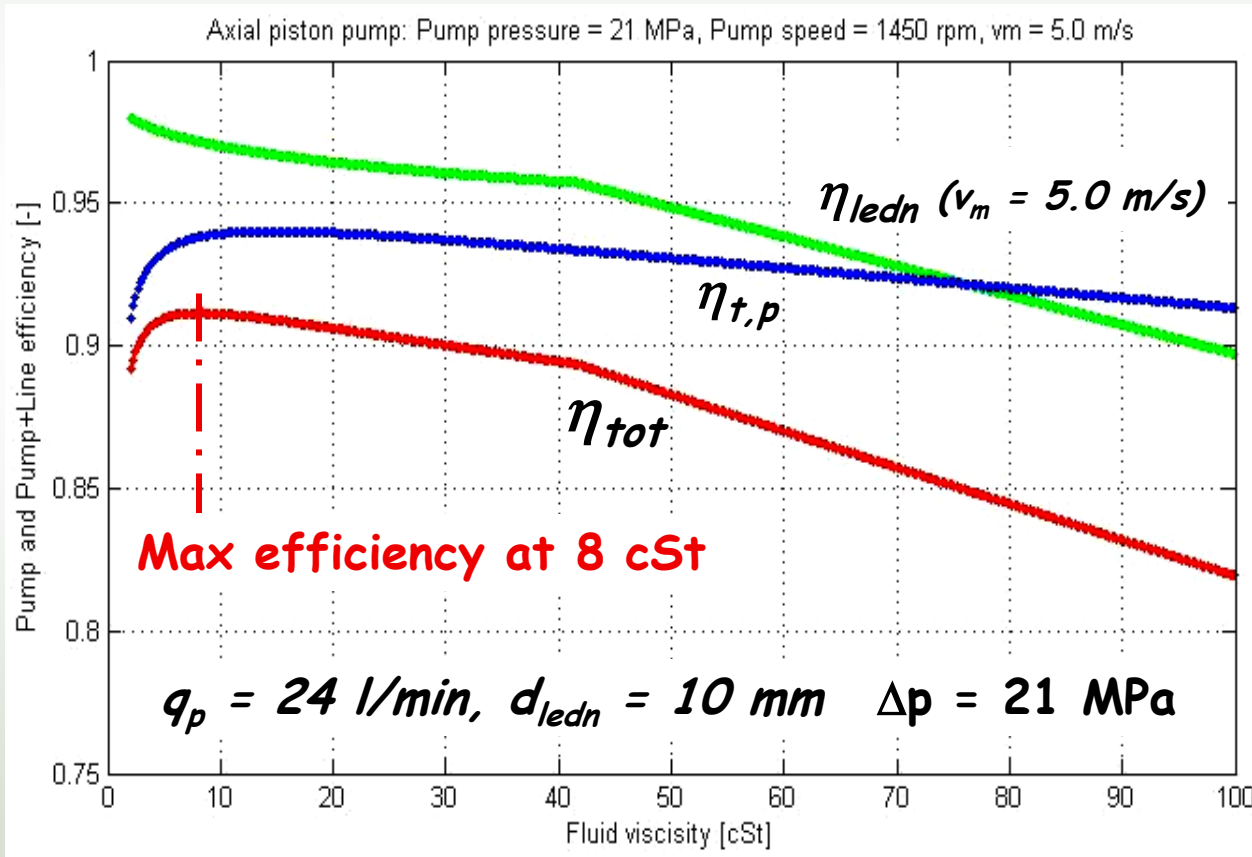
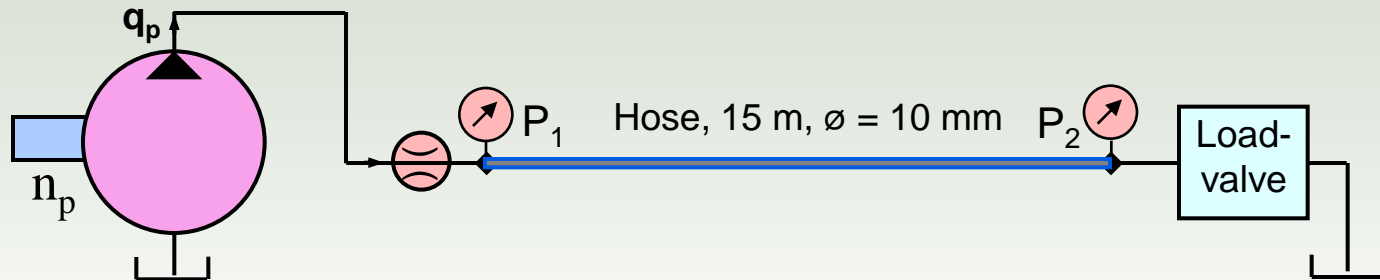


Optimal viskositet:

$$\eta_{opt} = \frac{p_p}{n_p} \cdot \sqrt{\frac{C_v}{k_v}}$$

$$h_{opt} \propto \frac{\text{Tryck}}{\text{Varvtal}}$$

# Verkningsgrader för pump och ledning



Ledningsverkningsgrad:

$$\eta_{ledn} = 1 - \frac{\Delta p_{ledn}}{p_p}$$

Pumpverkningsgrad:

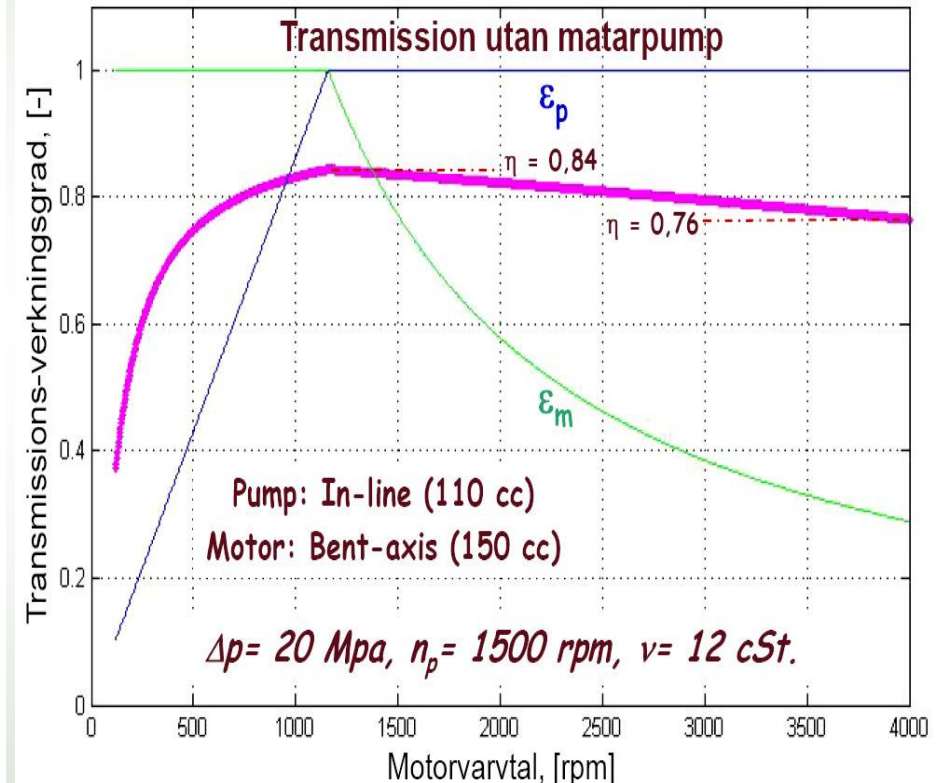
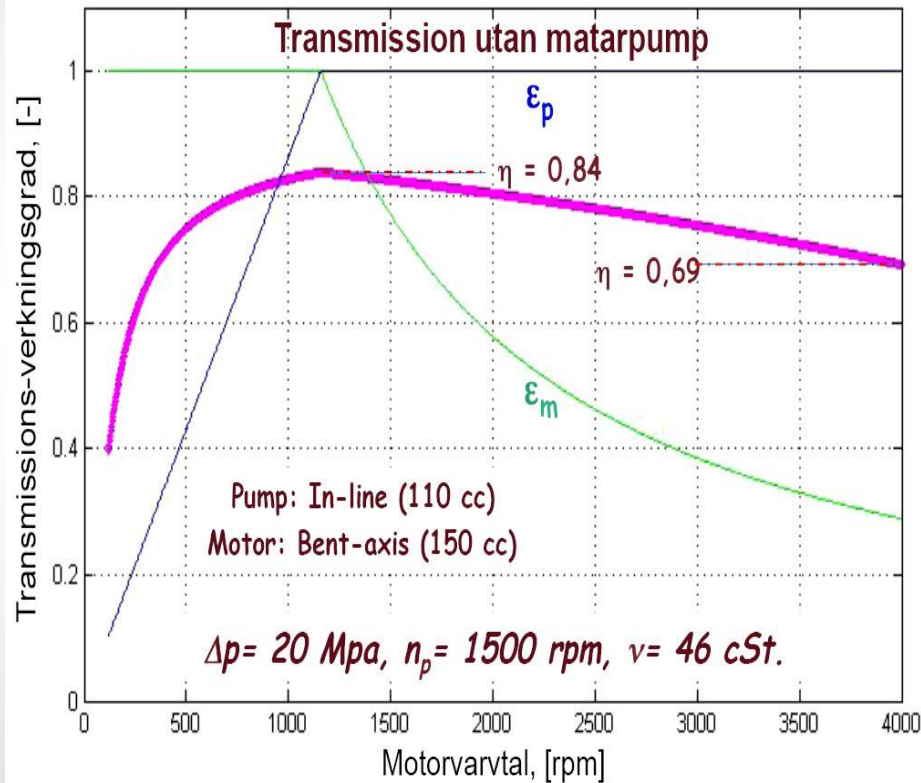
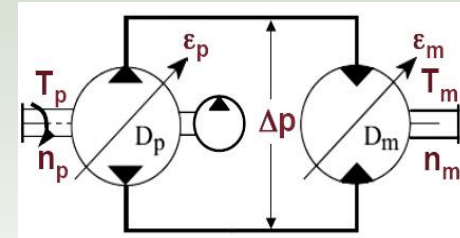
$$\eta_{t,p} = \eta_{v,p} \cdot \eta_{hm,p}$$

Totalverkningsgrad:

$$\eta_{tot} = \eta_{t,p} \cdot \eta_{ledn}$$

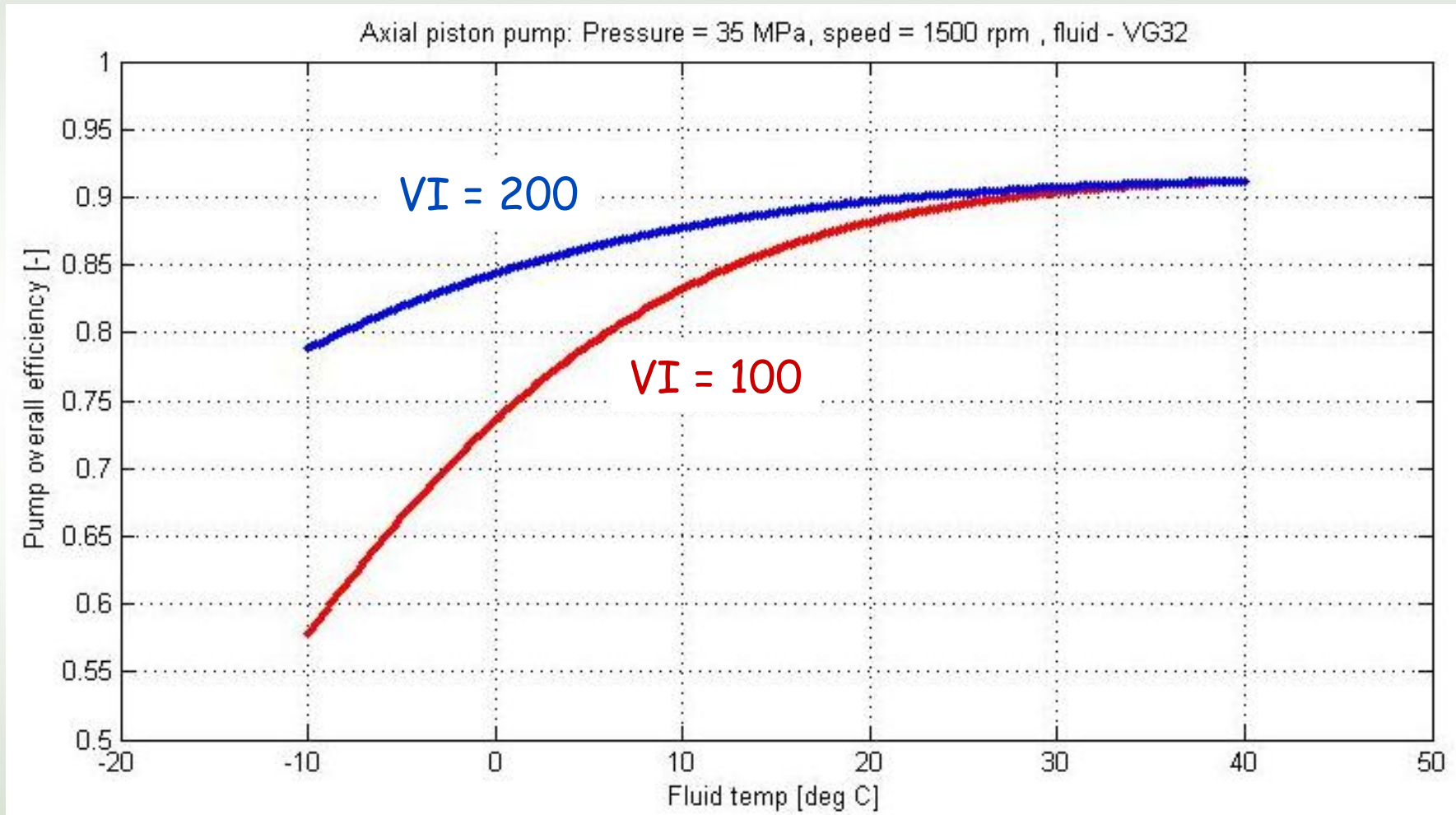
# Viskositetens inverkan på systemverkningsgraden

Hydrostatisk fordonstransmission:



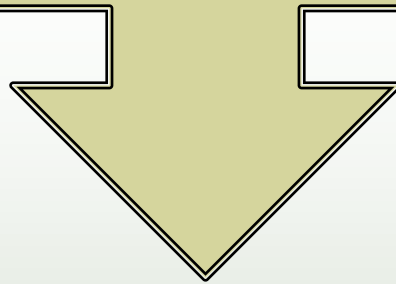
Låg viskositet förbättrar verkningsgraden vid höga motorvarvtal.

# Viskositetsindex - Inverkan på pumpverkningsgrad





*Något om olika hydraulväts-kors  
specifika egenskaper  
Hur välja lämpligaste vätskan?*



## Egenskaper hos mineralolja och syntetiska estrar

Egenskaper	Mineralolja	Omättad ester	Mättad ester
<b>Viskositet</b>	VG 10 – VG 68	VG 10 – VG 68	VG 10 – VG 68
<b>Viskositetsindex</b>	100	200	150 - 180
<b>Smörjning</b>	God	Mycket god	Mycket god
<b>Friktion</b>	Låg	Extremt låg	Mycket låg
<b>Oxidationsstab.</b>	Medel	Hög	Extremt hög
<b>Skjuvstabilitet</b>	Medel	Hög	Extremt hög
<b>Hydrolys</b>	Låg	Extremt låg	Mycket låg
<b>Luftavskiljning</b>	Medel	Bra	Mycket bra
<b>Vattenavskiljning</b>	Medel	Medel	Mycket bra
<b>Värmekapacitet, kyleffekt</b>	Medel	Hög	Hög
<b>Livslängd</b>	Medel	Medel	Mycket lång

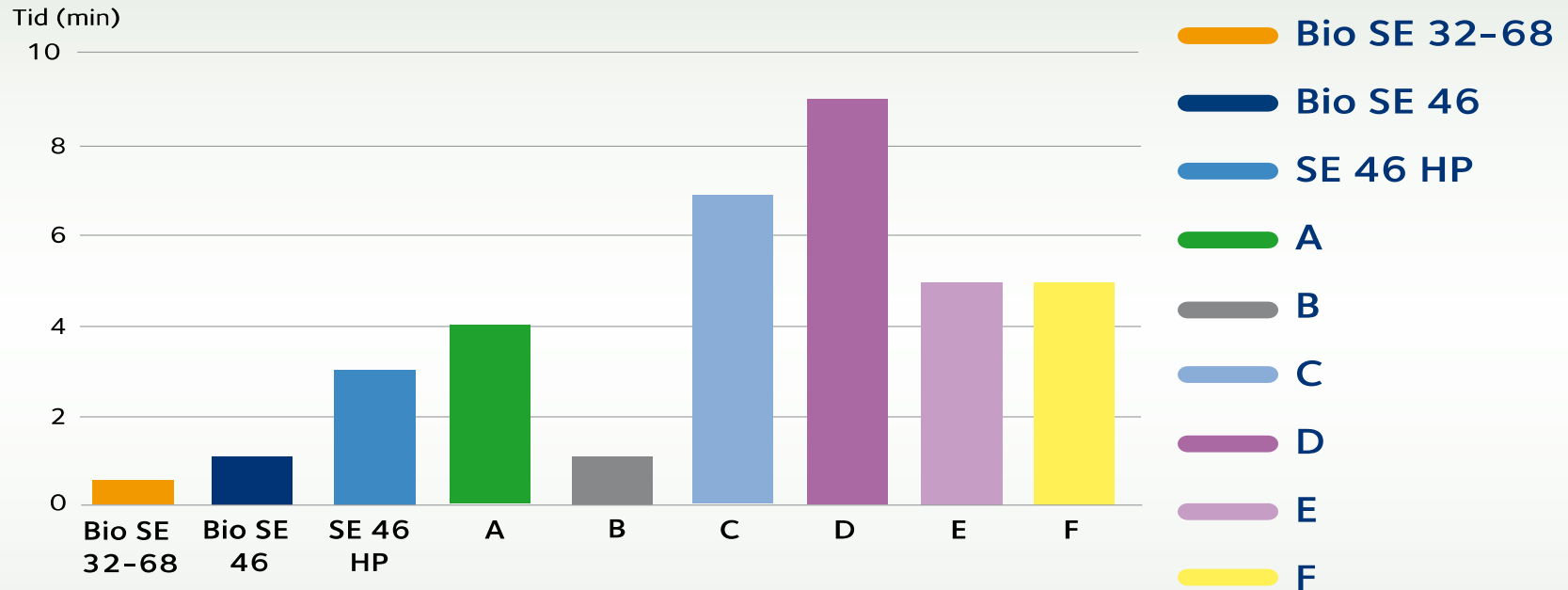
# Vad har hänt med de mineraloljebaserade hydrauloljorna?

/Artikel i FLUID SCANDINAVIA, NR 2/2016, av Lennart Strandberg och Anders Nygren/

- Bättre miljö- och hälsoegenskaper men försämrade tekniska egenskaper.
- I industriella hydraulsystem har noterats en försämrad oxidationsstabilitet hos oljorna, vilket lett till kraftigt reducerad livslängd på hydraulmaskiner och cylindrar.
- Oxidationspartiklarna ger avlagringar (varnish- eller hartsavlagringar) på metallytor. Ger slitage på rörliga metallytor och tätningar samt försämrar systemets kylförmåga.
- Oxidationspartiklarna bidrar till en accelererad oxidations-process som kan nå kritiska nivåer, alltså leda till haverier, på drifttider som är kortare än 1/5 av nominella drifttiden för en konventionell mineralolja.
- Oxidationsproblemen kan avhjälpas med avancerad filtrering. Oxidationspartiklarna är mycket små ( $< 1 \mu\text{m}$ ), vilket kräver extremt fina filter med höga  $\beta$ -värden.
- **Slutsatser**, enligt K-E Rydberg: Byt hydraulvätska till syntetisk PAO eller ester och/eller installera ett avancerat filtersystem (för industriella system, typ HYDAC OXiStop). Se till att systemet har tillräcklig kylkapacitet. Höga temperaturer ( $> 60 \text{ }^\circ\text{C}$ , enligt gammal "tumregel") ger ökad oxidation i alla typer av hydraulvätskor.

# Statoil's Environmentally Adapted Hydraulic Oils

## Luftavskiljning



*Rapid air release is an increasingly important property for ensuring good function in modern hydraulic systems. Smaller oil volumes and higher system pressures reduce the resting time of the oil.*

Källa: [www.statoillubricants.com](http://www.statoillubricants.com)

# CATERPILLAR Hydraulic Fluid (HEES)

**CATERPILLAR**<sup>®</sup>

PREVENTIVEMAINTENANCEPRODUCTS

## Biodegradable Hydraulic Oil (HEES)

For Cat hydraulic systems requiring a biodegradable and non-toxic hydraulic oil

SAE 10W

ISO 46

### Typical Characteristics\*

SAE Viscosity Grade	10W
ISO Viscosity Grade	46
Specific Gravity (g/cm <sup>3</sup> ) @ 15° C	0.921
Flash Point °C (ASTM D92)	220
Pour Point °C (ASTM D97)	-58
Viscosity,	
cSt @ 40° C (ASTM 445)	48.7
cSt @ 100° C (ASTM 445)	8.7
Viscosity Index (ASTM D2270)	160
Zinc, ppm	<5
TAN mg KOH/g (ASTM 2896)	1.3

**HEES: Hydraulic Environmental Ester Synthetic (fully saturated)**

CAT hydraulic systems operating over a broad ambient temperature range (-32° C to 43° C) and at tank temperatures up to 100° C.

\* The values shown are typical values and should not be used as quality control parameters to either accept or reject product. Specifications are subject to change without notice.

# Hur välja hydraulvätska?

- Några viktiga kriterier för val av hydraulvätska
  - Systemtryck, pump/motor-varvtal, typ av hydraulmaskiner och ledningsdimensioner krävs för att specificera lämplig viskositet.
  - Krav på viskositetsindex – Mobilhydraulik: VI = 150-200.
  - VG 15, 22, 32 eller 46? I mobila applikationer är optimalt VG också beroende av VI-värdet.
  - Hög oxidationsstabilitet är synnerligen viktigt för komponentlivslängden.
  - Hög skjuvstabilitet. Säkerställer att viskositet och VI påverkas marginellt vid skjuvning av hydraulvätskan.
  - Vatten- och luft-avskiljning.

# Slutsatser - framtidens hydraulvätskor

- ❖ Krav på framtidens hydraulvätskor
  - ❖ minimera förlusterna i hydraulsystem
  - ❖ vara miljöanpassade – med avseende på nedbrytbarhet och giftighet
  - ❖ hög stabilitet – syratalt/hydrolys, viskositet, viskositetsindex, skjuvning
  - ❖ vattenresistens, luftavskiljning
  - ❖ stort temperaturområde

Den hydraulvätska som bäst klarar dessa krav är -  
**syntetiska mättade estrar**

**TACK!**