

## TSFS09 – Modellering och Reglering av Motorer och Drivlinor – Fö 12

Motor – Jämförelse Diesel och Bensin

Lars Eriksson - Kursansvarig

Fordonssystem, Institutionen för Systemteknik  
Linköpings universitet  
larser@isy.liu.se

December 11, 2019

4 / 46

## Innehållsförteckning

Motor – Diesel vs Bensin

Diesel Fuel Injection and Combustion

Performance – Torque

Performance – Emissions

Motor – Avancerade koncept

Framtida Ingenjörsutmaningar

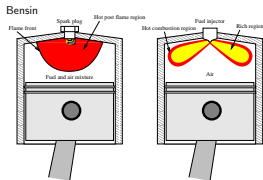
5 / 46

## Diesel- och bensinmotorer – De stora skillnaderna

	Bensin (Spark Ignited)	Diesel (Compression Ignited)
Bränsle	Bensin	Diesel
Luftintag	Trottel	Raka rör
Bränsleinsprutning	I insugningssystemet	Direkt i cylindern
Laständring	Luftflöde $p_i$	Bränslemängd $Q_i n$
Luft- & bränsleblandning	Homogen	Stratifierad
Förbränningsstart	Tändgnista	Självantänder
Förbränningsstyp	Förblandad	Diffusion
Emissioner	$CO$ , $HC$ och $NO_x$ 3-vägskatalysator	$NO_x$ och partiklar partikelfälla de-nox-katalysator
$r_c$	8–12	12–24
$\lambda$	0.5–1.5	>1.1

6 / 46

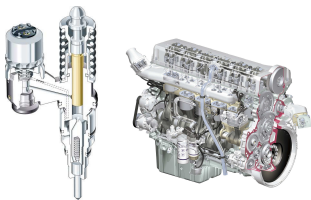
## Förbränningsprocesserna



Diesel

7 / 46

## Enhetsinsprutare



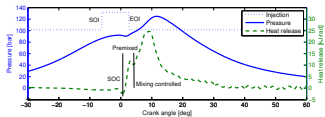
8 / 46

## Common rail



9 / 46

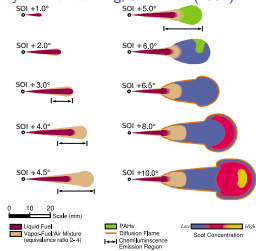
## Förbränning, John Dec (1997)



- ▶ Start Of Injection, End Of Injection
- ▶ Start Of Combustion, Ignition delay
- ▶ Premixed combustion, Diffusion (mixing) combustion

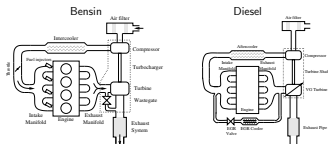
10 / 46

## Spray och förbränning, John Dec (1997)



11 / 46

## Skisser på bensin och dieselmotorer



Moderna Dieselmotorer är alltid utrustade med turbo.

## Hur beskriver man Dieselmotorns prestanda?

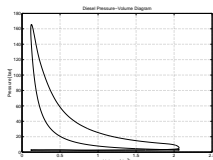
### Momentmodellen

- ▶ Utgår från den terodynamiskt baserade momentmodellen, som kopplar bränsle till arbete/moment.
- ▶ Analysera komponenterna.
- ▶ Börjar med pV-diagrammet.

12 / 46

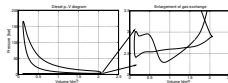
13 / 46

## Ett pV-diagram, uppmätt på en dieselmotor



Ingen ideal Diesel cykel! Inte konstanttryckförbränning.

## Försumbara pumpförluster



### Momentmodellen (välkänd)

$$W_{i,n} = W_{i,g} - W_{pump} - W_{fric}$$

$$W_{i,g} \propto m_f$$

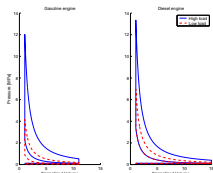
$$W_{pump} \approx 0$$

$$W_{fric} = V_d \text{FMEP}(N, \dots)$$

14 / 46

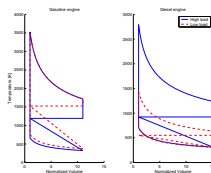
15 / 46

## Lastförändringsprincip i Bensin- och Dieselmotorn



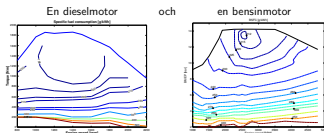
16 / 46

## Lastförändringsprincip i Bensin- och Dieselmotorn



17 / 46

## Musseldiagram

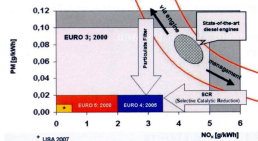


Jämförelse av absoluta sfc-tal är inte riktigt rättvis pga olika motorstorlek, 11.7 respektive 2.3 liter.

18 / 46

## Hur är det med Dieselmotorns emissioner

### Dieselmotorns emissions avvägning

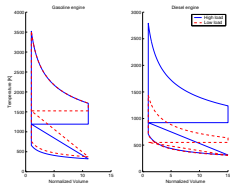


Emissionerna är i huvudsak

- ▶ Partiklar (sot, rök) – Particulate Matter (PM)
- ▶ Kväveoxider,  $\text{NO}_x$

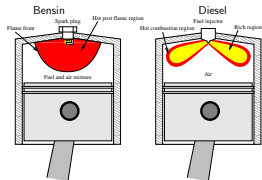
19 / 46

## Varför har Dieselmotorn höga NO<sub>x</sub>?



Global temperatur är inte nyckeln.

## Varför har Dieselmotorn höga NO<sub>x</sub>?



Lokala temperaturen är nyckeln.

20 / 46

21 / 46

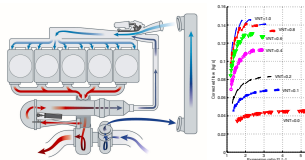
## Hur reducerar man den lokala temperaturen?

- ▶ Blandningen brinner vid lokalt gynnsamma förhållanden runt  $\lambda = 1$
- ▶ Kan inte använda globalt lambda.

$$\Delta T = \frac{m_f q_{HV}}{m_{tot} c_v} = \frac{m_f}{m_a + m_f + m_r} \frac{q_{HV}}{c_v} = \frac{1 - x_r}{\lambda(A/F)_s + 1} \frac{q_{HV}}{c_v}$$

- ▶ Residualgas, dvs EGR.

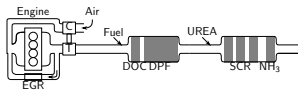
## EGR och VGT system



22 / 46

23 / 46

## Efterbehandling



- ▶ EGR/VGT
- ▶ Diesel insprutning
- ▶ Diesel Oxidizing Cat (DOC), Diesel Particulate Filter (DPF)
- ▶ Insprutning av Urea  $\text{CO}(\text{NH}_3)_2$  lösning (Urea+vatten)
- ▶ Selective Catalytic Reduction (SCR), Ammonia Slip Catalyst ( $\text{NH}_2$ )
- ▶ Lägre bränslekostnad, högre efterbehandlingskostnad

24 / 46

## UREA system: Tank, Värmare+pump

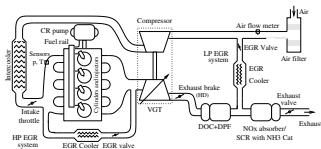
Extra tank, UREA + vattenlösning, smältpunkt  $-11^\circ$ .

-Lagkrav på tid från fryst till när man måste kunna spruta in.



25 / 46

## Dieselmotor – Totalt System



- ▶ Long and short route EGR & många andra system

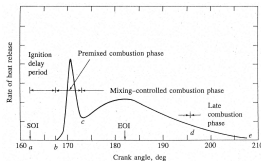
26 / 46

## Fördelar och nackdelar

- ▶ Effektivitet – Tre fördelar för dieselmotorn
  - ▶ Högre kompression
  - ▶ Lägre pumpförluster
  - ▶ Mager blandning
- ▶ Emissioner – Tre nackdelar för dieselmotorn
  - ▶ Höga  $\text{NO}_x$  emissioner – Skiktad och mager blandning  $\lambda > 1$  samt hög kompression
  - ▶ Ingen enkel efterbehandling – mager blandning  $\lambda > 1$
  - ▶ Sot- och partikelbildning – stratifierad blandning

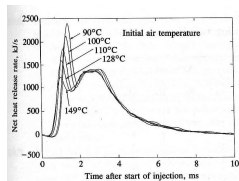
27 / 46

## Dieselmotorer och ljud



28 / 46

## Dieselmotorer och ljud



29 / 46

## Bränslerengering

Två system i för de två delarna i bränslerengeringen.

- ▶ Lågtrycksdel – fuel supply system
- ▶ Högtrycksdel – fuel injection system

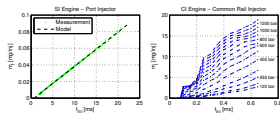
Lågtrycksdelen förbereder bränslet genom filtrering och vattenseparation för att slutligen leverera bränslet till högtrycksdelen.

Det finns några regleringsaspekter i lågtrycksdelen, såsom förvärmning i vissa fall.

Huvuddelen av rengeringen ligger i högtrycksdelen.

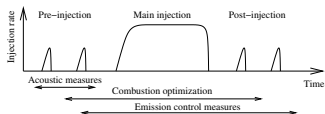
30 / 46

## Fuel Injector Characteristics



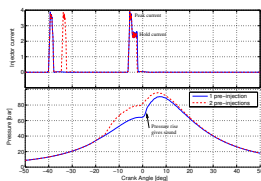
31 / 46

## Principskiss av multipla bränsleinsprutningar



32 / 46

## Exempel på multipla bränsleinsprutningar



Även strömreglering till injektorn.

33 / 46

## Innehållsförteckning

Motor – Diesel vs Bensin

Motor – Avancerade koncept

Variabel Kompression  
Direktinsprutning

Framtida Ingenjörsutmaningar

## Motor – Kompression och effektivitet

Luft och bränsle  $\Rightarrow$  arbete  
och emissioner

pV-diagram med standardcykler som modell av uppmätt indikatorgram.

$$\text{Cykeeffektiviteten } \left\{ \begin{array}{l} \text{Otto: } \eta_{f,i} = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} \\ \text{Diesel: } \eta_{f,i} = 1 - \frac{1}{r_c^{\gamma-1}} \frac{\beta^{\gamma}-1}{(\beta-1)^{\gamma}} \end{array} \right.$$

$r_c \rightarrow \infty$

Knack – Begränsning vid höga temperaturer (höga laster).

Kan man göra något åt kompromissen?

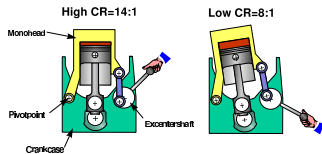
34 / 46

35 / 46



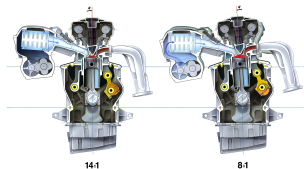
## Variabel kompression, $v_c$

$$\epsilon = r_c = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$



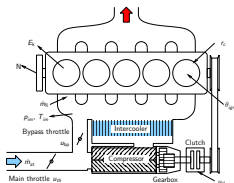
36 / 46

## Motor - Variabel kompression



37 / 46

## Motor - Variabel kompression

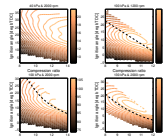


38 / 46

## Motor - Variabel kompression

### Intressanta utmaningar

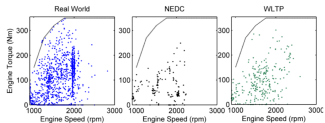
- ▶ Samtidig styrning av kompression och tändning
- ▶ Kompressorinkoppling
- ▶ Strategier för trottlet
- ▶ Samtidig styrning av huvudtrottlet och kompressor by-pass



39 / 46



## Cycle Beating to RDE



Hur skall vi designa, kalibrera och validera för RDE.

## CAFE - Corporate average fuel economy

The International Council of Clean Transportation - theicct.org

