

Ett högeffektivt metanolbaserat motorsystem för fossilfria transporter 2030

Sam Shamun, Erik Svensson, Martin Tunér

**Energirelaterad fordonsforskning 2016
Göteborg 4-5 April**

MOT-2030

Highly Efficient Methanol Engine Systems
for Fossil Free Transportation 2030



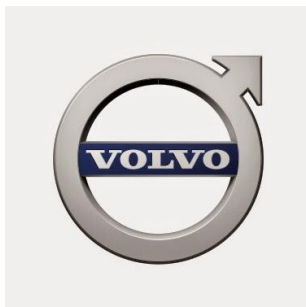
LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

Ett högeffektivt metanolbaserat motorsystem för fossilfria transporter 2030

- Mål: Kunskap om metanol i PPC motor
- förbränning, emissioner och verkningsgrad
 - Jämförelse med andra (motor)koncept
 - Implementerbart till 2030

2014-10 till 2017-12

16.4 mkr (10% inkind). 14.8 mkr från Nydanande och behovsmotiverad FoU med energirelevans (Energimyndigheten)



Världen behöver energisystem som inte förstör klimat, natur eller hälsa!



Metanol kan vara en viktig delösning för att kostnadseffektivt integrera energiomvandling och el-lagring med hållbar energianvändning och hållbara transporter



Metanol

- ~~Flytande naturgas?~~
- ~~Flytande kol?~~
- Flytande biogas?**

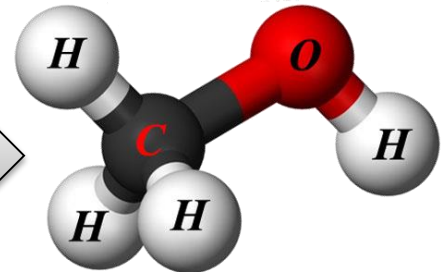
~~Naturgas, kol etc~~

Luft



Biomassa

**Förgasning
& Metanisering**



*Fossil metanol är billigare
per energienhet än diesel*

90 miljoner ton/år

*Vätska är betydligt enklare
att hantera än gas*

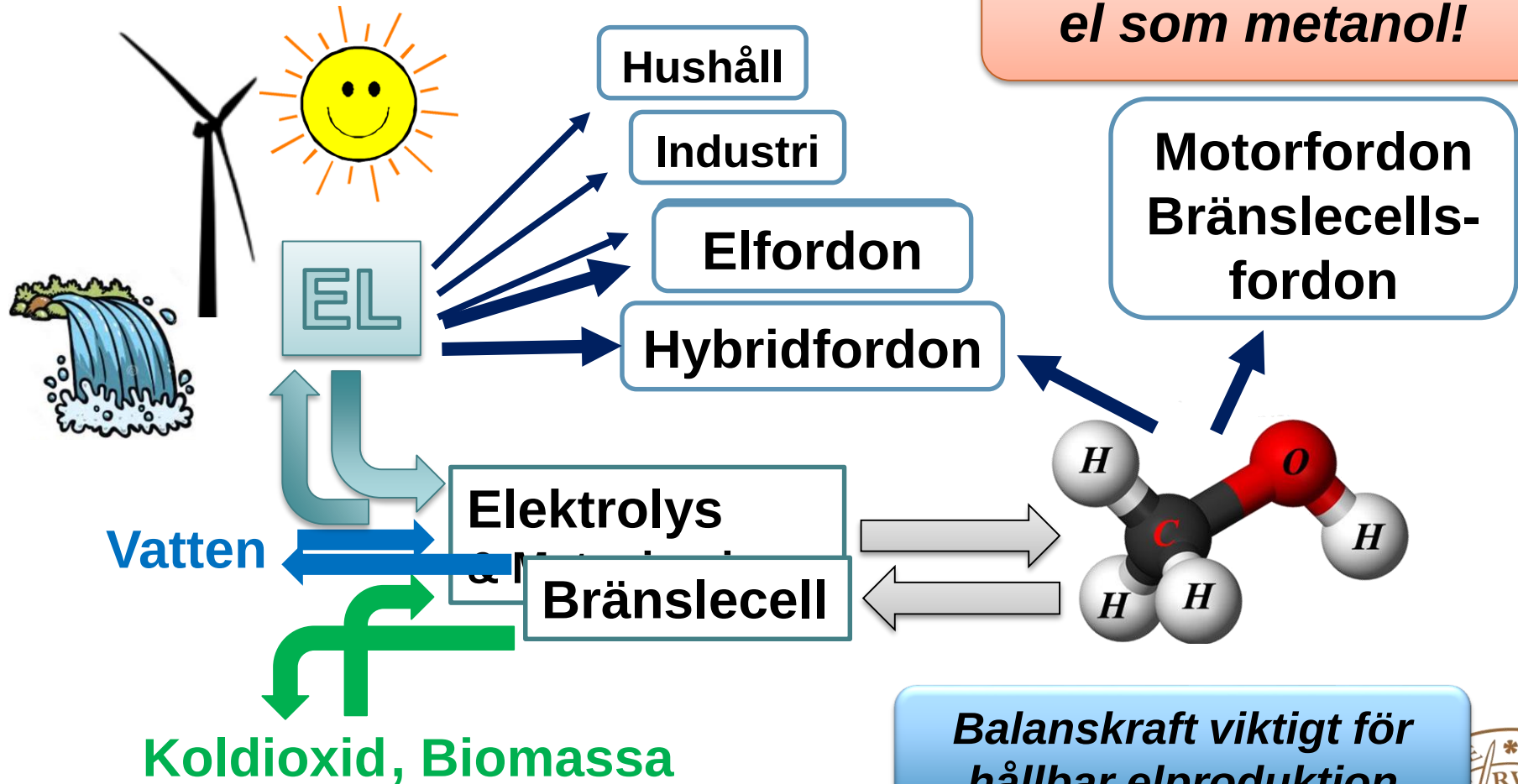
Veta mer?
Rikard Gebart, LTU



Metanol – Flytande el?

Kan detta göras till rätt kostnad?

Vi kan således lagra el som metanol!



Veta mer?

Maria Grahn, Chalmers

Pål Börjesson, LTH



Metanol - Kraftigt minskad inverkan vid spill

Därför ett utmärkt bränsle längs våra kuster och vattendrag såväl som i jordbruksredskap och arbetsfordon



Metanol – Energisäkerhet - Kostnad

Sverige

Oberoende av import av transportbränslen

Vad händer när strömmen går?

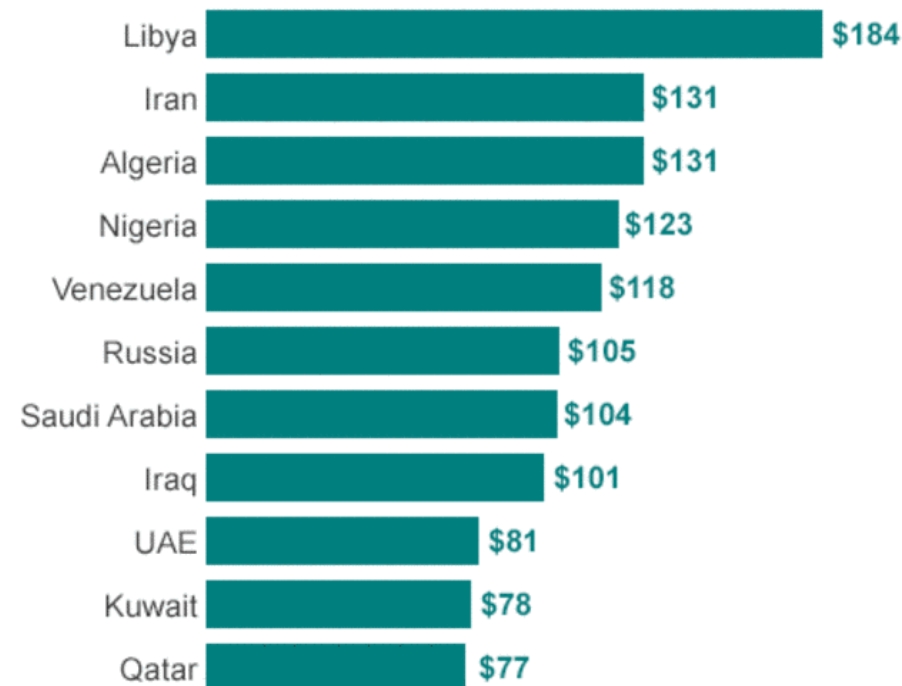
Förbättrad bytesbalans på ca 38 mdr/år (Tibblin, Södra, 2015)

Internationellt – energipolitiskt

Olja = demokrati?

Förbättrad bytesbalans i EU?

Oil price needed to balance budgets



Är metanol ett bra motorbränsle?

Metanol/vatten insprutning: 1380 => 2218 hk



Metanol självklara valet vid oljekrisen 1970's Sverige



Summary of CA Fuel Methanol Program

- ▶ *In the CA Fuel Methanol Program, with over 200 million miles of consumer experience, there was not a single documented harmful event.*
- ▶ 17,000+ M85 FFVs sold to public without restriction
- ▶ Max fuel volume throughput: 7.5 M liters / month
- ▶ 10 OEMs involved
 - ▶ Ford *
 - ▶ GM
 - ▶ Chrysler
 - ▶ Toyota
 - ▶ Nissan
 - ▶ Honda
 - ▶ VW
 - ▶ Volvo
 - ▶ Mitsubishi
 - ▶ Mercedes
- ▶ Station deployment: 60+
- ▶ 7 oil company branded stations
 - ▶ ARCO (now BP)
 - ▶ Texaco (now Chevron)
 - ▶ Mobil (now Exxon)
 - ▶ Chevron
 - ▶ Shell
 - ▶ Exxon
 - ▶ Ultramar (now Shell)



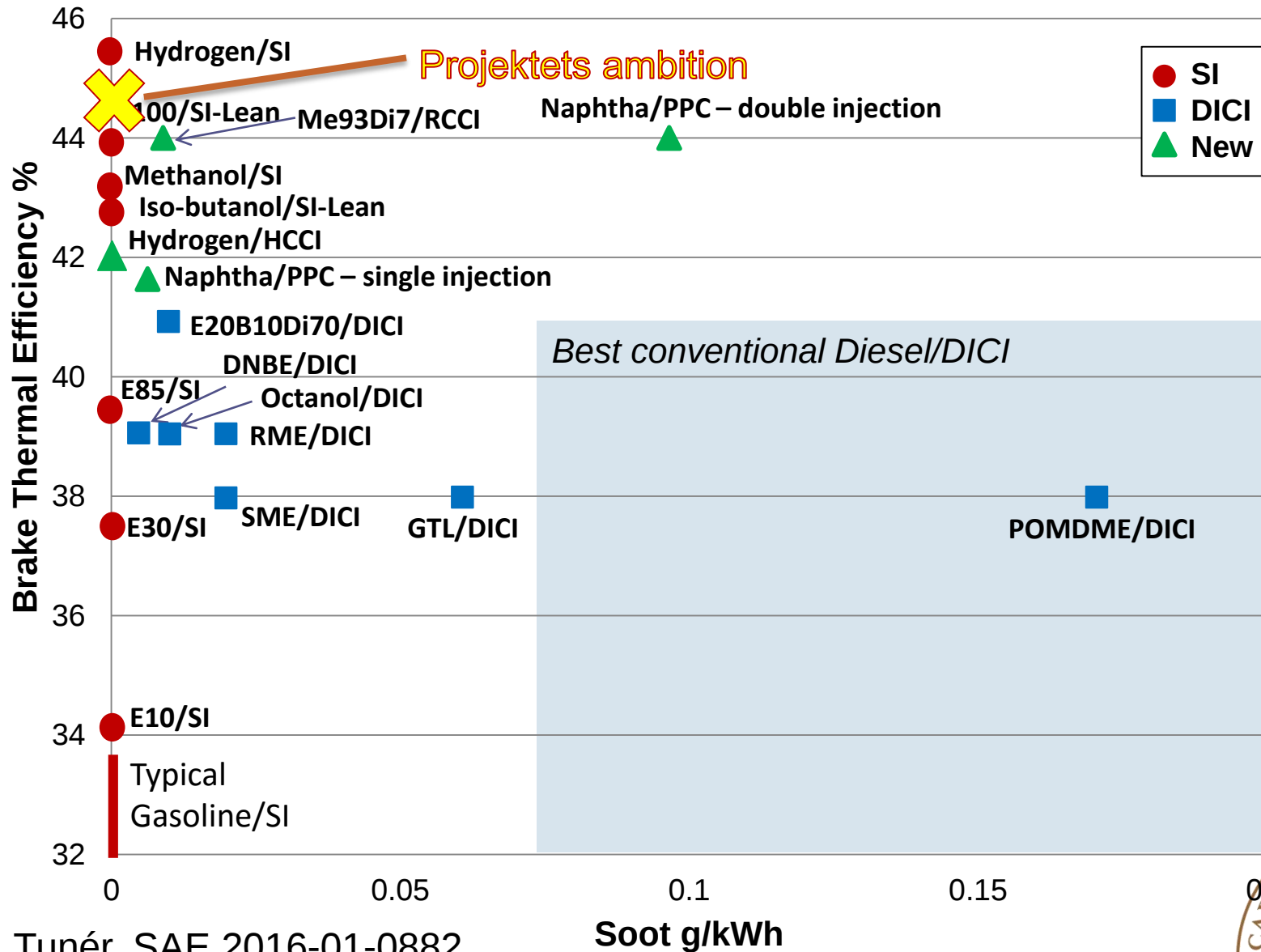
Carbor



MeOH 2015: 5-8% of road fuels in China?



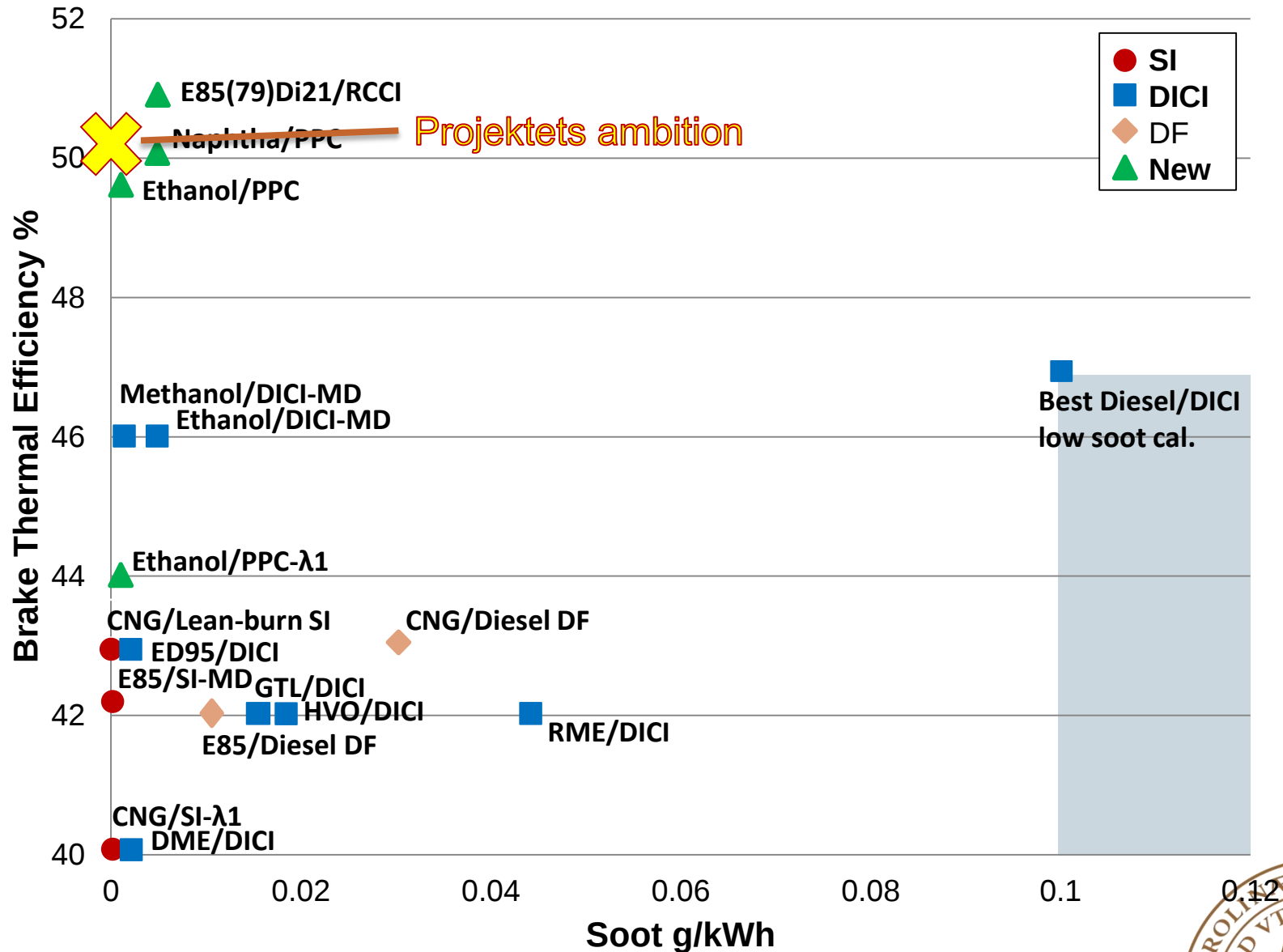
BTE and engine-out soot - LD engines



Tunér, SAE 2016-01-0882



BTE and engine-out soot - HD engines



Tunér, SAE 2016-01-0882



Metanol har flera utmaningar

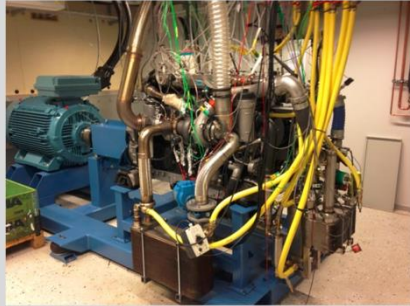
- Korrosion i bränslesystem - E85/ED95 teknik krävs minst
- Metanol är giftigt (för primater) – som diesel och bensin ungefär – men smakar inte lika illa.
- Låglast, kallstart, formaldehyd och myrsyra – Vårt uppdrag!
- Energitäthet - 80-talets räckvidd?
- HUR SJUTTON SKALL NÅGON VÅGA INVESTERA I ALTERNATIVA DRIVMEDEL NÄR OLJAN INTE BEHÖVER BÄRA KOSTNADER FÖR SINA NEGATIVA KONSEKVENSER?



MOT-2030

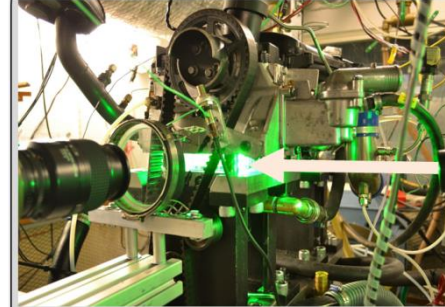
Highly Efficient Methanol Engine Systems
for Fossil Free Transportation 2030

Engine experiments



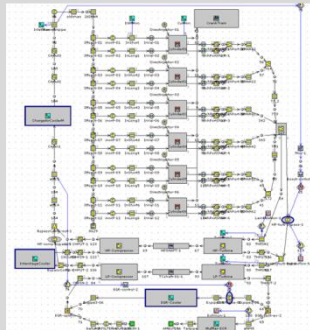
Investigate/explain emissions and efficiency performance of methanol in PPC engines

Optical diagnostics



Investigate/explain various phenomenon of methanol combustion inside the PPC engine

System analysis



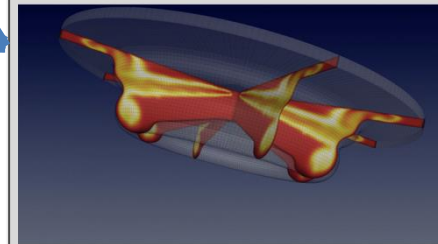
Investigate/explain overall Well-To-Wheel PPC engine performance with methanol

Supporting companies



In-house tests and other experience of methanol fuel in engines

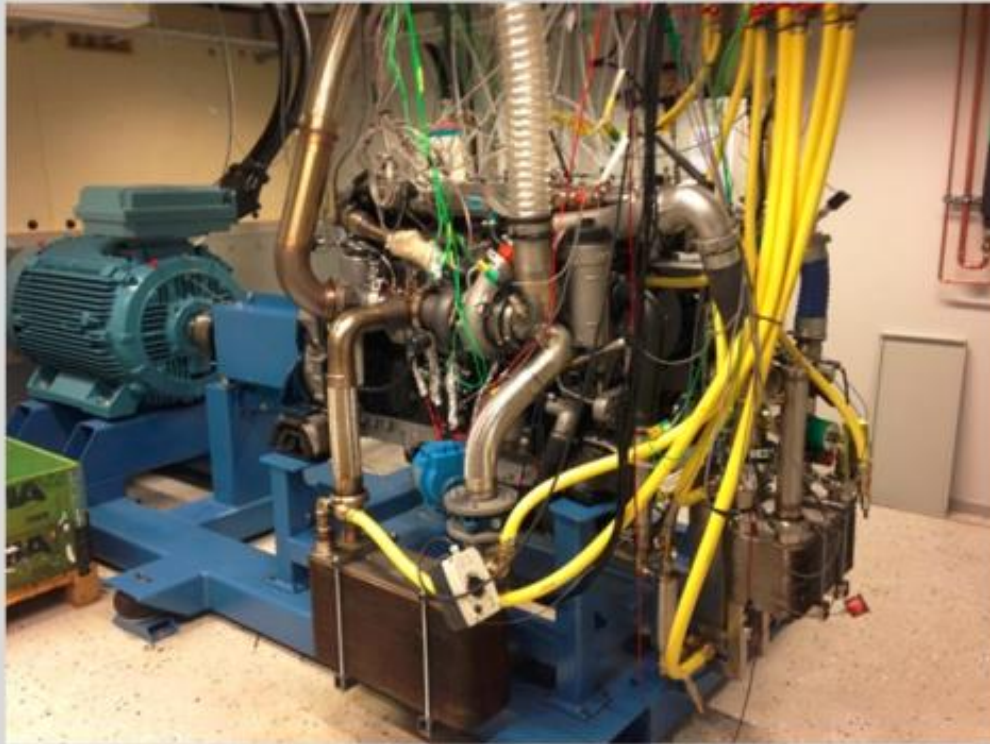
Advanced modeling



Investigate/explain relations between chemistry, heat release, heat transfer and engine physical parameters for methanol PPC

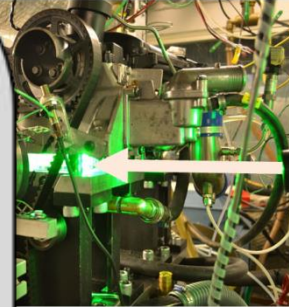
www.lth.se/mot2030

Engine experiments



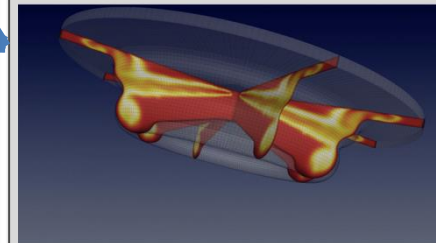
Investigate/explain emissions and efficiency performance of methanol in PPC engines

Optical diagnostics



Investigate/explain various phenomena of methanol combustion inside the PPC engine

Advanced modeling



Investigate/explain relations between chemistry, heat release, heat transfer and engine physical parameters for methanol PPC

MOT-2030

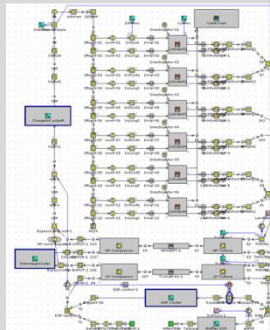
Highly Efficient Methanol Engine Systems
for Fossil Free Transportation 2030

Engine exper



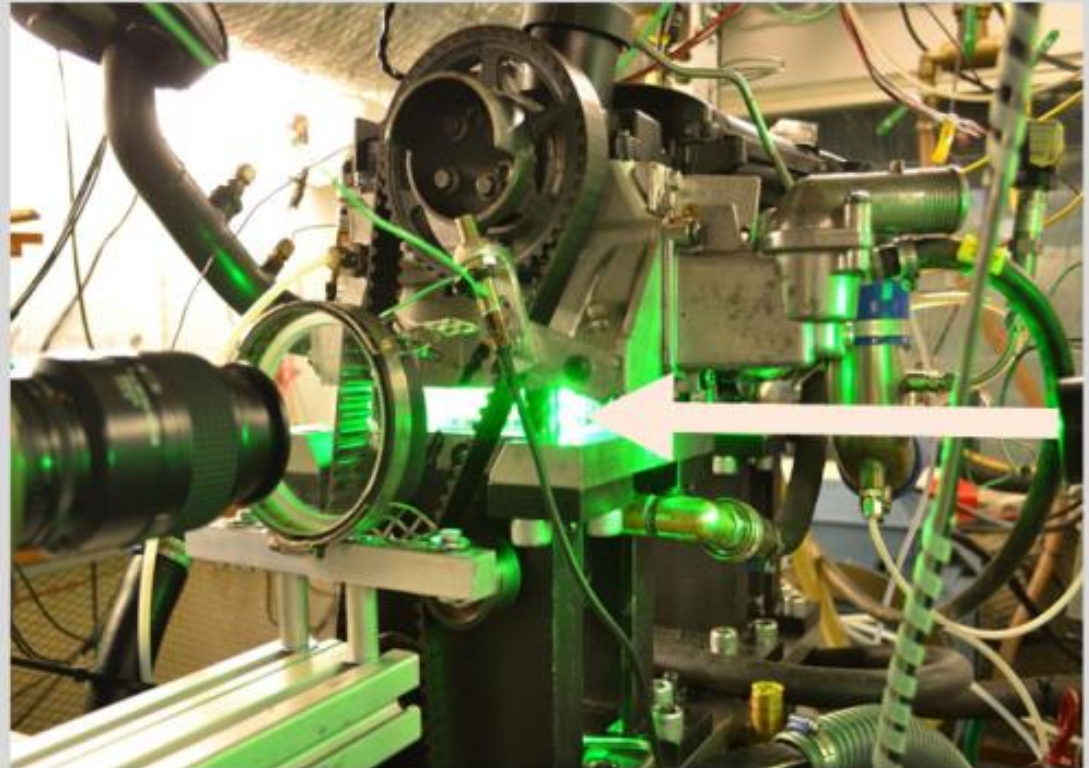
Investiga
efficiency

System analysis



Investigate/explain overall V
Wheel PPC engine performan
methanol

Optical diagnostics



Investigate/explain various
phenomenon of methanol
combustion inside the PPC engine

MOT-2030

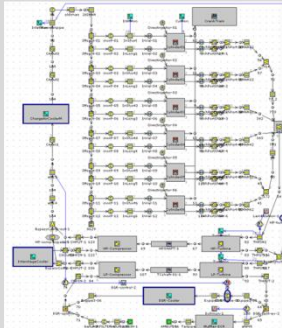
Highly Efficient Methanol Engine Systems
for Fossil Free Transportation 2030

Engine ex



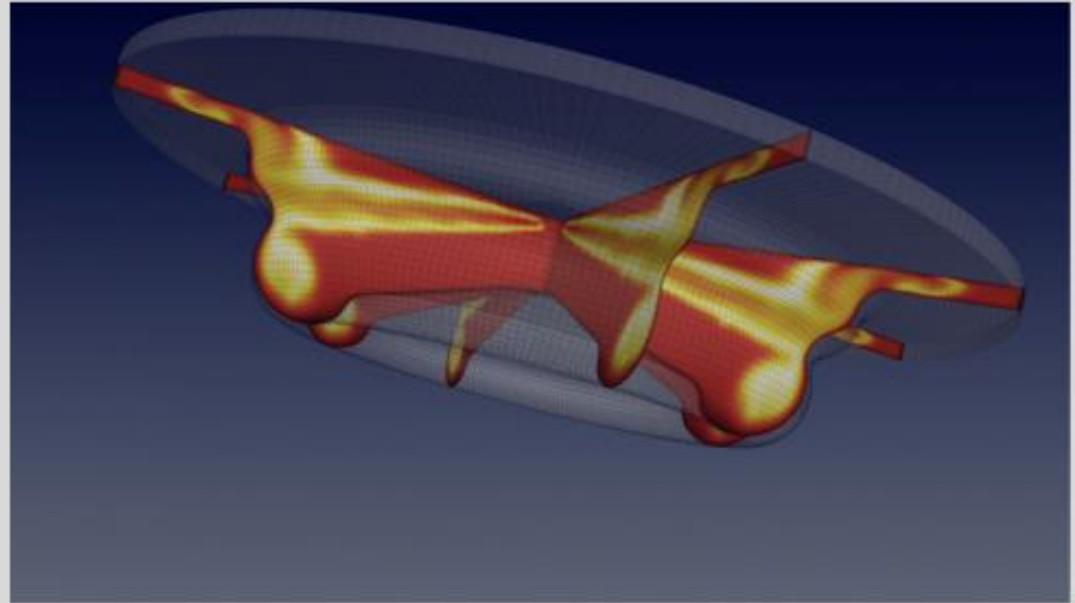
Investigate
efficiency p
i

System analysis



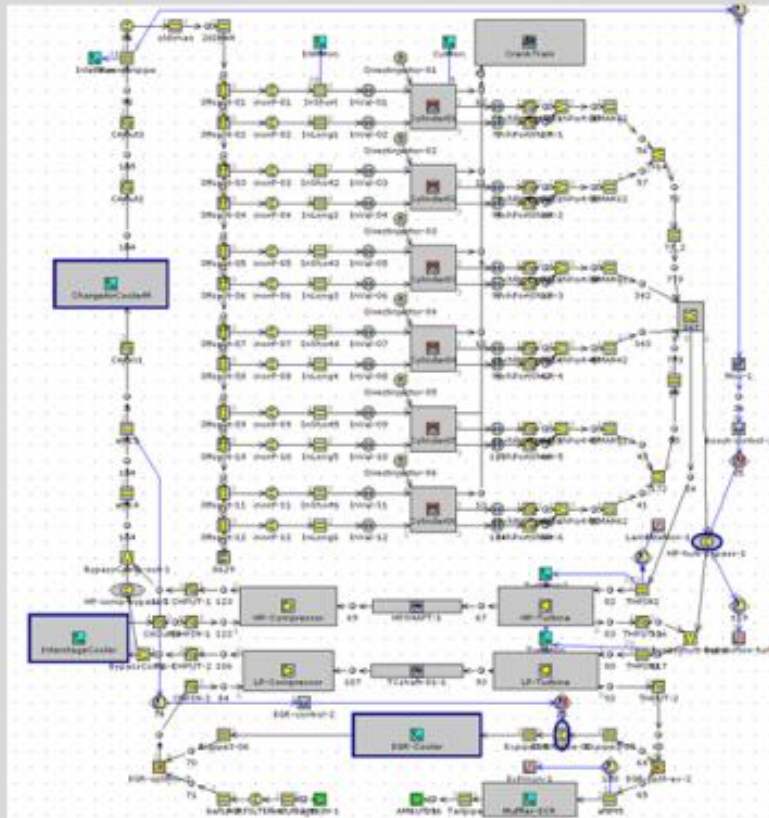
Investigate/explain overall W
Wheel PPC engine performanc
methanol

Advanced modeling



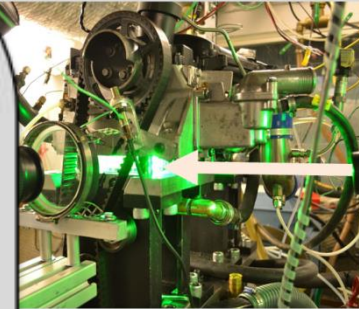
Investigate/explain relations
between chemistry, heat release,
heat transfer and engine physical
parameters for methanol PPC

System analysis



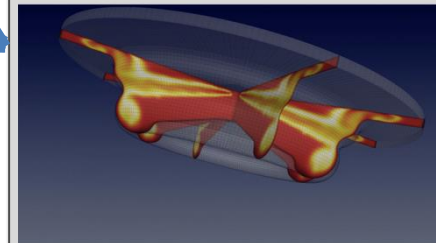
Investigate/explain overall Well-To-Wheel PPC engine performance with methanol

Optical diagnostics



Investigate/explain various phenomenon of methanol combustion inside the PPC engine

Advanced modeling



Investigate/explain relations between chemistry, heat release, heat transfer and engine physical parameters for methanol PPC

MOT-2030

Highly Efficient Methanol Engine Systems
for Fossil Free Transportation 2030

Supporting companies

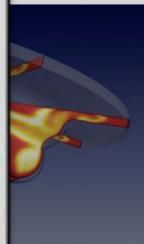


System



Investigate/ex
Wheel PPC eng
n

deling



relations
at release,
e physical
anol PPC

In-house tests and other experience
of methanol fuel in engines

Vad är PPC?

Partially Premixed Combustion
(=Delvis Förblandad Förbränning)

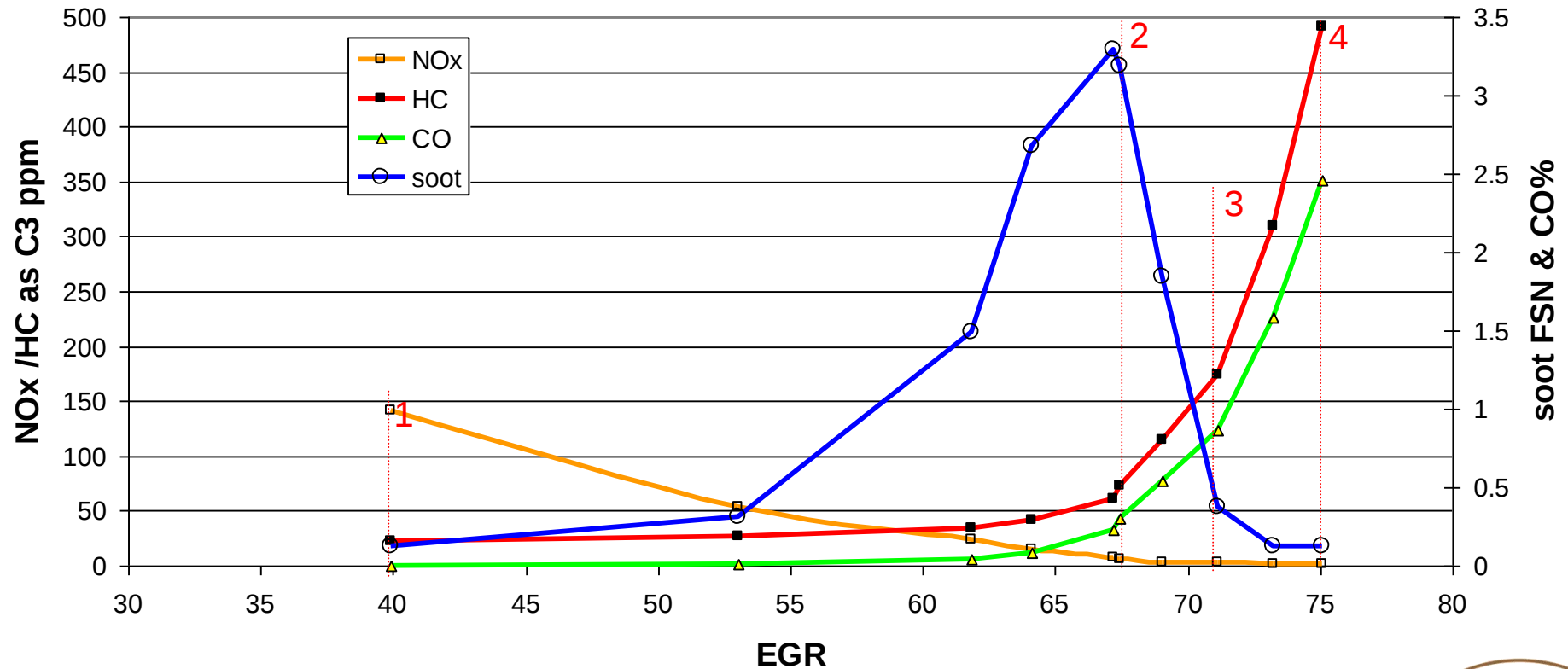
"The best fuel for a Diesel engine is gasoline!"

Vad är **metanolens** roll i PPC?



EGR svep (MK1)

8bar IMEP

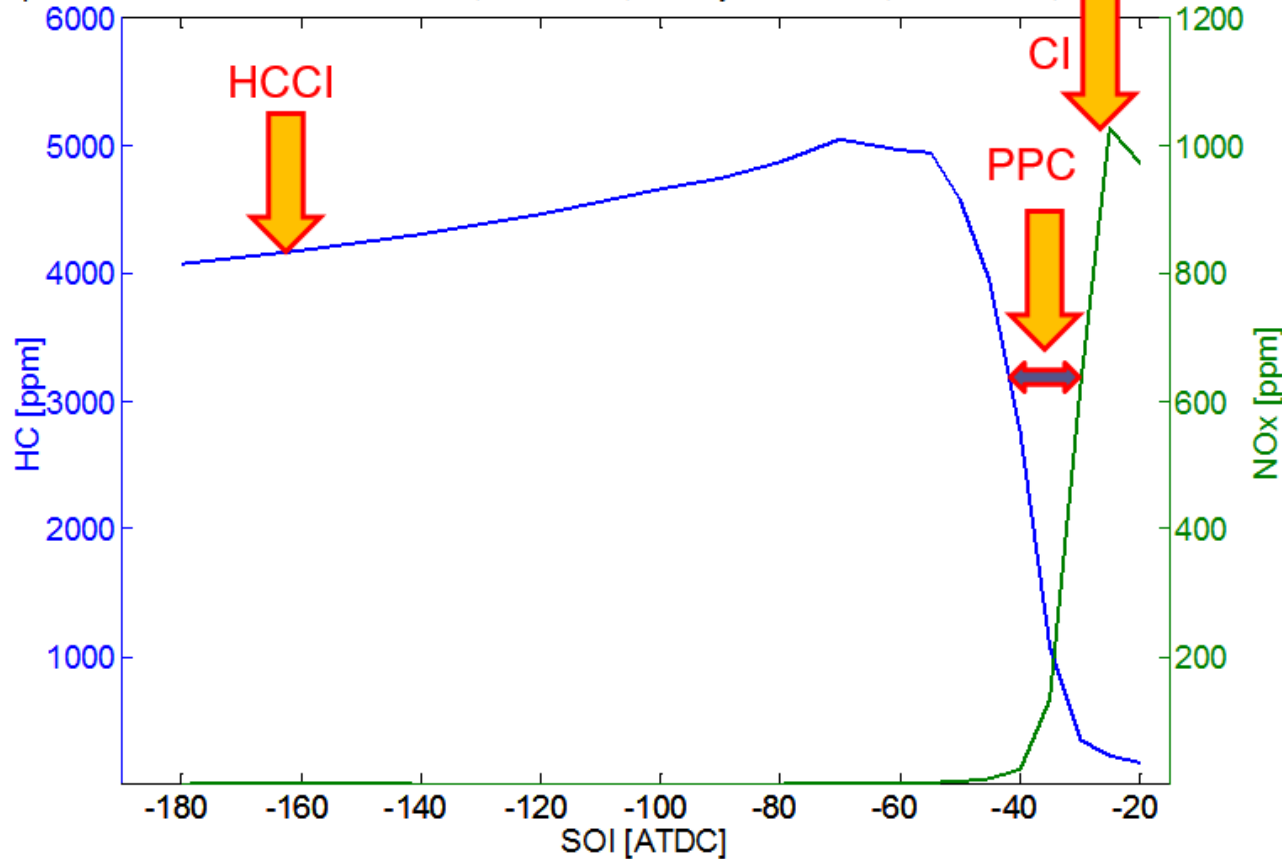


SAE 2006-01-3412



Insprutningsstart

Spridare 8x0.12x90 & 8x0.12x150, Iso-oktan, CR-tryck 750 bar, Duration 0,6 ms = 3.6 CAD



- Sprutar man in bränslet tidigt får man HCCI förbränning med höga CO och HC emissioner.
- Sprutar man in bränslet för sent får man höga NOx och soot halter; Vanlig CI förbränning.
- Insprutningsstart skall vara optimal.

SAE 2004-01-2990

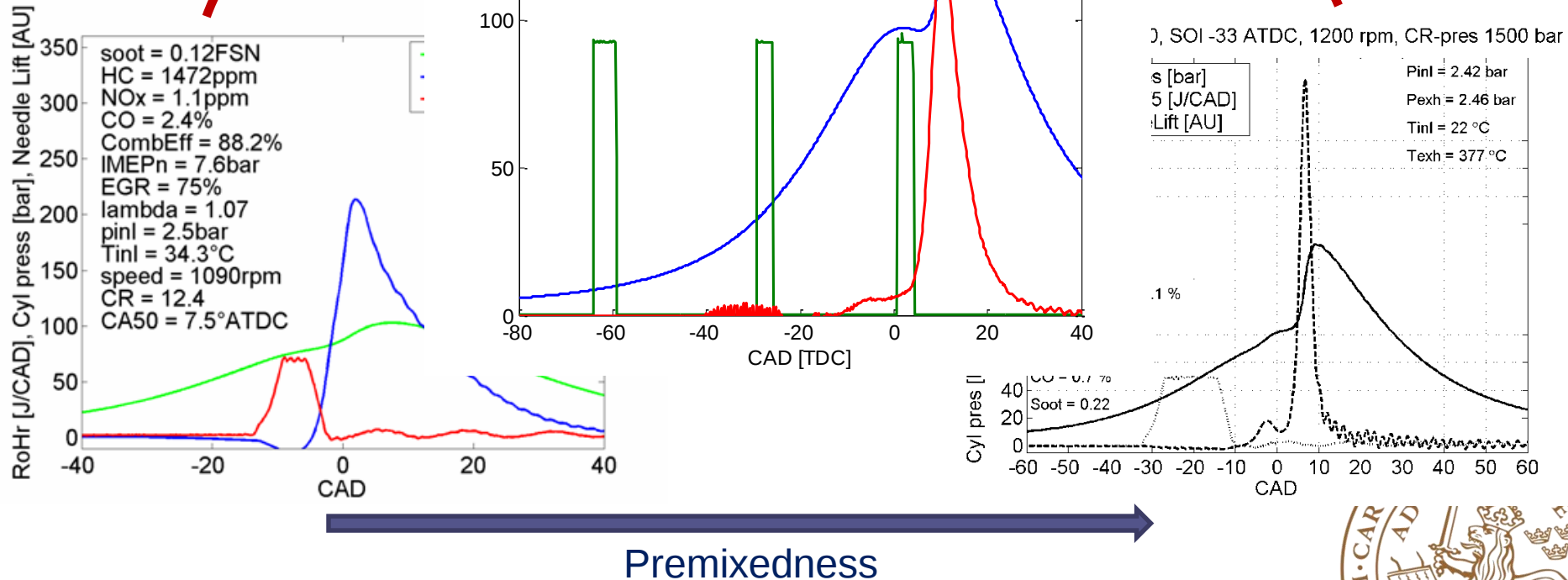


Förbränningshastighet och Termodynamisk verkningsgrad

Optimum Thermodynamic efficiency

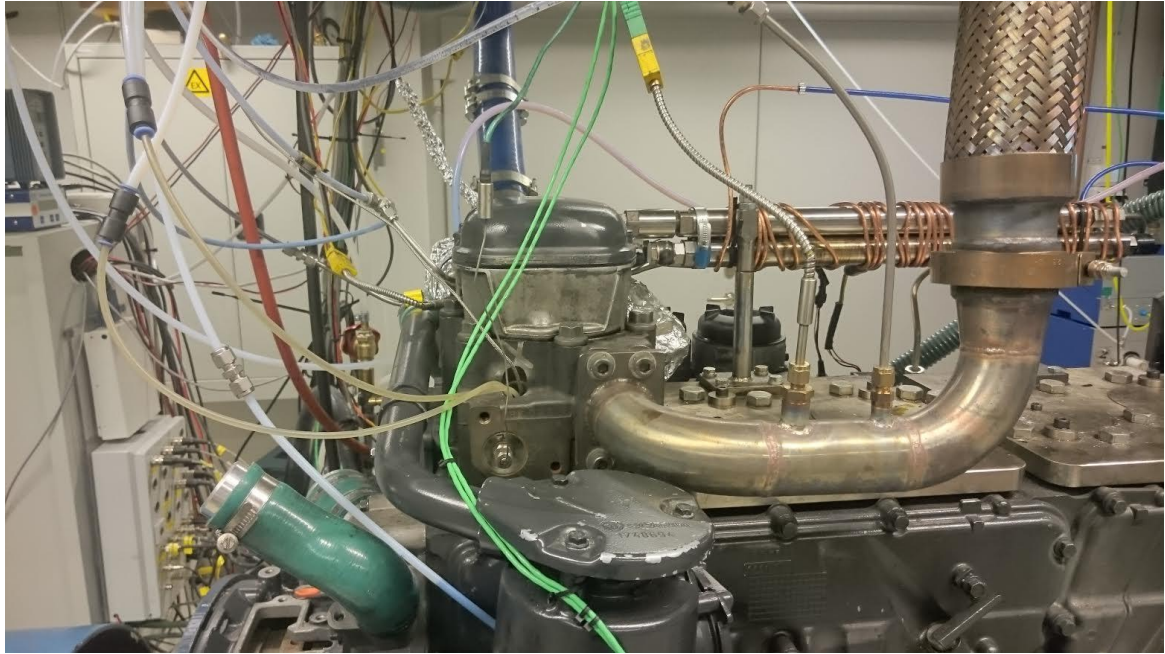
Too slow
combustion =
Low effective
expansion
ratio

Too fast
combustion =
High heat
losses



Test Rigg

- Scania D13 motor med 1 cylinder
- XPI insprutnings- system
- 10 håls injector med större hål för högre bränsleflöde
- 148° paraplyvinkel

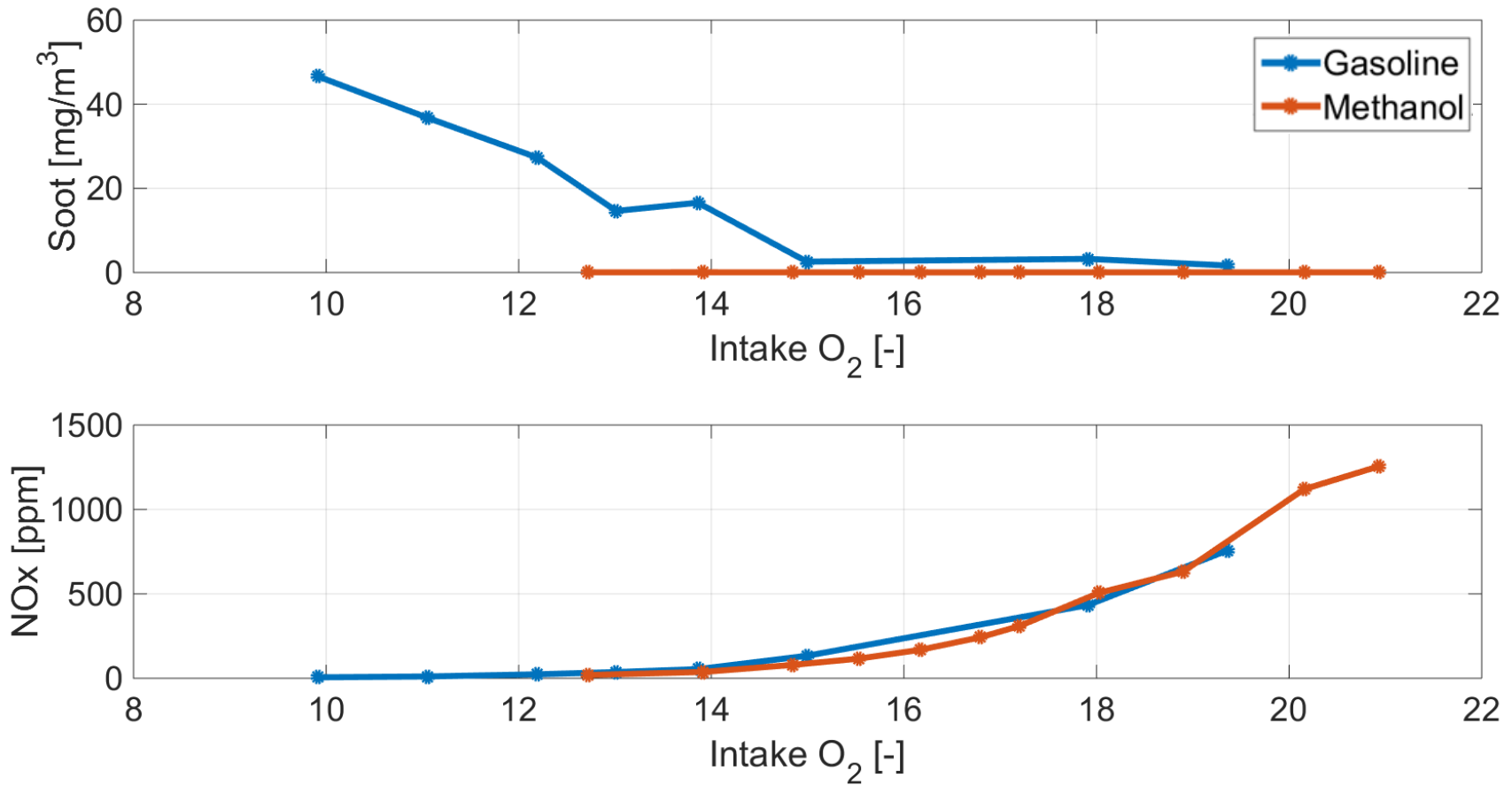


V_d	2124 cm ²
Stroke	160 mm
Bore	130 mm
r_c	15:1 nominal
Swirl ratio	2.1
IVC	-141 CAD ATDC
EVO	137 CAD ATDC

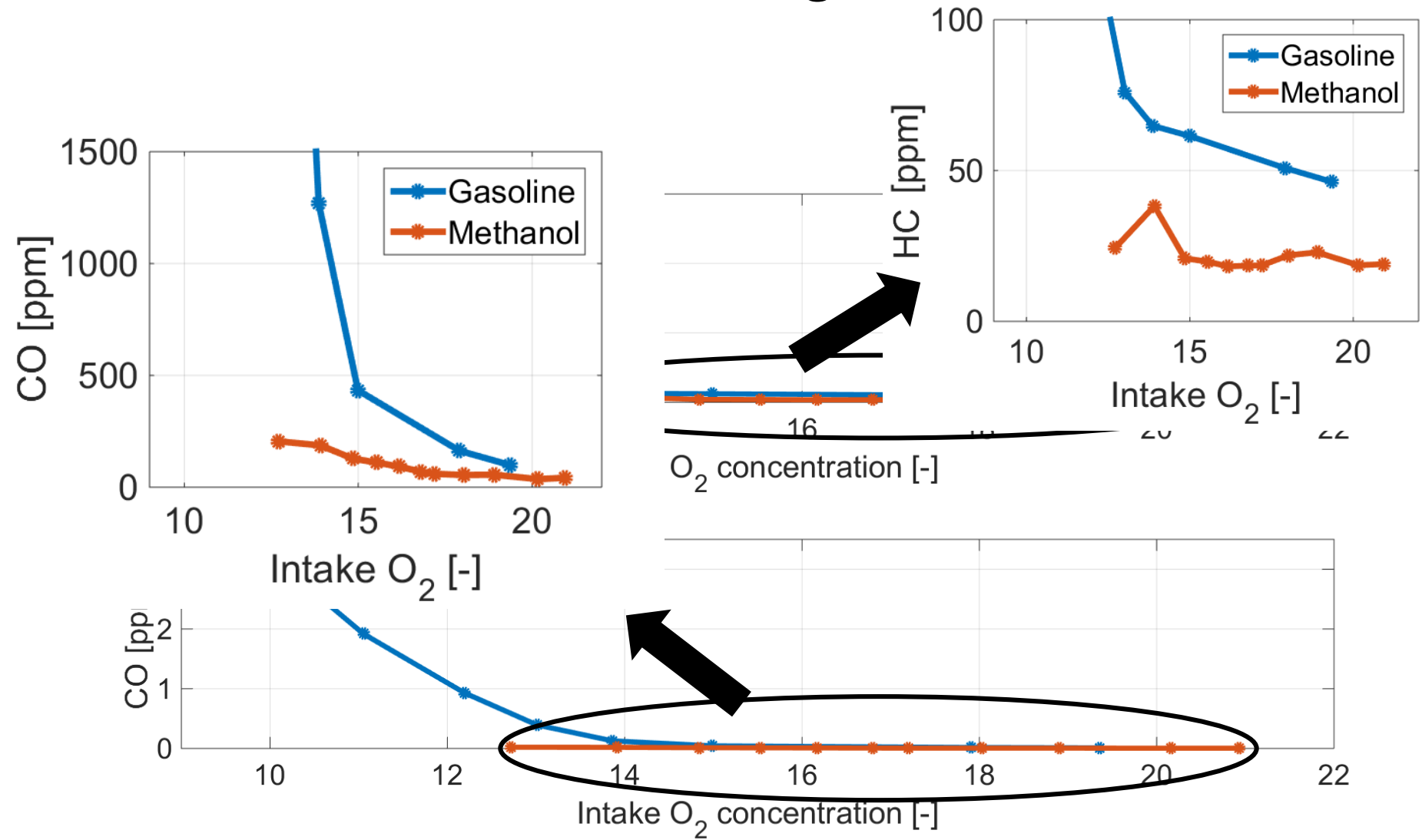
- Last: 6.5 bar NetIMEP
- Förbränningsfasning: CA50 konstant vid ca 7 CAD ATDC, justerades med insprutningsstart
- Syrehalt i insuget: 21 – 9 %, kontrollerades genom EGR.



Resultat: NOx – Soot tradeoff

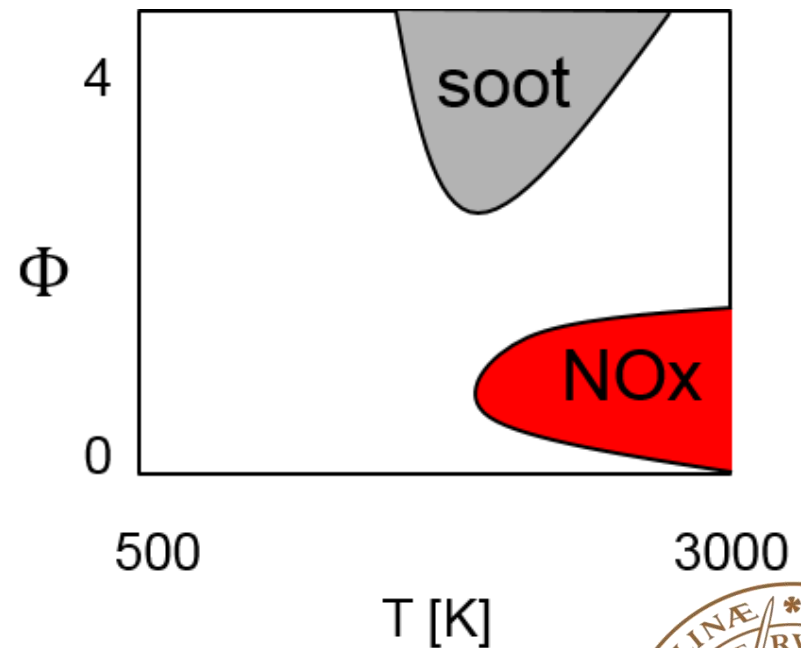
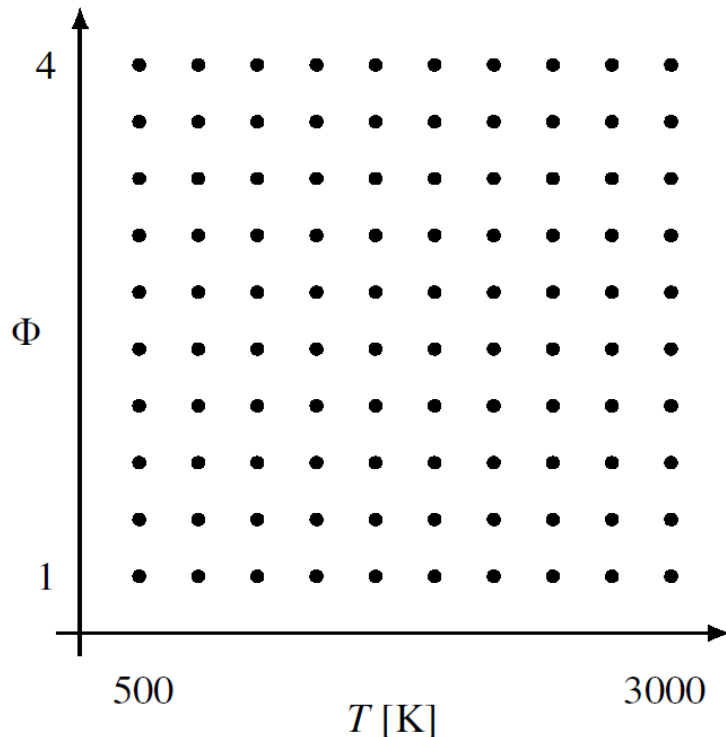


Resultat: Hur förhåller sig HC och CO?



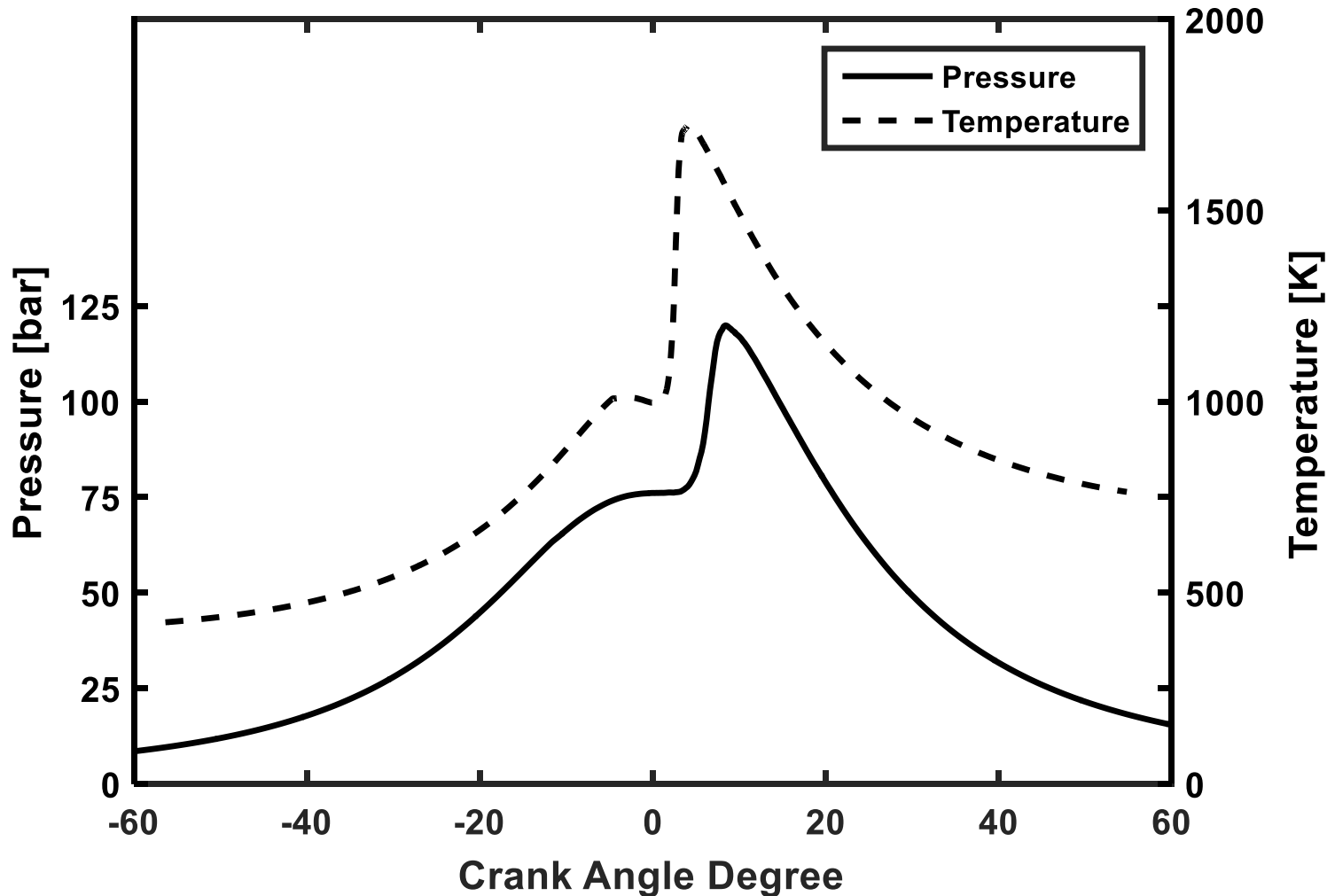
T- Φ diagram

- Beskriver emissionerna lokalt
- Konstant tryck (p), temperatur (T), ekvivalensförhållande (Φ)
- Ett stort antal simuleringar

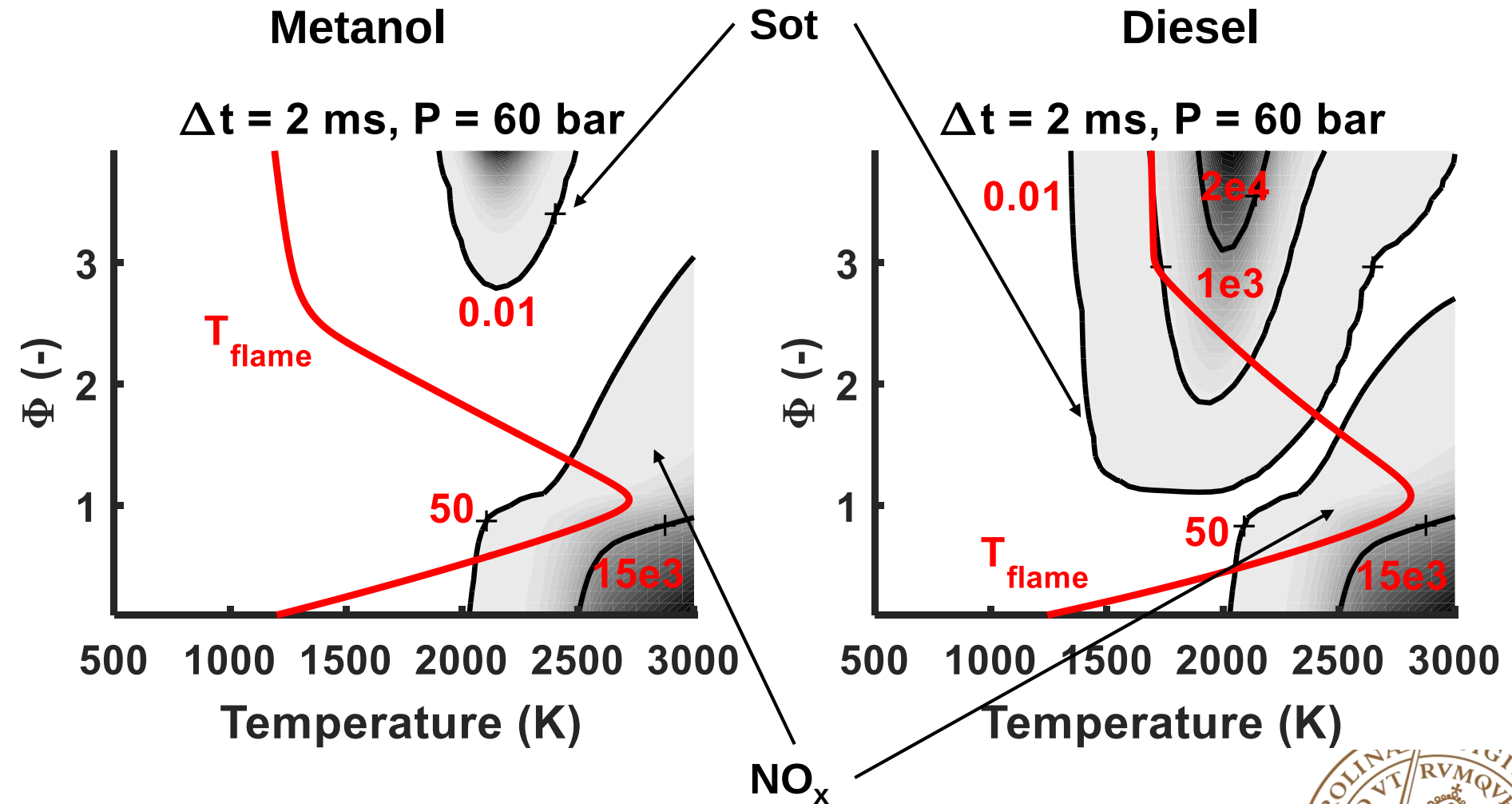


Tryck och temperatur ändras under förbränning

- Bra för att kunna se trender men ger en förenklad bild



Det skapas ingen sot med metanol

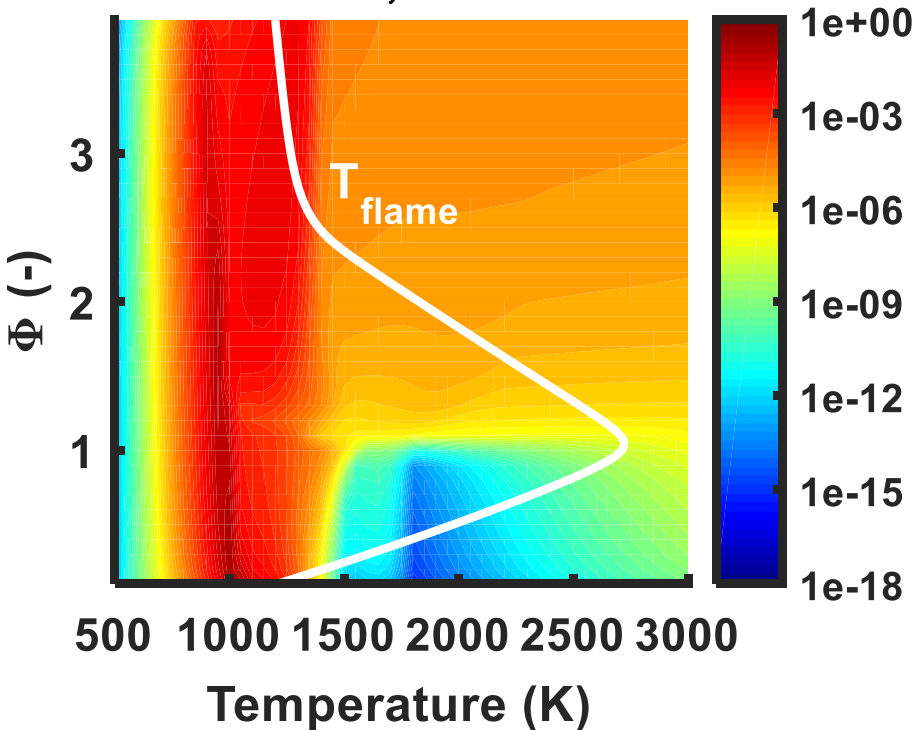


Formaldehyd skapas vid låga temperaturer

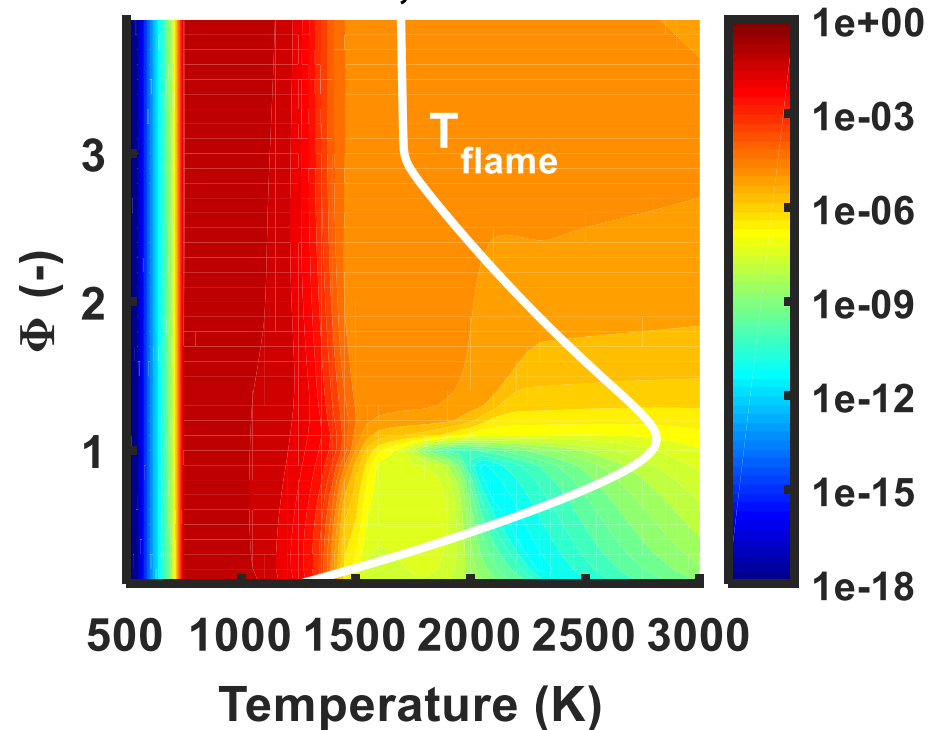
Metanol

Diesel

$\Delta t = 2 \text{ ms}$, $P = 60 \text{ bar}$

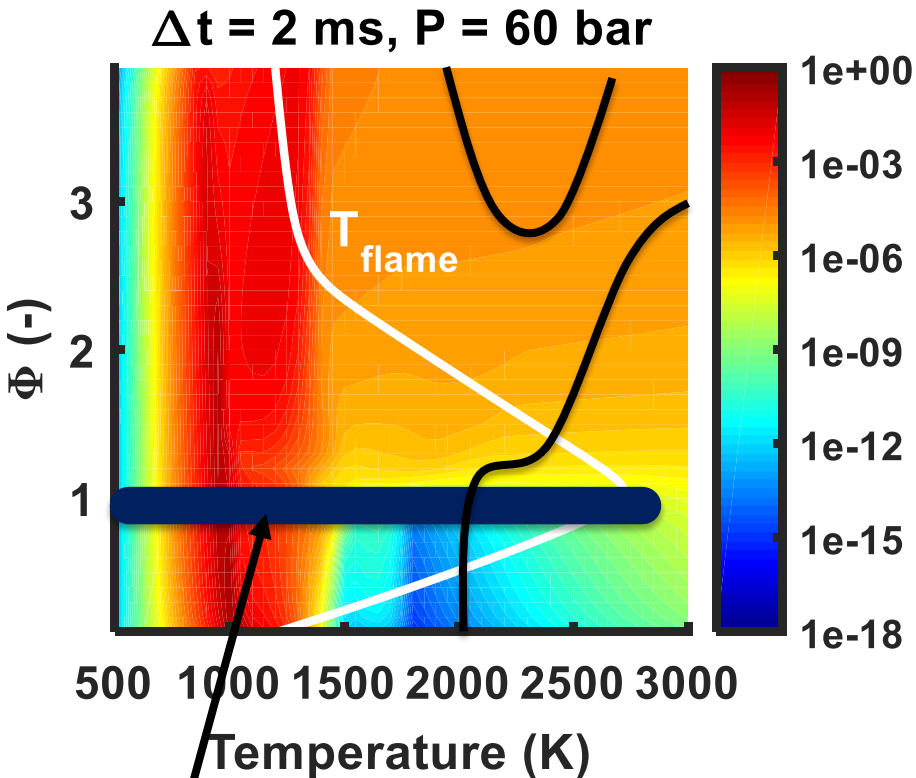


$\Delta t = 2 \text{ ms}$, $P = 60 \text{ bar}$

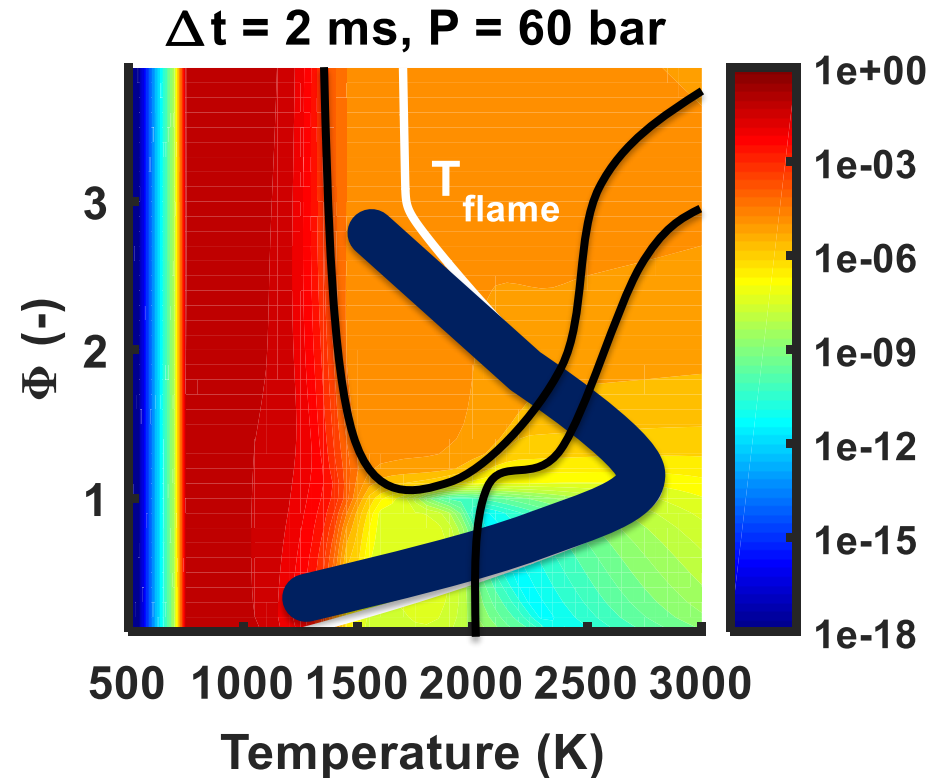


Formaldehyd skapas i spalter, speciellt vid SI körning

Metanol SI



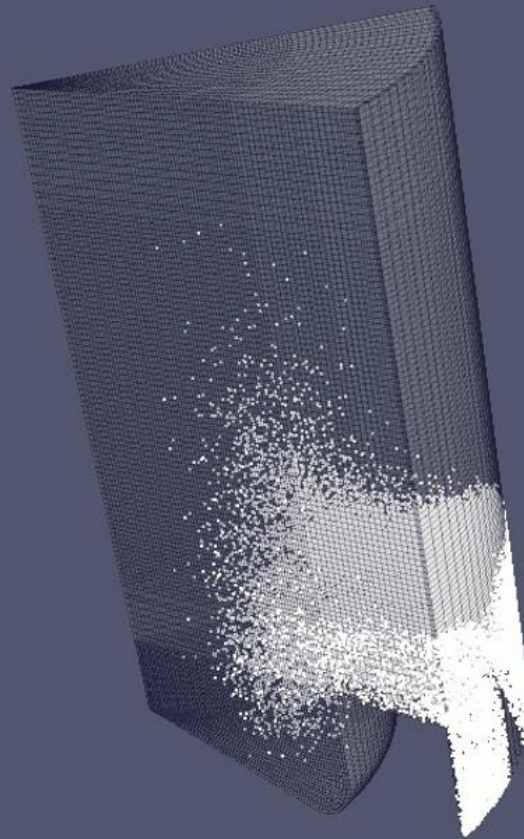
CDC



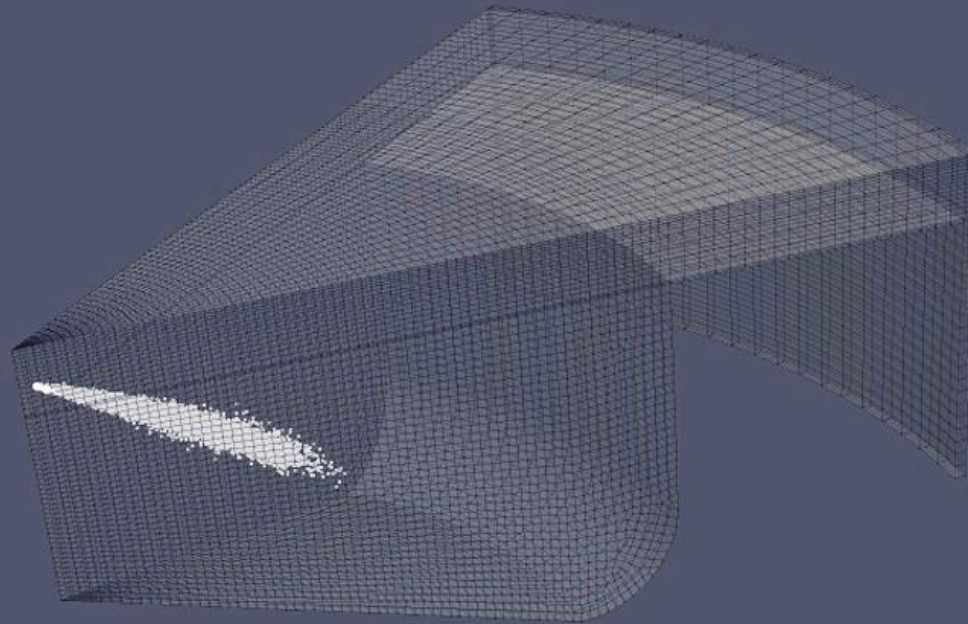
Bränsle som
fastnar i spalter



Tidig insprutning, förblandad HCCL, leder till att en del bränsle fastnar i spalten mellan kolv och cylindervägg



Vid sen insprutning, PPC, oxideras allt bränsle



M. Jangi et al.



T
2.25e+03
2000
1600
1200
800
400
300



Z
0.25
0.2
0.1
0

M. Jangi et al.

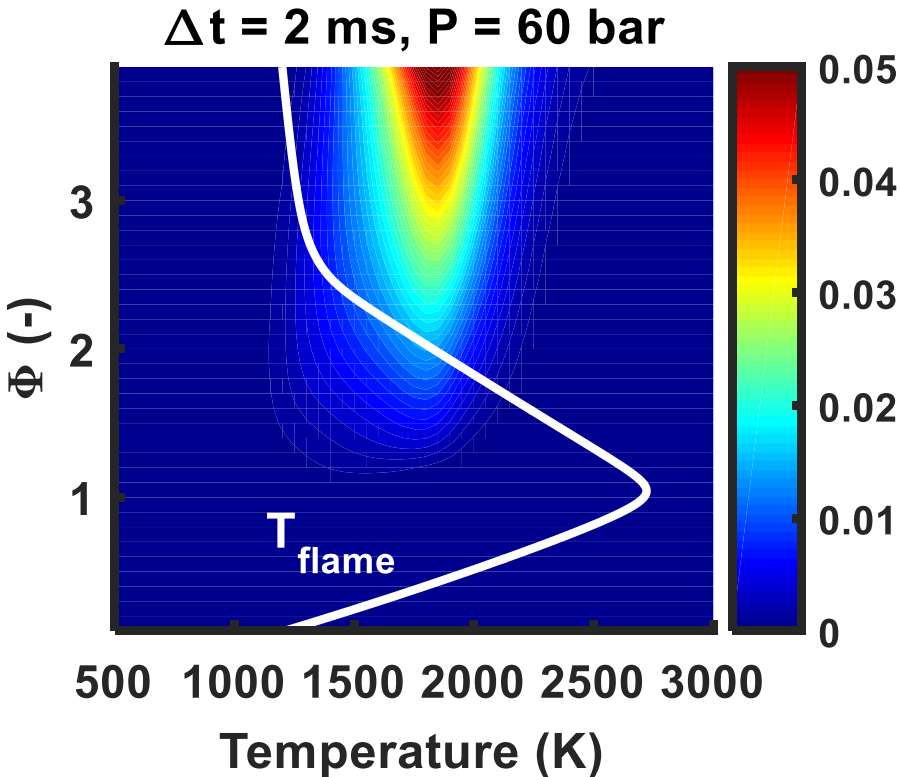
T
850
800
600
400
300

Z
0.175
0.16
0.12
0.08
0.04
0

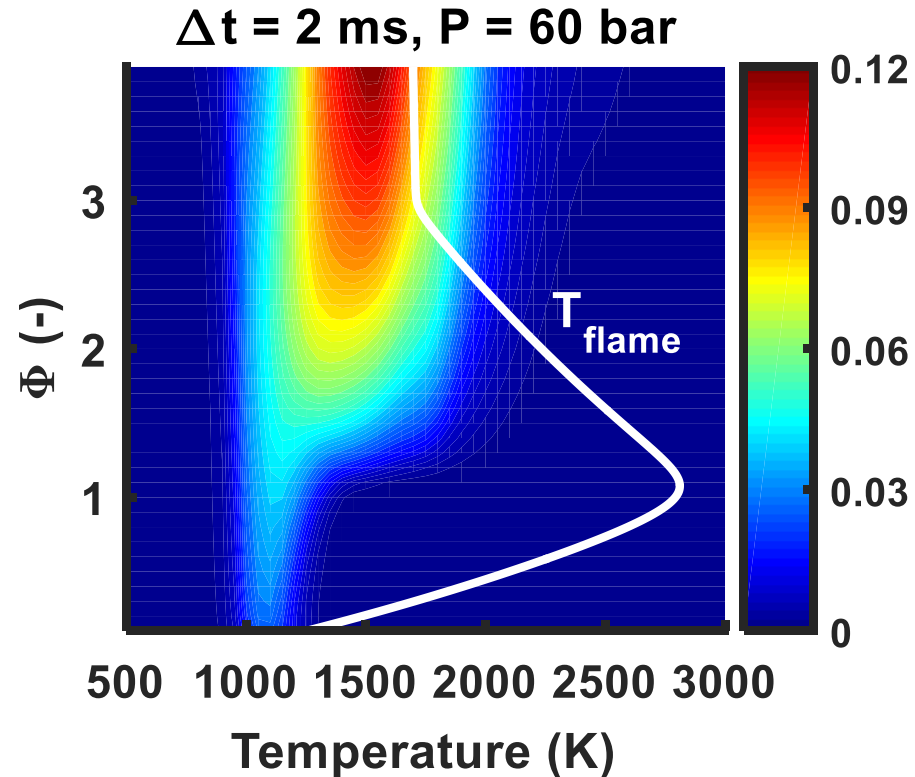


Utsläpp av metan verkar vara ett mindre problem, jämfört med diesel

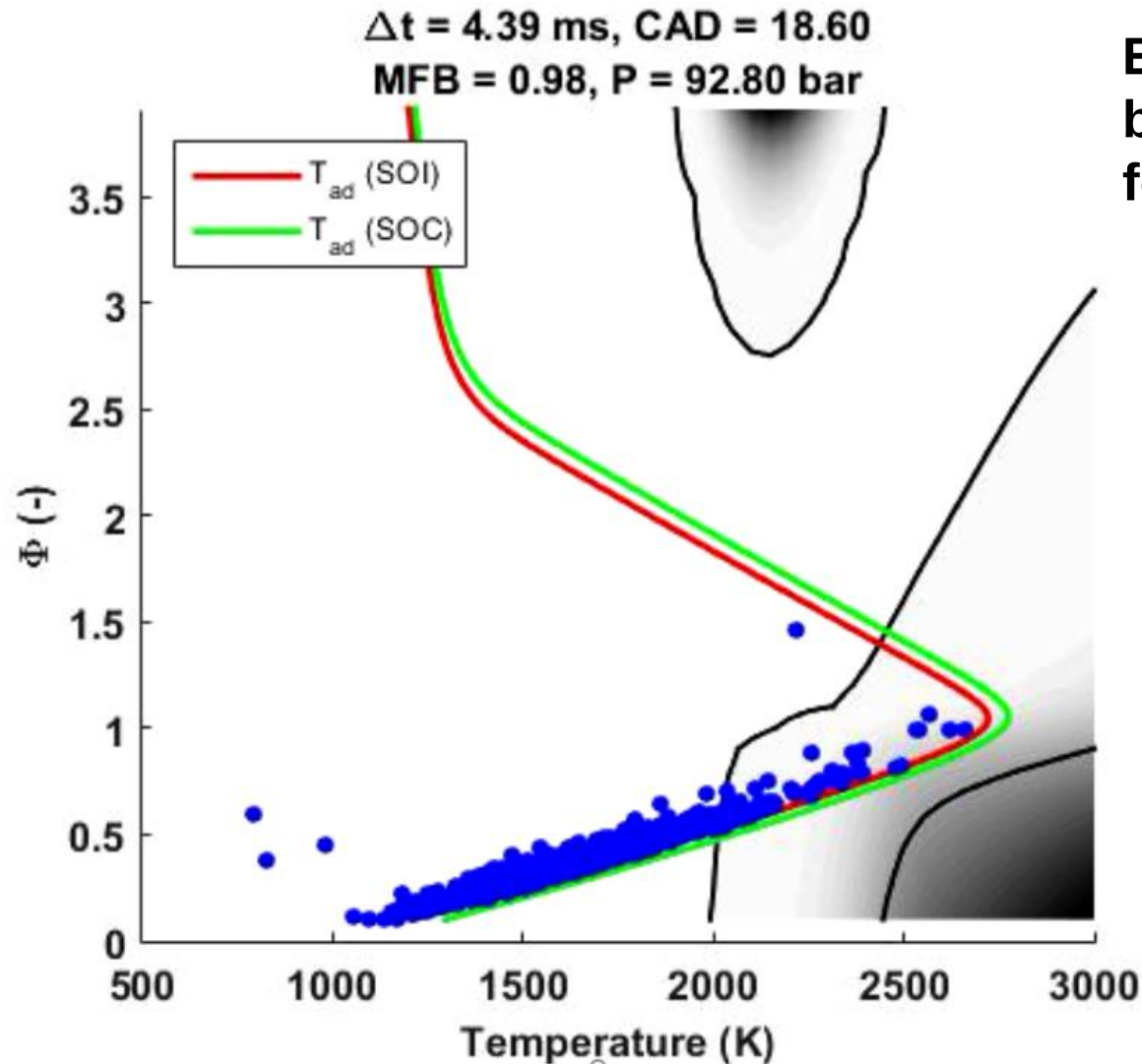
Metanol



Diesel



Överföring av experiment till $T - \Phi$ diagram



En mager, varm
blandning antänds
först



Sammanfattning

- Metanol är en molekyl som kan knyta samman hela samhällets energiomvandling och energilagring
- Metanol PPC fungerar!
- Teori och praktik visar på mycket låga emissioner
- Våra studier bekräftar så långt bilden av metanol som ett utomordentligt motorbränsle med potential för mycket låga utsläpp och låg energiförbrukning (hög verkningsgrad)



Tack!

Frågor!

*Vi söker samverkan -
Vad är kloka systemgränser och synergier?*

*– helelektriska fordon, hybrida fordon, elmotorvägar, bränsleceller och andra
alternativa bränslen*

Framtiden är flera samverkande lösningar!



Status MOT-2030 projektet

- Samtliga 4 doktorander anställda och igång sedan 8-13 månader.
- 2 granskade publikationer klara (Mål minst 12)
- 3 ytterligare publikationer under produktion
- 1 exjobb klart
- 8 artiklar i dagspress
- 3 radiointervjuer (en på isländska)
- 1 internationell workshop i Lund (ca 120 deltagare)
- 4 inbjudna föreläsningar (Mål minst 6)
- Samarbete med LTU om rå-metanol (fuel grade)
- Spin-off: medverkan i två andra metanolprojekt och ytterligare två ansökningar
- Halv informationsfilm...



Green Methanol



Papermill, Piteå, SWE



Svartsengi, ISL



Enerchem, Edmonton,
CAN



BioMCN, Delfzijl, NLD