

Fast-stof-emission består hovedsageligt af organiske kulstof/carbon partikler og aske rester fra brændstof og smørelie additiver. En del SOF har det med SCS ?? . Se Total Particulate Matter (TPM)

Fejemaskiner fremstilles generelt i to størrelser. De store opbygges på et standard lastbilschassis, og de mindre på 2-4 ton er specielt fremstillede maskiner. Begge typer kan relativt enkelt forsynes med enten oxidations-katalysator og / eller partikelfilter.

På de store maskiner af fabrikat Johnston, Johnston/BEAM, Schmidt og Bucher er der installeret en fuldt belastet separatmotor (Mercedes, Perkins) i 60-90 kW effekt klassen til at trække centrifugal ventilatoren. Ved at koble begge udstødningssystemer sammen før en katalysator løfter den lille motor gas temperaturen for begge motorer op over 300°C, hvorved der sikres fin virkningsgrad for partikelfilter/katalysator med additiv regenerering. Dimensioneringen bestemmes af den samlede motor effekt eller hovedmotorens maksimalt afleverede effekt under landevejskørsel. For en stor maskine som den på billedet vil en *Unikat* katalysator type U-270 med elpatron EP-270 være en fin løsning.

BILLED af STÅLVÆRKET

Fortovsfejmaskiner i vægtklassen indtil 4 ton er gerne udrustet med Diesel-motor sat op til ren hydrostatisk drift. Mærker som Schmidt (VW 1,9 IDI motor) fra England, der producerede 420 maskiner 1995, og Bucher (MB 616 eller Kubota) fra Schweiz med 150 maskiner om året er velkendte. IKM/Pietsch fra Tyskland (VW 1,9) er mindre velkendte her i landet. I alt sælges der kun nogle stykker om året i Danmark.

De store fejmaskiner med hovedmotor >85 kW skal overholde alle EU regler, hvorimod hjælpemotoren ikke er underlagt disse regler. For brug på aflukkede arealer gælder det pågældende lands individuelle regler. Interessant nok er Danmark en betydelig eksportør på 70% af fejmaskiner udviklet og fremstillet af BEAM i Silkeborg, der som de eneste i verden har specialiseret sig i maskiner, der kan arbejde i frostvej og rense fly-landingsbaner med specielle anti-frost midler.

Fejemaskine partikelfiltre - I gennem en årrække fra 1989 blev >150 Rolba/Bucher *City-Kat K-1500* maskiner fra fabrikken i Schweiz original *OEM* monteret med en sammenbygget partikelfilter/ katalysator/ lyddæmper.

Udstødningsgastemperaturen målt i manifolden er 380°C under feje situation på gade. Mercedes Benz krævede overholdelse af max. 7 kPa modtryk for at få at give en certificering af systemet. Dette krævede en meget omhyggelig afstemning af katalytisk coating, rørdimension, system design, isolering m.m. Systemet blev afprøvet i 1989 på *Institut for Energiteknik* på DTU med *måleudstyr til Diesel-motor* ved steady-state betingelser 31kW / 2.800 o/m og udstødningsgas temperatur på 600°C. Værdierne ppm, Opacitet og BZT er aktuelle måleværdier og alle andre er beregnet. **BILLED**

Emission fra OM616	Modtryk	CO ppm	CO g/kW/t	HC ppm	HC g/kW/t	NOx ppm	NOx g/kW/t	Opacitet	TPM g/kW/t	BZT
Standard dæmper	7,5 kPa	520	2,75	520	1,35	305	2,65	5%	0,53	2,6
Monteret med D-655	7 kPa	130	0,64	65	0,17	297	2,58	0%	0,01	0,15
System reduktion i %		55	55	88	88	0	0	100	83	94

Det er forbundet med nogen usikkerhed at sammenligne partikel emissions målinger hvorimod gas-fase-emission handler om aflæsning på instrumenter med talvisning. Det er væsentligt at bemærke at NO_x ikke påvirkes negativt. Årsagen til anstrengelserne var, at City-Kat maskinen i Tyskland og Schweiz ikke kunne opnå certificeringen "*Blaue Engel*" og derfor var uforenelig med de tyske kommuners holdning til emissioner under rengøring på gader og stræder. Den ligeledes i Danmark populære fejmaskiner Schmidt SK-152 er af Løwener (tlf: 43200300) leveret med Stobbe D-655 partikelfilter/katalysator for indendørs kørsel til blandt andet Tuborg og Stora-Dalum Papir.

Stobbe D-655 system reduktion i %	Modtryk	CO	HC	NOx	TPM
VW 1,9 ADG - 25 kW / 2.800 o/m	<20 kPa	>60	>70	ingen	>85

VW koncernen har et meget tolerant syn på *modtrykforhold* specielt for deres sugemotorer, således bliver det alt lettere at designe partikelfiltre/katalysatorer. Et godt eksempel er den engelske Schmidt K-152 fejmaskine, der er monteret med 1,9 ADG 130 kg *hvirvelkammer* motor. Fejemaskinen har ren hydrostatisk drift, hvor motoren arbejder ved 2.500-2.800 o/m for varierende belastning og med et specifikt brændstofforbrug på 260 g/kWh. Det geniale ved disse filtersystemer er, at de erstatter den originale støbejernsmanifold, monteres direkte på motoren, ikke fordrer ændringer på køretøjet, ikke kræver specielt brændstof, benytter *regenerering med katalytisk coating* under drift og derfor ikke kræver chauffør medvirken overhovedet. **BILLED**

Begge systemer er udviklet og fremstillet af *Stobbe Engineering A/S*.

Ferrum - på dansk jern, er et sølvhvidt metal, der er kendt fra oldtiden. Navnet stammer fra latin. Jern oxideres meget let under dannelse af jernoxid, der kan reagere med vandindholdet i atmosfæren, så der dannes rust, hvilket er helt ufarligt for mennesker. Jern virker katalytisk aktivt i visse tilfælde. Findelt Jern virker sammen med Aluminioxid som katalysator i forbindelse med Ammoniak fremstilling. Jern anvendes med fordel til *dieselolie-additiv*, hvor det sænker sodantændingens temperaturen.

Symbol	Atomnummer	Atomvægt	Densitet	Smeltepunkt

Fe	26	55,87	7860	1535
----	----	-------	------	------

Det største Ferrum molekyle ses i Brussels hvor Verdensudstillingen i 1958 skabte en konstruktion der viser molekylet forstørret 160×10^9 gange.

FEV Motorentechnik GmbH er et i Aachen i Tyskland placeret anerkendt institut hvor proff Og lederen Gerhard Lepperhoff gennem tiden har haft input på udvikling af udstyr til reduktion af især partikel emission fra auto Diesel-motorer.

Filter monolither i keramik velegnet til *partikel-filtre* til *Diesel-motorer*, fremstilles af *NoTox International* i Danmark på special byggede ekstrudere på basis af en plastisk masse med meget høj viskositet sammensat af *Silicium Carbide* pulver og en organisk binder. Efter formgivning, hvor massen presses ved 75 Bar gennem en meget kompleks dyse, tørres segmenterne og for at skabe et filter ud af et åbent ekstrudat må en *kanal lukning* give det ønskede *WFF*. Efter denne proces brændes segmenterne i en neutral atmosfære ved op mod 2.500°C i en elektrisk opvarmet ovn på eksempelvis 250 kW. De brændte segmenter samles med NewPack lim til cirkulære monolither og er da klar til indbygning hos en *System Producent*. FIGUR OVER TYPE

Fremstilles yderligere kun i USA af *Corning* og i Japan af *NGK* ud fra materialet *Cordierite*. Gennem tiden i 4 forskellige varianter der senest er reduceret til alene EX-80.

Corning WFF varianter	EX-47	EX-54	EX-66	EX-80
Porestørrelse				
cpsi	100	200	100	100

Filter monolither i pulver-metal fremstilles af *SHW* i Tyskland på konventionelle axiale hydrauliske 250 ton presser på basis af AISI 321 pulvermetal der omkring et metalnet, uden organisk binder, mekanisk bringes til kontakt og binding i 2 mm tykke rektangulære plader. Pladerne samles i lag og TIG svejdes i kanter for at frembringe et rektangulært *WFF*.

Filter monolither i glas fremstilles af *Schott* i Tyskland, men er ikke kommercielt tilgængelige. Design som en nøjagtig kopi af Corning's WFF monolither.

Filtreringsmetoder - Der skelnes mellem 4 principper i mekanisk filtrering: interception, impaction, gravitational force og diffusion. FIGUR - ??

Fire-takt stempelmotoren, lanceret kommercielt i større stil af af *Otto og Diesel*, blev i væsentlig grad produktionsmodnet af *Daimler*, og er, som vi kender den i dag, klart den mest udbredte forbrændingsmotor på vor klode med et styktal tæt på $\frac{1}{2}$ milliard !!

Fischer-Tropsch – fremtidens brændstof! En velkendt kemisk proces til at fremstille syntetisk flydende hydrocarbons (brændstof) fra kul eller en gas. Opfundet og patenteret først i 1920'erne af de to tyskere Fischer og Tropsch. Hitlers regime brugte flittigt processen under anden verdenskrig baseret på kul. Her var katalysatoren jern og virksoheden I.G.Fabern. Processen startes ved at gasificerer kul under tilstedeværelse af Oxygen og damp til en gas bestående hovedsageligt af CO og Hydrogen. Herefter renses gassen for partikler og andre urenheder hvorefter den sendes igennem en eller flere katalytiske processer for at konverteres til en eller flere væske.

Et moderne anlæg vil baseret på naturgas og en Kobolt katalysator kunne fremstille syntetisk dieselolie af meget høj kvalitet. Dette brændstof vil have absolut intet Svovl og meget få aromater og et Cetan tal så højt som 70. Prisen er typisk lavere end 20 USD per barrel. Denne type dieselolie giver stort set ingen partikel emission!! Og eftersom flydende ved atmosfæretryk et bedre alternativ end DME. Syntetisk dieselolie kan anvendes direkte i dieselmotoren der herved ikke kræver omfattende ombygning som i tilfældet med DME.

I Malaysia har Shell netop bygget et sådant anlæg i 2 cifret mia dollar klassen. Exxon har et anlæg klart i Louisiana og Chevron er i gang med et anlæg i Nigeria. Formentlig til delvis at fremstille MTBE og dieselolie justerings additiv. Eksempelvis vil et lille testanlæg anlæg til 500 mio USD paa basis af 35 mio m2 naturgas per dag fremstille 8.820 barrels per day (1.4 mio liter) af flydende produkt. Da processen er exoterm produceres der yderligere 85 MW elektrisk energi.

Flexrør til vibrations-isolering er en relativt billigere løsning end *kompensatorer* (halv pris) men har også kortere levetid stærkt afhængig af vibrationer og temperatur. Levetiden er sjældent mere end 3-5 år. Flexrør er meget lette at arbejde med, da de fremstilles med indvendige diametre, der passer ind over gængse udstødningsrør og fæstnes simpelt med Volvo type clamps. Det anbefales stærkt at undgå svejsninger på flexrør, da det kniber med at holde tæt, hvis der

arbejdes med høje modtryk i systemet. Der arbejdes med 2 typer flexrør, hvor den meget flexible benytter glasfibertråd som tætningsmateriale, og den stive og stærkeste benytter kobber tråd. Flexrør kan tåle rotation af røret og store bevægelser modsat kompensatorer, der alene tåler parallel bevægelse. Leverandør er *Dinex* tlf: 64410025 og H.C.Puck tlf: 42918711. FIGUR

Flis/kompostmaskiner anvendes til oparbejdning af træaffald for kompostering eller til forbrændingsanlæg og udrustet med motorer i 50-250 kW klassen. De fremstilles i Danmark af TIM Maskinfabrik A/S og Silvatec Aps. Internationalt kendes Morbark, Portec, Duratech og Vermer med 800 maskiner solgt i USA i 1994. Generelt er de enkle at efterbehandle udstødningasser fra, da motorene generelt er veldimensioneret og derfor hårdt belastet. Se Skovflishuggere.

Flyvemaskine brændstof - En overgang tidligt i 30erne var Dieselolie det for flyvemaskiner foretrukne brændstof. Benzin med højt Oktantal kunne ikke skaffes og var overraskende af de Britiske myndigheder mange år om at blive godkendt. Først i 1934 blev det ment forsvarligt at anvende lav-Oktan og 1939 100 Oktan for Royal Airforce. Der blev at producenter som Junkers, *Rolls Royce*, Bristol, Beardmore, Napier, Packard, Deschamps, Clerget-Hispano, m.fl udviklet uhyre interessante Diesel stempelmotorer i både stjerne, R-12 og V-12 design. FIGUR TEKST Dieselolie og -motorens højere virkningsgrad giver betydelig vægtfordel sammenlagt og sammenlignet med lav komprimerede Otto-motorer.

BILLED-tekst- *Rolls-Royce Supermarine S6* vandt i 1929 *Schneider Trophy* på en blanding af 78% Bensol, 22% Rumænsk Benzin og 0,5 cm³/liter TEL. Den 36,7 liter slagvolumen store V12 udviklede 1.450 kW/2.900 o/m ved det for den tid meget høje ladetryk på 186 kPa. Brændstofforbrug på 385 g/kW/t svarende til >700 liter/timen og et smørelolie forbrug før indbygning af oliekontrol stempelringe ~40 liter i timen. Flyet trak da også en ganske betydelig lang sort røgfane efter sig. Før montering i flyet afprøvet på dynamometer brugte R-motoren 105 liter smørelolie ved fuld last på kun 25 minutter. Stanken i området var ganske betydelig da den anvendte olie var vegetabilsk Castor (Amerikansk Olie) den eneste smørelolie for racermotorer med high-speed egenskaber dengang.

Samme fly opnåede verdens rekord 1931 med 573 km/t på en blanding af 60% Methanol, 30% Benzol, 10% Acetone og lidt TEL. Motor effekt så højt som 1.925 kW/3.200 o/m ved middeltryk på 182 kPa og ladetryk på 235 kPa. Brændstofforbrug grundet overgang til Alkohol nu øget til 520 g/kW/t og levetiden nedsat til et par timer.

BILLEDTEKST - En Bristol radial Diesel-motor type *Phaenix* fra 1933 i 9 cylindret udgave på 28,7 liter slagvolumen med to 5 cyl indsprøjtningpumper. Norminel effekt på denne sugemotor var 316 kW/1.900 o/m ved 238 g/kW/t forbrug af gasolie samt vægt på kun 500 kg.

BILLED-tekst- Ved starten af 2. Verdenskrig kom kravet til høj-Oktan brændstof til jagerfly på begge sider af fronten. Fra 1944 kunne *Rolls-Royce Merlin* ved havoverfalden yde ~1.500 kW/ 3.000 o/m over >300 driftstimer med 172 kPa ladetryk kølet til 120°C på 100/130 Oktan flyvemaskine Benzin (Esso aviation fuel med 3 cm³/liter TEL/Bly) yderligere tilsat 2,5% MonoMethylAnilin. Den 27 liter slagvolumen store V12 Otto-motor havde kompressions forhold på 7:1 og gav i 12 km højde 775 kW.

BILLED-tekst- V1 flyvende bombe voldte problemer over London og kun relativt få specialbyggede *Supermarine Spitfire* med yderligere 15% kraftigere *Merlin* motor eller især *Hawker Tempest* med *Napier Sabre* motor alene på 115/145 Oktan brændstof med >60% Isooctan kunne nedlægge raketten. Den nødvendige hastighed var >675 km/t. De store avancerede stempel-aviation-motore blev totalt overhalet af forbrændingsturbinen først i 50erne og forsvandt hurtigt helt fra markedet.

Flyvemaskine brændstof - Nutidens aviation Benzin

.....

.....

Sammen-sætning - 1996	Energi MJ/kg	Damptryk kPa 37,8°C	Kogepunkt °C ved 101,3 kPa	Oktantal	Bly g/l	Densitet ved 15°C - 101,3 kPa	Svovl ppm
C ₆ H ₁₄ til C ₈ H ₁₈	43,5						

Man ser

Flyvemaskine-motorer - de væsentligste bidrag til stempel-motoren er opstået under de to Verdenskrige og fordelt på de krigsførende nationer. I USA var de førende blandt andet *Curtis-Wright*, Allison, Chrysler, Pratt & Whitney, Continental, mfl. I England klart nok *Rolls-Royce* og lige så vigtige *Napier* og Bristol. I Tyskland var Mercedes, BMW og *Junkers* blandt de førende. Under 2. Verdenskrig overtog forbrændingsturbinen der totalt ændrede billedet med introduktion af *jetmotoren* i forskellige afskygninger og *gasturbinen*.

Flyvemaskiner motor emission i de tidlige år var præget af mangel på olieskrabe stempelringe.

.....

BILLED-tekst- Den enormt populære *Gnome*, designet af franskmændene *Seguin, Laurent* i starten af vort århundrede, gav piloten en ganske alvorlig eksponering for emissioner og støj. Denne 5, 7 eller 9 cyl fire-takt Otto-motor er usædvanlig uortodoks ved at krumtappen står stille og selve motoren roterer. Turbulens omkring den yderst smukke og slanke roterende motor skaber ~10% effekttab. Af samme årsager en umulig opgave at vandkøle eller montere lyddæmper. Hvis den snurre hurtigere end 1.200 o/m påvirker centrifugalkraften udstødningsventilen placeret i topstykket negativt. Indsugningsventilen er placeret i stemplet hvorfor indsugningsluften må passere krumtaphuset. Derfor følger at *Gnomen* der altid brugte Castor smørelolie for racermotorer osede helt kolossalt som en anden to-takt

motor. Den stakkels pilot sad altid i udstødningsgassen og mange beklagede sig med rimelighed over helbredsforstyrrelser.

Foam substrater af keramik til dieselpartikelfiltre har været forsøgt markedsført af producenter som Alusuisse, ESK og Dräcke i Tyskland, uden at de har slået igennem. I praksis ligner det aftrykket af en svamp, hvorved der opstår en kompliceret net-struktur, der udformes som en tykvægget cylinder. Foam substrater har porøsitet >55%, hvilket ofte har givet problemer med den mekaniske styrke, lav varmeledningsevne og risiko for *hot spots*. Porestørrelsen udtrykkes i ppi, Pores per Inch, ligger i området 60-120 ppi og er bestemmende for filtreringsgraden for dieselsod. Et Foam filter virker som dybdefilter og kræver derfor >20 mm vægtykkelse, der i kombination med porestørrelse 120 ppi kun giver 60-70% filtreringseffektivitet, hvilket ikke er acceptabelt. En væsentlig fordel var dog en lav pris. FIGUR

Forbrug af brændstof udtrykkes igennem forkortelsen - g/kW/t - en forkortelse af - gram per kilo Watt time -. Betegnelsen angiver, hvor mange energienheder vejlet ved 20°C af en eller anden slags, der skal til for at producere en kilo Watt energi igennem en time. Det er en måleenhed, der gør det let at sammenligne motorer indbyrdes. Det specifikke forbrug skal dog indeholde en kommentar om brændstoffet. Det er f.eks. ikke nok af angive - Diesellole - idet der findes >10 forskellige af slagsen. De i bogens skemaer nævnte forbrug er bedst opnåelige under varierende betingelser.

Forbrænding er en kemisk process, der foregår under lys- og varmeudvikling, optagelse af Oxygen og afgivelse af CO₂ og H₂O. Ved fuldstændig forbrænding forstås overskud af Oxygen - Lambda = >1. Ved ufuldstændig forbrænding forstås underskud af Oxygen - Lambda = <1 der forårsager CO, HC og partikel emission.

Forbrændings-stempel-motorer er kraftmaskiner, hvori brændstoffets bundne ofte fossile kemiske energi frigøres som varme og omsættes til mekanisk arbejde af et eller flere reciprocating stempler. Motoren er en "indvendig forbrændingsmotor" og betinget af mange på hinanden følgende sekventiel forbrændinger der er selve kernen i emissions problemet. Stirling motoren er en "udvendig forbrændingsmotor" hvor en konstant forbrænding sikrer minimalt emissions udslip.

De fleste af fædrene for "the internal combustions engines" er mænd (samt år for væsentlig opfindelse) stort set alle fra forrige århundred som: Huyghens 1680, Papin 1690, Robert Street 1784, Samuel Brown 1823, William Barnett 1838, Lenior 1860, Hugon, Bischof, Millon 1861, Brayton, Otto 1876, Clerk, Diesel 1897, Benz og Daimler med flere. Bortset fra elektrisk styret brændstof indsprøjtning og katalysatorer er der stort set ikke sket nogen væsentlig udvikling siden 20erne.

Diesel-motoren er en ægte luftoverskudsmotor da cylindrene ved alle belastninger er helt fyldt med mere frisk atmosfærisk luft end processen kan forbruge. Ydelsen reguleres alene ved at ændre den tilførte brændstofmængde, kan også omtales som en kvalitets-motor.

Otto-motoren får tilberedt den totale blanding af luft og brændstof til en gas med konstant Lambda tal oftest = 1,0 udenfor motoren hvorfor der er mere tid hertil. Ydelsen reguleres med et spjæld der i indsugningssystemet bestemmer gasmængden, og kan derfor omtales som en kvantitets-motor.

Forbrændings-turbinen, også kendt som en jetmotor eller reaktionsmotor, skyder genvej i processen, idet den omsætter forbrændingsenergi til bevægelsesenergi (kinetisk energi) uden kompliceret mekanik med stempler. Eller sagt med andre ord: afbrænding af fossilt drivmiddel i et konstant volumen brændkammer med en konstant flamme skaber en superhed gasstrøm, der igennem en modreaktion bevæger et legeme, eller driver en rotor, kraftturbinen rundt. Den konstante forbrænding tillader bedre kontrol over emissionsudslippet modsat stempelmotorens sekventielle forbrændingsproces. Det nationalt mest benyttede ord er *gasturbiner* uanset om de arbejder på et flydende eller gasformigt brændstof.

BILLED-tekst- Som pilot fra 1928 i Royal Air Force fik englænderen Whittle, Frank (1907-1996) interesse for *jetmotoren*. Den blev patenteret i 1930 men mange hindringer blev lagt i vejen af British Air Ministry før det nye lille firma Power Jets ltd. I 1936 kunne gå igang med opbygning af en prototype.

BILLED-tekst- Ret sent fløj det engelske jetmotor drevent Closter E28 fly, i Maj 1941 af egen kraft. Effekten var da i området 1.000 lb trust.

BILLED-tekst- På kontinentet var tyske Heinkel flyfabrik foran og fik et fly i luften i August 1939 med 1.100 lb trust motor. Heinkel nåede at fremstille ikke mindre end 1.600 af den meget avancerede ME262 inden krigens afslutning uden det dog fik betydning for udfaldet.

Motoren er ikke specielt kræsen med brændstof, men da den benyttes i flyvemaskiner, er brændstof valgfrihed begrænset på grund af vægt, temperatur- og pladsproblemer. Tilsvarende er det selvsagt overordentligt svært at montere katalysatorer for at begrænse emissioner fra fly. Hvorfor *forbrændingsturbinen emissions begrænsning* opnås gennem optimering af brændkamrene.

FIGUR-tekst- Trykforhold og temperaturforhold i en jetmotor

.....

Forbrændings turbine emissioner - se ses

Yyyyyyyyy

yyyyyyyy

Under flyrejser oplever vi mennesker trykforskel i kabinen der kræver udligning af trykdifference over trommehinden. Det eustatiske rør har denne opgave hjulpet af synke

bevægelser. For at beskytte selve kabinen for det lave tryk i 10 km højde på 25-30 kPa absolut er kabinetrykket reduceret til 85 kPa. Problemet opstår når motoren ændre omdrejningstal og axial kompressorens driftbetingelse ændres. Tryk og flow til friskluft udtaget til kabinen igennem *Ozon katalysatoren* varierer. Vores trykken for ørene er således ikke et resultat i ændring af flyvehøjden.

yyyyyyyyyy
yyyyyyyyyy

BILLED-tekst- Udforming af forbrændingskamrene mellem kompressor og turbine er den afgørende årsag til emissionudslippet og derfor også betydelig interesse. Typisk deltager kun 25% af luften i selve forbrændingsprocessen og resten passerer igennem eller henover forbrændingskammeret for at sikre at metaldele ikke smelter. Der søges imod maksimalt 1.400°C flamme temperatur og 1.000°C belastning af komponenter gennem luft-film beskyttelse.
SKEMA

Forbrændings turbine emissions begrænsning - se

Ford Diesel-motorer der benyttes Sierra Transit. Motoren er designet i ?? År .. Som en ægte DI motor der benytter CAV rotor pumpe? og Bosch dyser med 4 huller og 0,15 mm i diameter.....
..... rent gæsteri

Emissioner i g/kW/t - test ??	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
2,5 liter DI-TCI diesel motor type - år ??						

..... **BILLED** - TEGNING

.....Ford Sierra og Escort fås med både Otto- og Diesel-motor.....

.....

.....

Escort Emission - g/km	forbrug l/100km	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
1,8 TD DI Diesel-motor - uden kat ??? år ??		55/4500				
1,8 TD DI Diesel-motor med kat - år ??		55/4500				
2,0 I Otto-motor						
2,0 I Otto-motor						

Det ses at

Escort med Diesel-motor leveret kun med to-vejs katalysator baseret på monolith med dimension

.....

Den i Danmark bredt benyttede 6,2 liters suge Diesel-motor type 2725 som den stadig ses f.eks i Cargo er produceret på fabrikken i England i perioden år tili ikke mindre end stk., solgt i Danmark i ? antal. Motoren er konventionelt opbygget med stødstangs aktiveret 2-ventilet topstykke med 4-hullet dyse der fødes af en CAV rækkepumpe ved Bars tryk. Udstødningsgasflow på 1356 m³/t ved fuld last og omdrejninger. Maksimalt modtryk 10 kPa og maksimalt udstødnings temperatur på små 700°C.

Emissioner i g/kW/t - 13 mode	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
Dover 2725 - EU 0		100/2600				

Se desuden Bryggeri-lastbil kørselsforhold.

Ford LPG industrimotorer fremstilles i størrelser mellem 1,1 og 7,5 liter slagvolumen baseret på motorer fra automobil produktionslinien. Alle er forsynet med konventionel fordampner/karburator for LPG gasdrift fra IMPCO. DOC420 har Double Over Head Cams med 10,3:1 i kompression, slagvolumen på 1.998 ccm og originalt udrustet med Lambda sensor styring.

Emissioner i g/kW/t - test ??	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
DOC420 - system 2	55/4000				<0,05

. FIGUR af FORD 2.0 OHC MOTOR

Fordampnings-emissioner fra Benzin-tanken - For at kunne fungere ordentligt i en Otto-motor skal Benzinen have en passende flygtighed. Dette betyder samtidigt, at betydelige mængder Benzin kan fordampe, når temperaturen stiger, hvilket er højst relevant omkring forbrændingsmotorer. Eksempelvis vil svømmer indholdet på en ældre type karburator fordampe i løbet af minutter, efter at den varme motor stoppes. I sådanne såkaldt u-kontrollerede Benzin drevne personbiler ligger karburator fordampningsbidraget på ~20-25% af det samlede Hydrocarbon udslip fra køretøjet.

For at reducere dette udslip indførte CARB i Californien i 1970 og resten af USA i 1971 ved lov, en stadig aktiv, begrænsning til 2 gram/test der fordrede en "aktiv kul kanister" for at kontrollere udslippet af fordampende brændstofs-komponenter. Dette medfører, at brændstofs-systemer i personbiler er mere lukkede, og at forbindelsen til atmosfæren kun sker igennem en kul-kanister. Benzindampe fra tanken og andre komponenter i brændstofs-systemet føres igennem lukkede linier til kanisteren. Kanisterens opgave er ved indfangning af væske- og gaspartikler på en porøs struktur (adsorption) at akkumulere de flygtige brændstofs-komponenter således, at de ikke kommer ud i atmosfæren, men senere suges tilbage i motoren og forbrændes under hensigtsmæssige driftsforhold. Trækullet har vægtfylde på 0,7g/cm³, en BET overflade fra 1600 til 1900 m²/g og porestørrelse i området 15-40 Ångstrøm. Kanisteren skal have en tilstrækkelig kapacitet således, at der ikke sker gennembrud af Hydrocarboner på grund af overfyldning. Kanisteren skal "skylles" under kørsel regelmæssigt og med passende mængde luft. Dette er muligt ved anvendelse af ventiler, og der findes både mekanisk og elektrisk styrede systemer. Fordampningsemission er udelukket fra motoren på moderne personbiler med tryksat indsprøjtningssystem, hvor det kun opstår fra brændstoftanken som følge af påfyldning af Benzin. Siden introduktionen først i 70'erne er der monteret mere end 160 x 10⁶ trækul kanister i USA. FIGUR Kanisterens volumen ligger i to områder; een liter for karburator svømmerhus og 3-5 liter for et totalsystem. Indholdet er kulpartikler med 2-5 mm i diameter og opsnings kapacitet på 20-30 gram Hydrocarboner per liter kul. Den store kanister er ikke specielt udbredt i USA og særdeles upopulær i Europa, men i et vist omfang i stand til at opsamle samtlige dampe fra en tankning.

Ved mætnings-konditioner på 25°C og atmosfæretryk er det på gasfase Benzin mulige genindvindings væskevolumen typisk 0,075-0,1 liter/50 liter tankvolumen, faldende til ~0,05 liter/50 liter ved 10°C.

Fordampnings-emissioner fra jord-tankanlæg er en betydelig emissionskilde, der opstår hver gang det flydende brændstof flyttes fra en beholder til en anden. Som for eksempel fra påfyldning af tankskibe, påfyldning på tankbiler, påfyldning af tankstation jordtanke og påfyldning på køretøjer. Når det HC mættede tomme gasvolumen fortrænges af tilstrømmende væske i en tank, slæbes HC'er med ud i naturen. Som fingerregel drejer det sig om een promille, der kan indfanges med dertil indrettet udstyr. I praksis vil gasvolumet over væskeoverfladen i en større Benzin tank indeholde ~0,75 liter Benzin per m³. Hvis tanken har udluftning / utæthed og udsættes for store temperaturudsving, direkte sollys, vil den "pumpe" emissioner ud i atmosfæren.

Allerede før 2. Verdenskrig var der nogen opmærksomhed overfor fordampning af Benzin, omtalt som svind. Der opstod fra leverandørers side krav om minimal omtankning og forbud mod udluftning af Benzin tanke. Det erfaringsmæssige årlige svind i 1950 var fra større overjordiske lagertanke ~2%, transport svindet ~2l, svind ved spild, udleveringssvind ~2l, tankmålersvind <5l. Fordampning af lette komponenter under søtransport ved import af 650 x 10⁶ ton blev betegnet som omregningssvindet og lå på ~2 x 10⁶ ton, ren fordampnings-emission.

EU-Direktiv Stage 1 pålægger ved lov fra 1995, at håndtering af Benzin til og fra tankbiler kun sker med genindvinding. Det beregnede genvundne volumen i Danmark er for 1996 på 3.000 m³ stigende til 6.000 m³ i år 2000. På en tankstation, hvor jordtanken påfyldes 20.000 liter (20 m³) Benzin, kan der indfanges ~30 liter væske. **Stage 2** er frivilligt og gælder for de >2.600 tankstationer i Danmark i forbindelse med tankning af det enkelte køretøj og tilskyndes ved en 3 øre benzinafgift begunstiggelse til brændstoffeleverandøren. Ved tankning af Benzin på en gennemsnits bil handler det om ~0,05 liter, der indfanges og dermed ikke belaster naturen. Teknikken ved Stage 2 er en volumen udskiftning, hvor det tankede væske volumen skifter plads med køretøjets tank gasvolumen. Genindvindingen sker da først, når Benzin leverandørens tankbil har fyldt jordtanken op og er returneret til depotet med et mættet gasvolumen. Den beregnede årlige fordampningsemission i Europa fra håndtering af benzin til og fra ??? er m³, en ganske betydelig emission.

En noget anden størrelsesorden gælder, når et tankskib på 300.000 ton lastes med rå-olie, hvor der af de fra skibet udstrømmende gasser kan indvindes 300 m³ væske, nok til at fylde 10 lastvognstog med anhænger. Fordampningsemissioner indfanges i større genindvindingsanlæg på basis af gas optagelse i en væske (absorption) eller ved indfangning af væske- og gaspartikler på en porøs struktur som aktivt kul (adsorption). En betydelig Europærisk producent er danske Cool Sorption A/S. BILLED

BILLEDTEKST- Genvindingspersonale omkring Discovery i 1990 på Edwards AFB der med specialbyggede lastbil hindrer farlige dampe i at undslippe til atmosfæren. Den anden lastbil sikrer afkøling af kabinens Freon-21 anlæg og afkøler desuden lastrum, fuselage og vinger med luft.

Fordampnings-varme - Drivmidler på væskefase kræver for anvendelse i en forbrændingsmotor at omsættes til gasfase før forbrænding er mulig. Hertil forbruges der varme der optages fra omgivelserne med dertil forbundne forhold.

LPG tilføres varme gennem den såkaldte fordamper, varmt vand for at forhindre at karburatoren fryser.

Fordampningsvarme	Ethanol	Methanol	Benzin	Diesel	Benzen	LPG
MJ/kg	1,1	0,9	0,38-0,50	0,25	0,394	

Alkoholer benyttes på visse racermotorer, da Methanol kræver ~9 gange og Ethanol 7 gange fordampningsvarmen i forhold til Benzin og optager derfor betydelig energi fra omgivelserne. Derved reduceres den termiske belastning af komponenter, som er vanskelige at køle såsom stempeltop og ventiler.

Mange husker VW og 2CV med boksermotor hvor den eneste karburatoren var placeret over motorens centrum, ret langt fra hver cylinder. Ved udendørs temperatur mellem 0-8°C opstod der altid problemer med is i karburatoren. Problemet løste sig selv når den varme udstødningssgas fik ændret energi balancen til positiv i varmeveksleren under karburatoren.

Forenede Danske Motorejere (FDM) har siden oprettelsen i 1909 stået for at varetage privat bilisternes interesser. Året før havde Rigsdagen vedtaget en automobillov, som var præget af den billjendske justitsminister P. Alberti. Med Albertis fald blev loven revideret for de omkring 700 automobiler og 2.000 motorcykler i landet. I begyndelsen af 1909 foreslog redaktøren, for det 3 år gamle selvstændige tidsskrift MOTOR, ingeniør Schmitto en helt ny sammenslutning med det ene formål: at fremtvinge rimelige vilkår for landets automobilejere. Dette lykkedes desværre ikke og med loven fra April 1910 blev særbeskatning på automobilet indført beregnet efter motoreffekt indtil 1921 hvor beregningsgrundlaget blev vægten. I 1911 begyndte FDM og KDAK at opsætte de første advarselstavler, for egen regning. I 1924 meddelte de to klubber at de ikke længere ville opsætte hastighedstavler, det måtte være Politiets opgave. Midt i 1927 blev der indført en 7 øre/liter beskatning på Benzin der gik til udbygning af vejnettet. Da krigen startede blev der indført kørselsforbud af rå-vare hensyn for de 162.000 automobiler i landet, hvorfor *generatorgas* drift blev høj aktuelt. FDM tlf: 45270707.

Den tyske pendant er ADAC med betydelig indflydelse i hjemlandet.

Forkammer princippet hovedanvendelse er små hurtigt gående fire-takt stempel Diesel-motorer til brug for personbiler. Brændstoffet indsprøjtes i forkammeret, der typisk indeholder 50% af forbrændingsluften. Diesel-motoren (IDI=in-direct-injection) er støjsvag da forbrændingshastigheden er relativt langsom hvilket også skåner drivværket. Da strømningsmodstanden fra forkammeret til cylinderen er betydelig betyder det at brændstofforbruget ikke når ned under ~275 g/kW/t. Forkammerindsatsen har en center placeret metalap, der bliver meget varm og bidrager til sikker antænding af brændstoffet. På grund af det lille volumen med relativt lavt Oxygen indhold sker der kun en delvis forbrænding i forkammeret, men det stigende tryk presser den glødende gas ud i hovedkammeret, med gashastigheder >2000 km/h, hvor processen afsluttes. Betydelige udviklere på forkammer motoren er *L'Orange* og *Hesselman*. *Caterpillar* har i en årrække fremstillet type 3306 PCNA forkammermotor, der i store træk har den halve CO og partikel emission, der er væsentligt for tunnel- og minearbejder for det nord-amerikanske marked. *Mercedes Benz* har benyttet sig af dette princip på personbiler med 4 og 5 cyl Diesel-motorer siden 30'erne. Se også hvirvelkammer. FIGUR

Formaldehyd (Methanal, HCHO) er en brandfarlig gas (flammepunkt på 56 °C), der danner eksplosive blandinger med luft. Det er giftigt og stærkt irriterende for luftveje og øjne. I vandig opløsning kendt som Formalin. Desuden er det mistænkt for at være kræftfremkaldende. Det forekommer i udstødningssgasser og interessant nok i en del strygefri nye bomuldstoffer, der kan give allergi for ekspedienter og ved anvendelse uden omhyggelig vask inden brug. I ubehandlede udstødningssgasser findes koncentrationer indtil 20-30 mg/m³. HGV er for tiden 0,3 ppm, MAK= 1,2 ppm.

Forstøvning af en væske til dråber har under indsprøjtning af brændstof fra karburatorer eller dyser til både gnisttændingsmotorer og kompressionstændingsmotorer kolossal betydning for emissionsbilledet. Jo bedre konceptet opdeler væsken i dråber, des bedre for både emissions billed og forbrug. Med faldende dråbe størrelse stigende dråbernes samlede overflade og hermed fordampnings hastigheden. Kun gennem fordampning kan den egentlige forbrænding finde sted.

Opdeling i følgende grupper:

1. Medrivnings forstøvning som i karburatorer
2. Hydraulisk lav-tryks forstøvning som på Otto-motorer med EFI, Benzin indsprøjtning
3. Hydraulisk høj-trykforstøvning som i Diesel-motoren
4. Trykluft assisteret forstøvning af Benzin i f.eks. to-takt motorer.

Fortyndingstunnel er det internationalt anerkendte instrument til måling af partikler i en Diesel-motor udstødningssgasstrøm. Det er et stort og kompliceret stationært instrument, der kun findes hos DTI i Århus og på DTU i Lyngby og absolut ikke er transportabelt. Når der måles *TPM*, total partikler, skelnes der ikke mellem sod-partikler fra motorens forbrændingsproces, aske-partikler fra brændstof og smørelolie. Derfor reduceres Diesel-motorens partikelemmission, når Svovl indholdet reduceres i brændstoffet. I mange tilfælde måles også *SOF*, de tunge HC, der i rigelige mængder er akkumuleret i sod partiklerne. Måleenheden er g/kW/t i henhold til en cyklus. Producenter er Sierra Inc, Intelligent Controls, Horiba, Rosemount, Cussons, AVL, m.fl.

Forvarmning af indsugningsluften på Otto-motorer til typisk 40°C sikrer et minimum af emissioner gennem forbedret fordampning af brændstoffet. En termostat styrer med motorens vakuum en simpel ventil der gennem varmeveksling hen over den varme udstødningssmanifold løfter temperaturen. Vedligeholdelse eller udskiftning af den ofte sarte aluminiumslange fra skjoldet over manifolden forbedre brændstof økonomien og minimerer emissionsudslippet.

Fremtidens Diesel-motor findes allerede i form af EURO-3 On-Road regler. Der er intet, der tyder på Diesel-motorer, der gennem yderligere forbedret konstruktion opnår bedre økonomi eller reduktion i emissionsudslip i forhold til EURO 3. Hvorfor næste opgradering til EU 4 nødvendigvis vil fordrer efterbehandling af udstødningsgasserne.

Friktion i stempelmotoren forsøges reduceret for gennem øget mekanisk *virkningsgrad* at reducerer brændstof forbruget og samtidigt emissionsudslippet. Let-løbs motorolier er en for den almindelige bruger en væsentlig forbedring der reducerer brændstof forbruget med typisk 2-5%. *Motorvarme* har dog en langt større effekt ved korte køreture. GRAF-tekst- Test udført ved 2°C udendørs temperatur på en 4 cyl 2,3 liters Otto-motor og SAE 10W/40 olie viser den med stigende motor temperatur stærkt forbedret brændstof økonomi.

GRAF-tekst- Analyse af en årgang 1955 til 80°C opvarmet 4 cyl Otto-motor på 1,5 liter med mineralisk smørelolie SAE 30. Motoren trækkes, med varierende mængde indmad og spjæld helt åbent, af en elektrisk DC motor. For ved 2.500 o/m at køre 100 km/t kræver der i området 13 kW for at overvinde rulle- og luftmodstand. Motoren skal da yde mekanisk arbejder svarende til 16-17 kW.

BILLED-tekst- Det ganske store amerikanske kuglelejerfirma Torrington har beregnet at gennem opgradering af V6 motorens vippearne med glidelejer til vippearmen med rullelejer vil forbedre brændstoføkonomien med 0,16 km/liter. Hvis samtlige GM3800 V6 motorer benyttede denne vippearmløsning ville der kunne spares 26 x10⁶ liter Benzol om året.

Frichs A/S blev etableret i 1854 i Århus som jernstøberi og maskinfabrik af Frichs byggede sin første Otto-motor for gasdrift i 1905 på basis af industriens store interesse i at overgå fra dampmaskiner til gasmotorer omkring århundred skiftet. Drivmidlet til motorerne blev leveret fra de allerede eksisterende *kulgas-værker*. I det første årti af dette århundrede skete der en betydningsfuld overgang fra gasmotorer til Diesel-motore. Ikke mindst da Diesels patenter løb ud. Frichs første, af i alt 60, Diesel-motore på 44 kW/208 o/m blev fabrikeret i 1909 og leveret til Brabrand Elværk, som et led i Danmarks elektrificering. I 1926 blev den første af 292 motorvogne leveret til DSB af Scandia med Frichs fire-takt Diesel-motore på 170 kW med tryklufforstøvning. Frichs fremstillede i perioden indtil 50'erne flere forskellige trykladet indtil 8 cylindret Diesel-motore med effekter på 400 kW hvorefter dansk *jernbanemateriel* overgår til lokomotiver med EMD to-takt motore.

I perioden leverer Frichs 1200 *generatoranlæg* af typen 185AC til DSB's færger, til søværnet samt til handels- og fiskeriflåden i effektklassen fra 400-600 kW. Typen er opbygget som en *ladeluftkølet*, turboladet, 4-ventilet, 6 cyl., 750-1200 o/m, for gasolie drift, boring på 185, slag på 260 mm og vægt på 5-6 ton. En kendt motor for alle teknisk interesserede der med mellemrum har aflagt besøg i motorrummet på danske færger.

Emissioner Frichs - g/kW/t	kW/o/m	BMEP	forbrug	CO	HC	NOx	TPM
Marine generatoranlæg 6.185ACU - 19??	360/750	137					

Produktion af motorer ophørte desværre hos Frichs i 1989. Herefter markedsføres de japansk fremstillede Niigata gnisttændingsmotorer i perioden 1993-96 typisk i effektklassen 3-5 MW_{el} som kraftvarmeanlæg for naturgas drift. Motoren arbejder ved Lambda ??..... hvorfor NO_x emissionen er meget lav. For at håndterer den for Danmark ikke acceptable CO emission er der i tilfælde monteret to-vejs type oxidations katalysatorer fra??.

Den fra *lean-burn* normale Methan, CH₄ emission forsøges reduceret ved hjælp af Eksemplet er leveret til V12 ... med slagvolumen på og yder % el og % varme på basis af naturgas. Der er siden opstart i ??..... kørt i driftstimer.

Emissioner Niigata - mg/m ³	kW _{el} /o/m	forbrug m ³ ??	CO	CH ₄	HC	NOx	TPM
Type ??			500			650	<0,05
Type ?? med to-vejs katalysator							<0,05
Katalysator type reduktion i %							0

Der er til gartnerier leveret Niigata anlæg til produktion af CO₂ *beriget gas* og som kraftvarmeværk i effekt klassen At Frichs leverede god kvalitet ses blandt andet af at inspektionsskibet "Havmågen" fra 1943, med diesel-elektrisk fremdrift, stadig er i drift og sejler i Middelhavet. I alt fremstillede Frichs 1595 Diesel- og Otto-motorer i perioden 1909-1989.

Frontlæsser - kan være

BILLED-tekst- En .. af udseende noget hjemmebygget frontlæsser på Østre Gasværk før 2. Verdenskrig.

Fume Diluter - se gas-fortynder.

Færdselsstyrelsen udarbejder bl.a. bestemmelser for køretøjers indretning og udstyr (Detailforskrifter for Køretøjer), der bygger på internationale regelsæt, herunder specielt EU-bestemmelser. Desuden er der udarbejdet bestemmelser om luftforurening og støj fra køretøjer reguleret i Direktiv nr. 92/55/EØF, der fastsætter grænseværdier og målemetoder for kontrol af ibrugtagne automobiler. Færdselsstyrelsen udfærdiger også administrative bestemmelser for *Statens Bilinspektion* og administrerer desuden en delpulje under Trafikministeriet til fremme af trafikplan "Trafik 2005". Disse midler bliver anvendt til "fremme af miljø- og energi venlig teknologi til køretøjer" herunder busser og renovationsbiler. Tlf: 33929100

Seneste bekendtgørelse fra 21. Juni 96 øger den tilladelige partikelemission fra 0,15 g/kW/t til 0,23 g/kW/t for mindre

Diesel-motorer opfattet ved et cylinder volumen under 0,7 dm³ og maksimalt effekt leveret ved over 3.000 o/m. Hovedsageligt varevogne og personbiler hvor de nye EU2 regler herved indføres i to trin..

Færgefart i danske farvande så med Aurora og Tycho Brache, de nye færger på Helsingør overfarten, det første maritime anlæg for både oxidation og *NO_x selektiv katalytisk reduktion*. Færgene, der sejler under SFL flag og bygget 1990, er hver forsynet med 4 stk Wärtsilä 2,5 MW *marine Diesel-motorer*, med *NO_x demonstrationsanlæg* på Auroras ene motor fra *HUG Engineering*. Reduktionen er baseret på Urea, da Ammoniak ikke er velset på skibe. *NO_x* emissionen fra motoren, der arbejder ca 5.000 timer om året, svinger mellem 900 og 1.000 ppm over de 30 minutter som overfarten varer. Begge færger arbejder på Let-diesel og forbruger ?? liter per tur.

Reduktion i %	CO	HC	NO _x	Partikler
Aurora - HUG SCR kat	?	85	95	0

.....

Emissioner - g/kW/t	forbrug	CO	HC	NO _x	TPM
Wärtsilä motor ???				950	

..... En populær motor i

.....
 Sommeren 1996 indsatte Stena Line på Kattegat en 180 meter lang færge på ?? Brt udrustet med ?? stk ?? hovedmotor og SCR anlæg leveret af ?? . Katalysator modulerne er monteret før ?? turboladeren og arbejder derfor ved ??? °C gas temperatur. Reduktion af *NO_x* sker med 90% effektivitet og er baseret på ?? kg Urea forbrug pr. sejlads der leveres i væske form og opbevares på dæk ????

....."Stena Jutlandica" bruger ?? ton ??? dieselolie på den ?? minutter lange tur.

Emissioner - g/kW/t	forbrug	CO	HC	NO _x	TPM
motor ???					

.....
 Vognmandsruten benytter et skibdesign hvor der på hver båd er opstillet 10 ens Pet-Bow generatoranlæg med *Cummins* Diesel-motorer placeret på øverste dæk hver producerer 300 kW ved 1800 o/m for 400 VAC-60 Hz til de elmotor drevne propeller. Skibet drives normalt af de 8 gen-sets hvorved 2 holdes stand-by eller kan serviceres. Forbruget på en overfart kan holdes så lavt som 650 liter Let-diesel.

På ruten Skagen-Larvik sejler en hurtigbåd med 4 *Caterpillar* type 3606 motorer. På Gøteborg-Frederikshavn kommer den største overhovedet Stena fast-ferry med 4 GE *gasturbiner*.

.....
 DSB har