

Valg af katalysator til Diesel-motorer

..... Generelt bør der vælges enheder med lav konvertering af NOX idet jo højere driftstemperatur holder katten ren for sod, fir for sodbelægninger. Det ses monteret kats på lastbiler, renovationsbiler hvor kattens drifts temperatur er fra motoren reduceret med 150°C. Alt for meget, hvis argumentationen er at holde Nox konvertering lav bør der vælges en anden kat, fabrikat.

Vanadium - blev opdaget i 1801 af Spaniern Manuel del Rio, men officielt af svenskeren Sefström i 1831. Va er et metal, der forekommer ret udbredt i naturen bundet til andre grundstoffer i malme, der bryder og rafineres. I ren form er det hvidt og stærkt glinsende. Vanadium er en vigtig legeringstilsætning til stål med 0,2-0,5% for at øge varme- og hærdebestandighed.

Vanadiumpentoxid - V_2O_5 er et orange-gult faststof og en i Svovlsyre produktionen vigtig katalysator som erstatning for Platin ved kontaktmetoden.

Degussa påviste først i 80erne, at V_2O_5 er en udmærket fast-stof-katalysator til reduktion af oxidationstemperaturen for Diesel-motor partikler/ sod opsamlet i keramiske Cordierite WFF. Smeltepunktet for V_2O_5 er i området af 658°C, hvorfor der skal tages hensyn til driftsbetingelser på basis af monolith valg. Degussa's produkt med navnet D-313 er en ren Vanadiumpentoxid fast-stof oxidation katalysator belægning på indgangssiden af keramiske WFF, der reducerer sod oxidationstemperaturen til 380-400°C. Type D-345 er kombineret med en Platin ædelmetal oxidation katalysator belægning på udgangssiden med >50% virkningsgrad dog med en relativ kort levetid på ~2.000 timer på grund af den manglende wash-coat.

Symbol	Atomnummer	Atomvægt	Densitet	Smeltepunkt
Va	23	50,9	6100	1900

Siden 1988 har Degussa leveret tusindvis af Cordierite WFF monolither coated med D-313 og D-345 til Europæriske System Producenter som f.eks. *Unikat* og *HUSS*, der benyttede dette produkt D-345, indtil produktion stoppede periodisk i 1995. De største oplevelser med partikelfiltre havde *Mercedes Benz* i slutning af 80erne på deres 300TD til Californien.

Vand - H_2O - burde i henhold til korrekt dansk kemi nomenklatur (sprog, stavemåde principper) kaldes for Dehydrogenoxid eller Oxydan. Vand kræver tilførelse af megen energi for at fordampe og er et almindlig kendt middel til at sænke en given høj temperatur på.

Afprøvet på gnistændings-motore af Prof. Burstall allerede i 1904 i håb om at indsprøjtning i forbrændingsluften kunne sikrer motoren en passende drifts temperatur gennem alene intern køling. En een cylindret kul-gasmotor med boring 300 mm, slag på 500 mm, kompression på 8,5:1 der leverede 38 kW ved 166 o/m ved et vandforbrug på 50 g/min. Det viste sig umuligt at undgå extern vandkøling af cylinderen.

Siden 1970erne har det primære formål med introduktion af vand på Diesel-motore været at reducere NOx formatering gennem:

1. Vand-forstøvning i indsugningsmanifolden.
2. Vand-indsprøjtning fra seperat dyse direkte i forbrændingskammeret.
3. Vand/olie-emulsion der gennem standard dyse indsprøjtes i forbrændingskammeret.

Vandbremsen - hydrokinetisk bremse - er sammen med den elektro-dynamiske bremse u-undværlige i test af motorer. Opfundet af englænderen William Froude i 1877 da han havde særdeles svært ved at teste en 1.500 kW marine damp-turbine med en friktionsbremse. FIGUR

Vandbremsen er i princip en vandpumpe der er designet til at pumpe et minimum af vand med størst muligt forbrug af energi. Virkningsgraden er så dårlig at den indkomne rotations energi tabes 99% til varme i vandet. Gennem kontrol af vandmængden gennem bremsen skabes energi balance og temperatur holdes under 60°C for at undgå vandet koger. En lastcelle viser på display det moment motoren påvirker bremsen med. På både rotor og stator er der støbt identiske, men spejlvendte fordybninger, skåle (semi-toroidal annulus) hvor vandet cirkulerer (vortex flow in the cavities). Herved opstår betydelig friktion dels i vandet og mod væggene der kræver betydelig energi for at overvinde. BILLED-tekst-Fremstilles i dag i størrelser indtil 75.000 kW for de største skibs motorer og så små som 25 kW til en-cylindret små-motorer. Væsentligste producenter er: Schenk, SuperFlow, Borgi&Savari, Heenan-Froude, Zöllner, Hoffmann, Stewart og Stuska.

Vand-forstøvning i indsugningsluften på en forbrændingsmotor, kan reducere formeringen af NO_x med indtil 40%. Der findes ikke færdigt udviklet standard udstyr på markedet til efter-montering på køretøjer med dynamiske driftsforhold blandt andet grundet krav til betydelige regulerings algoritmer. I kolde klimaer kan der opstå frost problemer, som tilsætning af Alkohol afhjælper uden problem for motoren. Særlige forhold omkring fejlmuligheder i systemet skal gennemtænkes, så der ikke kan opstå mulighed for, at systemet fylder motoren op med vand udenfor driftstid. FIGUR ?? Spearco

Vand-indsprøjtning - På medium- og low-speed marine Diesel-motorer er det en anerkendt teknik med direkte vandindsprøjtning i forbrændingskammeret, hvilket reducerer NO_x emissionen med indtil 60%. Wärtsilä benytter seperat direkte vandindsprøjtning, der fordrer separate dyser eller avancerede dobbelt dyser. Wärtsilä kan gennem 600 Bar brændstof indsprøjtningstryk på type Vasa 32 motore overholde IMO regler om <12 g/kW/t NO_x ved 720-750 o/m og 100% last. Forbruget er lavest med 180 g/kW/t ved 85% last. Såfremt yderligere NO_x reduktion er ønskelig kan vand indsprøjtning sænke NO_x emissionen til 5 g/kW/t dog med en lille brændstof forbrug øgning. FIGUR

Vand-indsprøjtning - På jagerflyvere med Otto-motore under 2. Verdenskrig, især fra 1944 brugte de Allierede ADI, Anti Detonation Injection, der blev indsprøjtet direkte på kompressor hjulet. Fordampning af blandingen kølede ladeluften og dampproduktionen eliminerede detonation. Forbruget var i området 400-800 gram/liter brændstof. Der var valgt en destilleret vand/Methanol 50/50 blanding grundet de meget lave temperature i højden. Volumet der blev medbragt dækkede 10-15 minutters forbrug og blev kun bugt under fuldt ladetryk ved relativt lav flyvehøjde. Typisk blev der set en effektførogelse på 4% ved en 25°C sænkning i temperatur. Tyskerne med deres BMW og Mercedes motorer gjorde langt større brug af ADI.

Vand-indsprøjtning - På automobiler kun anvendt i sjældne tilfælde. Oldmobil var den første der i 1962 med den turboladede F-85 Jetfire udrustet med en 215 cu inch karburator Aluminium V8 (den senere Rover V8) for at undgå tændingsbanken. SAAB kunne i perioden levere et original anlæg til eftermontering for den turboledet 99. I 1980'erne blev det ganske populært at udruste Formel-1 motorer med vandindsprøjtning. F.eks. Ferraris 126C V6 motor på 1,5 liter slagvolumen der leverede 500 kW.

Vandkølet katalysator bruges i områder med eksplosionsfare f.eks. i den petrokemiske industri, i miner og til marine applikationer, hvor kompakte motorrum uden ventilation kan skabe risiko for selvtænding af ukontrolleret støv eller gas. Tricket er at undgå overflader med temperaturer højere end 150°C. PyroBan Ltd. i England er verdens største og en betydelig specialist i at opbygge hele kørtøjer for kørsel i området hvor gnister er bandlyst. *Unikat AB* i Sverige har i nogle tilfælde bygget vandkølede katalysatorer og lagerfører *gnistfang*.

Vand/olie-emulsion til emissions begrænsning, hvor vandet mekanisk opblandes i dieselolien er en metode undersøgt og forsøgt markedsført af nogle få firmaer for industri-Diesel-motorer med <500 kW effekt gennem mange år. Der spores absolut ingen begejstring fra dieselolie-pumpe og -dyse producenter, hvis vand skal passere igennem det uhyre fint tilpassede udstyr, og metoden har derfor ikke fundet den store anvendelse på mindre auto Diesel-motorer. BILLED tekst- Det Schweisike firma Harrier lancerede i slutningen af 1980'erne et system der kunne helt korrekt varierer vand indholdet mellem 5-25% afhængig af belastning og omdrejningstal. Enheden monteredes før motorens indsprøjtningpumpe kunne sikrer en stabil emulsion der typisk reducerede både partikel og NO_x emission med 20-30%. For marine Diesel-motorer er vand/olie emulsion dog en udbredt teknik. På øen Guam er der 1995 installeret en 40 MW MAN B&W type 12 K80MC-S to-takt motor til elektricitets forsyning. For at holde emissionsniveauet lavt benyttes der vand/olie-emulsion med godt resultat. Brændstoffet er HFO, bunkerolie med henholdsvis 2,8% og 1,2% Svovl indhold.

K80M emission, fuld last, g/kW/t	Svovl i olien	Olie	CO	HC	NO _x	TPM
Basis - uden vand/olie emulsion	28000 ppm	180	0,75	1,5	5,5	0,6
Med 33/67% vand/olie emulsion	12000 ppm	181	0,4	1	2,5	0,2

MAN B&W har siden 1984 på anlæg i Puerto Rico påvist, at deres 20 MW 7L90GSCA stationær maskine holder til denne barske blanding og kan give >30% NO_x reduktion med en 22/78 H₂O/fuel blanding for at overholde EPA regler. En tommelfingerregel er, at 1% vand giver 1% NO_x reduktion. Der er udført fremragende forsøg med 50/50 vand/olie forhold uden motor problemer, hvor det i praksis er volumet i indsprøjtningpumpen, der sætter grænsen.

MTU afsluttede i 1995 forsøg og har sat et MTU 8V 396 TB34 *generatoranlæg* i produktion. Motoren yder 725 kW/1500 o/m og benytter en Bosch rækkepumpe til at indsprøjte emulsion baseret på Let-diesel olie.

8V emission, fuld last, g/kW/t	BMEP	Forbrug	CO	HC	NO _x	TPM
Basis - uden vand/olie emulsion	? Bar	210	0,9	0,2	4,7	0,24
Med 40/60% vand/olie emulsion	18,3 Bar	210	0,6	0,2	2,2	<0,1

Udstødningsgas temperaturen falder med 30°C til 450°C og den lokale forbrændingstemperatur falder med 80°C til 2.870°C. Lambda er ?? med et 5% O₂ overskud.

Vand-scooter Flemming .. Vægt motor størrelse

Yamaha	BMEP	Forbrug	CO	HC	NO _x	TPM
Std						
tunet						

Udstødning ligger

.....

Billed

Vandskrubber har været anvendt til vask af Diesel-motor udstødningsgasser siden 50'erne. Den består af en relativt stor kasse af rustfri stålplader indeholdende kanaler, der med gasflowet re-cirkulerer vandet, som mekanisk vasker partikler ud til et bundfald. Opløser desuden vandopløselige gasfase komponenter. Skrubberen arbejder bedst med kolde gasser, ellers risikerer man ganske enkelt, at vandet koger væk! Skrubberen anvendes i begrænset omfang

stadig i underjordiske miner. Den kræver megen vedligeholdelse, da vandet skal skiftes/efterfyldes dagligt, og der er et interessant deponeringsproblem med vandet. Den er meget velegnet i områder med eksplosionsfare, da skrubberen er alle tiders gnistfang. Da vand opløser SO_x særdeles fint opstod der især for ældre typer brændstof med >0,15% Svovl alvorlige problemer med korrosion, der kunne perforere en 5 mm tyk AISI 304 plade på få måneder. Skrubberen kræver et stort volumen (2 liter vand for hver kW motoreffekt) med priser omkring 300-500 kroner pr kW motoreffekt. BILLED-tekst- En WS-80 med dråbefang skorsten og køleslynge efter den lodret monterede U-135 katalysator med el-patron, begge fra *Unikat AB*.

FIGUR ??

BILLEDTEKST - Mine lokomotiv fra St. Marie Minen i Jura-bjergene i Frankrig der efter første Verdenskrig benyttede dette Ateliers-Berry bygget i 1924 og udrustet med en 2 cyl Otto-motor koblet på et gnistfang bestående af en kombineret vand- og sandskrubber for at løse et betydeligt Methan problem i minen.

% reduktion	Modtryk	CO	HC	SO _x	NO _x	Partikler
Vandskrubber - WS-80	<5 kPa	<1	<10	<80	<15	<65

Som efterskrift kan det nævnes, at vandskrubberen var temmelig udbredt i 20ernes Danmark, hvor 10 HK petroleumsmotorer af fabrikat Junkers, Güldner m.fl. havde kronede dage på mange landbrug hvor de trak kornkværn og tærskværk. I disse tilfælde var det gerne en af brandmyndighederne befalet nedgravet beton beholder med vand, der fangede gnister, før de kunne ramme de stråttækte tage.

Vaporizer - på dansk - fordampnings-karburator, har totalt tabt markedets andele op gennem vort århundre til *Maybach's spray-karburator* fra 1892. I slutningen af 1960erne, da snakken om motoremission i Los Angeles var startet, begyndte Ford Motor Company, Shell og andre igen at udforske mulighederne i fordampnings-karburatoren for fire-takt motoren. Shell arbejdede med et system kendt som "Vapipe", hvor den totale mængde indsugede atmosfæriske luft, og opblandede Benzin fra en standard karburator, blev opvarmet af energi fra udstødningen til >80°C i en konventionel type varmeveksler. Motorens volumetriske virkningsgrad faldt med den stærkt opvarmede og dermed tynde indsugningsluft og arbejde med Lambda >1,5..... / luft-brændstof forhold (Air/Fuel ratio) A/F ~22:1 svarende til *lean-burn*. Emissions udslippet var dog forbedret betydeligt, især for NO der dengang var helt umuligt at reducere katalytisk. Det forøgede HC udslip var tænkt oxideret med en to-vejs katalysator som kort tid forinden var udviklet af *Engelhard*.

Gennemsnits US-FET test 1971 Otto-motor uden EGR	Effekt	CO %	HC ppm	NO ppm
Stromberg karburator - A/F 14,5:1	100%	0,7	937	2190
Vapipe - A/F 22:1	40%	0,2	1516	217

Vapipe udrustet motore led voldsomt under den forringede effekt og op gennem 70erne blev der udført forbedrede versioner der dog blev overhalet af det langt mere effektive og kostbare elektronisk styret *Benzin-indsprøjtning*. Først i 80erne præsenterede Henry Yunick (kendt som Smokey Yunick fra Daytona i Florida) sin Hot Air Motor. Konceptet er baseret på anvendelse af konventionel karburator (evt. SPI - Single Point Injection) der monteret på et plenum opvarmet af varmt kølevand fordampner en stor del af Benzinen. Fra plenum passerer den opvarmede luft/Benzin en modificeret turbolader, hvor kompressorhuset indeholdt i et kammer med udstødningssgas, opblander gassen omhyggeligt før den ved 100 kPa tryk presses ind i en manifold udformet overhøder der baseret på udstødningssgas opvarmer den nu ægte gas yderligere til >200°C. Processen kræver en hel del "plumbing", men at konceptet fungerer viser en mængde forsøgsbiler. F.eks. en VW Golf med stærkt ombygget Chevy V6 til 2 cyl V2 med 1.271 cm³ slagvolumen der kører 25 km/literen og yder 110 kW ved 5.000 o/m. BILLED Motoren der ikke arbejder lean-brun accelerere fra 0-100 km/t på 6 sekunder med manuelt gear. Emissions udslippet overholder 1983 US-FET krav uden katalysator. Selvtænding har, måske overraskende nok, ikke været noget problem selv med 88 Oktan Benzin. FIGUR

Sidst i 80erne fremviste Geoffrey West fra England sit lean-burn koncept baseret på, at en ganske lille mængde luft opblandes med Benzin i en overhøder (130-180°C) før den koncentreret og i 100% gasfase introduceres og opblandes med den primære mængde koldere luft i en standard indsugnings manifold. Konceptet adskiller sig yderligere væsentligt fra Vapipe ved at der er indbygget 3 venturier til volumen-styring hvorved luft/brændstof forholdet kan holdes rimeligt konstant ved 20:1.

Gennemsnits ECE-15 test 1987 Otto-motor uden EGR	forbrug	effekt kW	CO %	HC ppm	NO ppm
Mikuni karburator - A/F 14,5:1	100%	44	~0,4		
WGI system - A/F 20:1	15%	49	0,2	<100	80%

WGI (West Gaseous Injection) indbygget i en Nissan Stanza med 1.600 cm³ standard motor leverer bedre performance end med karburator alene. På trods af de fine præstationer forbliver dette projekt også kun ved forsøgs stadiet, generelt grundet traditionel tænkning hos køretøjs producenter. FIGUR

Varmekapacitet i en forvarmet *Diesel-motor-katalysator* er vigtig, såfremt det under motor opstartsfasen søges at

reducere emissionerne mest muligt. En *pille-katalysator* har betydeligt højere varmekapacitet end en *monolith* katalysator og holder længere på varmen fra den elektriske forvarmning, når de kolde udstødningsgasser passerer den. Den større vægt/masse i systemet akkumulerer varmen. UNIKAT SKEMA
 Varmekapacitet for partikelfiltre er en vigtig parameter, der er med til at udligne temperatur spidser, der let dræber et Cordierite filter. Silicium Carbid filtre, der produceres af *NoTox Corp.*, har betydeligt større varmekapacitet for mere stabil og rolig regenerering. *SHW* partikelfiltre med dobbelt vægt af NoTox filtre og fire gange vægten af Cordierite filtre har tilsvarende svært ved at sikre en regenerering.

Vedligeholdelse af arbejdsmiljøet med montering af oxidation katalysatorer på industri Diesel-motorer viser sig at være forfæjlet i mere end 75% af installationerne. Det skyldes generelt en holdningsfejl, hvor ledelse, bruger og myndigheder stiller sig tilfreds, hvis der visuelt er monteret en "bøtte", der ligner en katalysator, på køretøjet. Bøtten kunne udmærket være tom, uden nogen ville reagere!!

ADVARSEL: Kun i relativt få tilfælde har det nogen som helst betydning for arbejdsmiljøet, at der er monteret katalysator!!
 FIGUR af rød trekant med ?? i.

Fatal mangel på interesse og respekt for de yderst farlige og lumske udstødnings-gasser samt mangel på interesse for arbejdsmiljøet er årsag til forfæjlet installation, forkerte driftbetingelser og urimelige udstyrs krav.

Den værste betingelse ved montering af katalysator er, at valget af udstyr alene går på helt uvedkommende faktorer som: mindste pris og undskyldninger som: den absolut fysisk mindste enhed, man kan ikke få plads til en større, ingen vil ofre en smule ombygning af køretøjet, installatøren er ikke brugeren af køretøjet, hvem kan alligevel måle på effekten af udstyret!!!!!!

Disse er måske kontroversielle holdninger, men sandheden om.....Se Driftsbetingelser.

Vedligeholdelsen af Diesel-motor-katalysatorer (monolith) kan samles i tre grupper:

1. Ingen vedligeholdelse: Ses i alt for mange tilfælde indenfor en uge at tilstoppe både metalfolie og keramiske monolither med sod, hvorefter disse ophører med at fungere. Det handler om falsk sikkerhed for medarbejderne og uheldige signaler fra virksomhedens ledelse. Se også Gaffeltruck kørselsforhold.

2A. Periodisk vedligeholdelse: **Manuel vask** for hver 30-60 driftstimer af monolith katalysatorer betyder afmontering, forsigtig støvsugning samt neddykning i miljøvenligt sæbevand. Brug et blødgøringsmiddel til at befugte soden. Efter 10-20 minutter gennemspules (max 2 Bar) monolithen med vand og lufttørres, hvorefter den monteres igen. Brug ALDRIG opløsningsmidler, højtryksrensere eller trykluft!!

2B. Alternativ vedligeholdelse: **Opvarmning af monolith modulet** i en elektrisk ovn til 650°C i 1-4 timer med lidt ventilation vil oxidere soden væk og genskabe fuld virkningsgrad. Det lugter gerne en lille smule, så udsugning er påkrævet.

På langt de fleste industrikøretøjer, hvor motoren er mindre end ~60% belastet i >25% af tiden, bør vedligeholdelse foretages en gang om ugen!! Se Forvarmning, U-renar, og Sod-tændings-temperatur. FIGUR af %,temp,tid.

Eksempel: Billederne viser standard størrelse oxidation katalysatorer (Ø145 mm x L75 mm monolith = 1,2 liter volumen) af udmærket kvalitet efter 600 timers drift monteret på en 3,5 ton gaffeltruck med 63 kW motor, der kørte 3 hold skift med 2,5 ton pakker over 2 år og blev rensat for hver 600 timer. Katalysatoren er totalt virkningsløs og giver i høj grad en falsk tryghed. Der var opsamlet 100 gram svarende til 0,9 liter sod i og på *monolithen*, der i øvrigt har 400 cpsi. Kun 10% af gennemstrømningsarealet er rimeligt frit for sod. De aktuelle gaffeltrucks udstøder 5-7 gram sod i timen, hvilket sætter rengøringsintervallet til maksimalt 30 timer. BILLED nr ?? Den ene katalysator efter en langsommelig og kompliceret rengøring i ovn ved 650°C i 4 timer. BILLED nr. ??

Test af ovestående stærkt misligholdte katalysator på en FORD 2,5 DI Diesel-motor opstillet i *dynamometer* på *Institut for Energiteknik* på DTU afslørede, at den var totalt virkningsløs. Modtrykket bør kun være 1/10, men da kun 10% af gennemstrømsarealet er frit, fås det høje modtryk. Den totale mangel på evne til at reducere de oxiderbare gasser skyldes hovedsageligt, at gashastigheden, *Space Velocity*, stiger voldsomt i det meget lille gennemstrømningsareal og hermed overskrider minimum kontakttiden med en faktor >10.

% reduktion ved 300°C gas temp - 50% last	Modtryk	CO	HC	NOx	Partikler
Misligholdt katalysator >200 timer	>25 kPa	0	0	+10	+15

Den simple test for enhver med interesse i arbejdsmiljøet er følgende: Start med en helt ren katalysator. Afmonter den første gang efter 5 driftstimer, dernæst efter 10 timer, så 15 timer og så fremdeles med 5 timers øgning af intervallet. Når kanalvæg overfladen får et sodlag med en konstant tykkelse mellem 0,05-0,1 mm, er der stabilitet i processen. Hvis lagtykkelsen stiger, er det tid for rengøring, og det individuelle rengøringsinterval er fundet. I praksis er det gerne mellem 30-60 timer. Den katalytisk aktive overflade i de mange fine kanaler kan ikke oxidere gasserne, hvis den er gemt under et for tykt lag sod.

Lyd alarm påbygget. Såfremt udstødningsgas modtrykket stiger og overstiger et fastsat niveau, vil en summer/lampe indikere fejl. Krav til vedligeholdelse af katalysatoren er opstået. Forbindes til en skjult summer, der først starter, hvis der i en periode på 30 sekunder er opnået for høje modtryk. For Gaffeltrucks kan der ofte tolereres 25 kPa.
 Den mekaniske on/off skal monteres med indgang der vender nedaf højere end målepunkt. Årsagen

er, at sensoren ikke må fyldes med kondenseret vanddamp fra udstødningsgassen. BILLED nr. ??

Den præcise test er beskrevet under *Måleudstyr til Diesel-motor-katalysator check*. Se også Måleudstyr til driftsbetingelse bestemmelse.

Vedligeholdelsen af Diesel-motor-katalysatorer (piller) kan samles i flere grupper:

1. **Ingen vedligeholdelse:** Ses i få tilfælde indenfor måneder at tilstoppe pille-katalysatoren med sod, hvorefter funktionen reduceres drastisk. Se også Gaffeltruck kørselsforhold.
2. **Periodisk vedligeholdelse: Opvarmning af de løse piller** i en elektrisk ovn til 650°C i 2-4 timer med lidt ventilation vil oxidere soden væk og genskabe fuld virkningsgrad. Det lugter gerne en lille smule, så udsugning er påkrævet.
3. **Daglig elektrisk vedligeholdelse**, der kan foretages hver morgen før køretøjet startes, må stærkt anbefales. Kun *U-Renar* katalysatoren kan forsynes med et elektrisk varmelegeme, der opvarmer kat'en til 400°C, hvorved alle de akkumulerede partikler oxideres bort. Dette er den absolut mest effektive og eneste metode for køretøjer med vanskelig kørselscyklus. *Unikat AB* fremstiller denne type katalysator med EP forvarmning. Se Forvarmning, U-renar, og Sod-tændings-temperatur. FIGUR af %,temp,tid.
4. **Fuld last på motoren** (ikke fulde omdrejninger) er en mulighed for at løfte temperaturen >400°C, men da der kræves nogle timer for at rengøre pillerne opstår der let et problem!
Eftersyn af pille niveauet bør gøres minimum for hver 1.000 driftstimer. Da pillerne udsættes for rystelse og vibrationer slides de en smule hvorfor en pille-katalysator har et forbrug på nogle procent af indholdet for hver 1.000 timer. Meget afhængig af montering, manifold monterede har større og vibrations isolerede har mindre. Fyld enheden helt op med friske piller efter type der fås i een liters beholdere. Piller type A er runde og indeholder lidt mere Platin end piller type B der er cylinderiske, men har større resistens mod slid.
Hvis låget afmonteres på katalysatoren MENS motoren arbejder vil pillerne blæses ud!

Vedligeholdelse af isolering er en nødvendighed, da eksponering for varme og vejrlig nedbryder de fleste *isoleringer* med tiden. Nedbrydning af glasfiber isolering accelereres af vand og temperatur over 500°C. H₂O angriber Oxygen bindingerne til Silicium og Natrium og hydratiserer overfladen af de 5-30 mm tykke fibre, der bliver sprøde og derved knækker. SEM BILLED

Det er set, at overdreven og u-kontrolleret rengøring i motorrum med højtryksrensere på få dage har fjernet isolering, der er nødvendig for en tilfredsstillende funktion af både katalysatorer og partikelfiltre.

Vedligeholdelse af partikel-filtre - rengøring for det af motoren udstødte *askeudslip* er nødvendigt efter 3.000 - 5.000 drifttimer stærkt afhængig af, hvilket brændstof og smørelolie der benyttes. Konsekvensen er, at modtrykket stiger på basis af tryktabet over det i tykkelse stigende askelag. På Svovl holdige dieselolier, som i "gamle dage", med 0,15% (1500 ppm) og megen Calcium i smørelolien var det stort set umuligt at fjerne alt det CalciumSulfat, GIPS, der blev dannet på filtervæggen. Heldigvis er denne problematik nu stærkt reduceret med indførelse af dieselolie med <500 ppm Svovl. Dog opsamlers filteret alle partikler, hvad enten det er organisk sod eller u-organiske metaloxid partikler. Man har i USA oplevet store problemer under periodisk støvsugning af *Cordierite* WFFiltre grundet det interessante fænomen, at uheldig drifts cyklus gav 900°C temperaturer forskellige steder i filteret. Herved reagerer asken kemisk med Cordieriten, og der dannes et såkaldt eutektikum, en smelte, der ikke kan fjernes. Fænomenet breder sig langsomt og blokerer til sidst filteret. Det har alene vist sig muligt at løse dette alvorlige fænomen ved at overgå til et WFF med større varmekapacitet som det fremstillet af *NoTox Corp* ud fra *Silicium Carbide*. Dette aske smeltefase problem er et problem for alle filtre der når temperaturer >900°C, også *Nextel Cartridge* filtre er set med dette problem. Ligeledes er der set alvorlig *korrosion i keramik* Cordierite WFF.

Fleere *System Producenter* anbefaler at vende selve filtermodulet for hver 100.000 km eller 1.000-2.000 timer for at udstøde de akkumulerede askerester i naturen. Da disse metaloxid askerester i et vist omfang må opfattes som tungmetaller, er det tvivlsomt, om denne metode finder accept hos miljømyndighederne. I praksis ses det som en betydelig hvid sky af fint støv, der i nogle minutter kommer ud af udstødningen. For en bus med 12 liters motor vil askerest mængden efter 100.000 km kørsel ligge i området een til to liter metaloxid askerester. Da alle disse partikler er uhyre små, mindre end 1mm, er de at opfatte som "ikke *respirable*" (grænsen er her >3-5 mm). Det vil sige, at vores åndedrætssystem ikke ved hjælp af de mange små fimrehår i luftvejene kan transportere støvet op igen og blande det med slim for at udstøde det.

Støvsugning eller baglæns spuling med vand kan fjerne aske rester på WFF med >90% effektivitet og dermed forlænge filterets levetid yderligere. Støvsugerposen med asken skal selvsagt destrueres på betryggende vis. Det ved spuling anvendte vand opsamlet selvklart i en beholder hvor asken kan sedimentere sig for enkel opsamling i en plastpose. *Nextel Cartridge* type filtre kan ikke i samme omfang renses/vaskes for akkumuleret aske.

BILLED-tekst - Sommeren 97 opsamlet 75 gram u-organisk aske fra to City-filtre der har været i drift hos H.P.Olsen over kørte 100.000 km og yderligere 2.000 krantimer siden 1992. Begge monolither var stadig helt intakte og lække ikke sod.

Vedligeholdelses-venlige Diesel-motor-katalysatorer - kun en mindre del af det på markedet tilgængelige udstyr er designet til at opfylde minimumskravet til enkel vedligeholdelse. For en *Diesel-motor-katalysator*, der skal renses/vaskes for minimum hver 30-60 driftstimer, SKAL modulet kunne afmonteres på <5-10 minutter. Altså bør kat-modulet og begge tragte være udrustet med *monteringsudstyr* baseret på flad-flanger og Vee-clamps, der tillader demontering helt uden afmontering af manifold, udstødningsrør, m.m. Alternativt kan der indbygges en lang og extra blød *kompensator* der letter af- og påmontering betydeligt for katalysatorer uden flad-flanger. Tegningen viser de tre kendte opbygninger for monolith katalysatorer. CADFIGUR af ECS og Engelhard og fuldsvejset.

Vedligeholdelse af motoren er en af de væsentligste faktorer før efter-montering af filtre eller katalysatorer. Jævnligt eftersyn af dyser, overholdelse af smøre-olie-filer, *luftfilter* udskiftning i henhold til producent SKAL overholdes. Når der monteres katalysator eller partikel filter er vedligeholdelse af endnu større betydning, da det bliver vanskeligere visuelt at checke, om køretøjet har motorfejl. For at lette de jævnlige motorcheck kan det anbefales at indsvejs et målesonde udtag, f.eks. en 3/8 rustfri rørstuds på rør mellem motor og filter, der proppes af med en messing prop. BILLED nr ??

Udskiftning af smøreolie udgør et emne der kræver meget stor opmærksomhed i forbindelse med partikelfiltre hvor korrekt deponering af olien er af største vigtighed. Se desuden Smøreolie-emission om dette.

Ventilation i miner, tunneler er til dels international bestemt. BS, British Standard foreskriver 2,5 m³/min/HP

.....
..... I Tyskland, Schweiz er normen
.....

Ventilation i rum, hvor der arbejder køretøjer som gaffeltrucks og lastbiler med forbrændingsmotorer, er en nødvendighed. Men at løse det totale emissionsproblem alene ved ventilation er ofte ganske kompliceret. Det handler om store mængder luft, der kan give problemer med træk, kulde og varmegenvinding. Det er derfor sundt fornuft, først at reducere emissionsproblemet ved kilden og derefter gennem passende ventilation sikre overholdelse af lovens krav.

Det er med nogen usikkerhed muligt efter følgende forenkede ligning at beregne sig frem til en forsigtig vurdering af en given gasformig rumkoncentration ud fra gennemsnitlige emissions størrelser, der ses i skema andet steds i bogen.

Ligning:

$(CO \text{ i rum} / CO \text{ i udstødning}) = (1 + 0,03\% \times (\text{motorbelastning})) \times (\text{slagvolumen} \times \text{o/m} \times \text{minutter}) / (10.000 \times \text{lokalevolumen i m}^3)$ ---- HOS SCS

En i Jylland placeret større grossist i stål-plader og -profiler valgte for maksimal kundeservice at læsse lastbiler om natten baseret på samme dags ordre. En serie lastbiler kørte derved rundt i den mange lagerhaller hvor et team af medarbejder fandt vare på hylderne. Emissions problemet var udtalt og der blev etableret udsugning der pumpede m³ luft igennem hallerne på ,m². Dette forårsagede et øget forbrug til opvarmning på kroner om året samt en el-udgift på kroner. Denne løsning skabte et alvorligt støvproblem og øget sygefravær på grund af forkølelse.

Arbejdstilsynets krav er en form for mekanisk "procesventilation" der fjerner forureningen ved kilden. Hvorfor der på autoværksteder i 98% af tilfældene er etableret *punktudsugning*. Dog forekommer der tilfælde hvor dette ikke lader sig gøre og en *Unitox* katalysator kan klare opgaven sammen med "almen ventilation" eller fortrængningsventilation. I nogle tilfælde vælges løsningsmodeller der eliminerer brugen af forbrændingsmotore, f.eks. kan elektriske spil hive et diesellokomotiv ud af remisen frem for at starte hoved-motoren indendørs.

Omkring ventilation og punktudsugning er lovgivningen strikket sådan sammen at eksport af emissionen fra at være indendørs til at blive udendørs umiddelbart løser krav fra Arbejdstilsynet, men flytter et eventuelt godkendelses problem over i *Miljøstyrelsen*.

Venturi er en i kanaler nøje beregnet indsnævring der gennem forøget fluid hastighed (væsker som gasser) skaber et lav-tryks område der kan benyttes til at bestemme fluid flowet. Opkaldt efter italieneren Venturi, G.B. (1746-1822) arbejder først i 1790'erne. FIGUR

Den entydigt største anvendelse af venturi princippet er i karburatoren der siden Maybach er produceret i >200 x10⁶ eksemplarer. Måler luftflow og gennem en væske måledyse suges brændstoffet ind i luft-strømmen for en delvis *atomisering*.

Venturien er en bydende nødvendighed for seriøs reduktion af ureguleret *små-motor emission* ved montering af *små-motor katalysator*. Funktionen af venturier i denne sammenhæng er gennem øget gashastighed mellem dysen og indfang at skabe et område med lavere end atmosfære tryk hvorved der suges, medrives extra luft. Der stilles store krav til design fasen og fremstillingstolerance for at undgå uacceptabelt udstødningsgas modtryk. Generelt spares denne meget vigtige anordning bort på f.eks haveudstyr og *kædesav*, hvor der klart nok er et pladsproblem. BILLED nr ??

Eksempel: En på VW 1,6 liter u-reguleret karburator Otto-motor (43 kW/3.000 o/m) monteret på en *is-maskine*. Efter-monteret (retro-fit) med Ø44 mm venturi der pumper 12 m³/t ved fuld motor last ved et *gasflow* på 352 m³/t med 525°C hed udstødningsgas. Herved øges Oxygen indholdet fra at være <0,1% til ~0,8% nok til at katalysatoren kan oxidere med >98% virkningsgrad. Modtrykket er relativt højt på 40 kPa. TEGNING

Venturien er betydelig vanskeligere at designe til to-takt Otto-motorer hvor skylle processen let påvirkes negativt. BILLED-tekst- Husvarne Spider plæneklipper (B&S motor 10 og 13 kW fire-takt) kan leveres med katalysator som ekstra udstyr. Et godt eksempel på optimalt design hvor kombinationen venturi, *pulsventil*, oxidations-katalysator og luftfilter sikrer reduktion af HC med 65% og CO med 45%.

.....

Vinter - Dieselolie adskiller sig fra sommer-Dieselolie ved fra producentens side at være forberedt til den om vinteren

lavere udendørs temperatur. Ved frostsikring søges der gennem tilsætning af additiver at opretholde samme energiindhold, vægtfylde og viskositet som om sommeren. Hvis Dieselolien ikke frostsikres vil den ændre viskositet med faldende temperatur og for vores øje blive uklar. Under ,10°C begynder Parrafin dannelsen på "sommer" Dieselolie af tilstoppe filtre og vil snart forårsage et motorstop. CFPP, Cold Filter Plugging Point flyttes ved tilsætning af

De midt i 90'erne almindeligt tilgængelige vinter-Dieselolier har ingen forbrugs- eller effekt forskel under anvendelse på Diesel-motorer, set i forhold til sommer-Dieselolier. At forbruget er større i vinter månederne skyldes længere opvarmings periode, længere tomgangs perioder, brug af motor/kabine varmer, eventuel større rullefriktion grundet sne på vejen. Med faldende temperatur falder luftens friktion, *gas-viskositet* hvorfor vindmodstanden ikke stiger men falder. Om kørsel i snevej øger luftmodstanden er ikke undersøgt.

Udkørsel af frostsikret Dieselolie fra depot starter for tiden den 1. Oktober og slutter den 15. Marts. Normalt er den første periode sikret til ,12°C og fra 1. December til ,24°C. Udkørsels datoer svarer ikke til tilgængeligheds dato på tankstation.

Traditionelt blev vinter-diesel indtil først i 90'erne skabt ved tilsætning af 20-25% *Petroleum* der havde negativ indflydelse på både vægtfylde og energiindhold.

Virkningsgraden for motorer - (mekanisk virkningsgrad) er et udtryk for den mekaniske indretnings tab fratrukket det ønskelige, nemlig 100%. Ligger gerne i området 80-90%.

Eksempel: Chevrolet EFI V8 motor årgang 1990 på 5,8 liter volumen med rulleknast og rullevippearne yder ved 5.500 o/m 250 kW på svinghjulet, men kræver ekstra 50 kW for at overvinde motorens indre *friktion*. Den mekanisk virkningsgraden er hermed ret pænt 84%. Forbrændingsprocessen yder 300 kW til mekanisk arbejde, men især stempelringe og stempler yder stor friktion og optager de 50 kW. Hver af de 8 stempler bevæger sig også den betragtelige distance af 60 kilometer på een time ved 5.500 o/m.

Den mekaniske virkningsgrad er afhængig af konstruktions princip, omdrejningstal, temperatur, smøreolietype, *volumetrisk virkningsgrad* og alderen på motoren. FIGUR -tekst - Omdrejningstallet er den vigtigste parameter og stiger i anden potens. FIGUR-tekst- Den totale friktion kan brydes op i de enkelte bevægelige dele i motoren og det ses at friktion mellem stempel/ringe og cylindervæg står for hovedparten.

Virkningsgraden for motorer - (thermal virkningsgrad) er et udtryk for motorens evne til at omsætte brændstoffets energi og konverterer den frigjorte varme til mekanisk arbejde. Den mekaniske virkningsgrad indgår som en slags skjult parameter.

Eksempel: Et tænkt automobil med Otto-motor kan levere et drejningsmoment på 100 Nm ved 5.000 omdrejninger per minut. Gennem ligningen $Nm \cdot o/m : 10.000$ fås motorens effekt. $100 \cdot 5000 : 10.000 = 50$ kW
Motoren kan levere en effekt på 50 kW over en hvilken som helt tidsenhed. Hvis det foregår igennem en time, som f.eks ved høj hastighed som 150 km/t på en tysk motorvej, har motoren leveret 50 kW/timer, svarende til $3,6MJ \times 50 kWt = 180$ MJ energi.
Da denne tænkte Otto-motor har en målt virkningsgrad på 25% skal den bruge 4 gange energien for at udføre opgaven. $4 \cdot 180$ MJ = 720MJ. Da energi indholdet i Benzin typisk er 43 MJ per kilo kræver denne time med stor hastighed et forbrug på $720:43 = 16,7$ kg Benzin.
 $3/4$ af de 16,7 kg Benzin går desværre som tab til varmt vand og smøreolie, varm udstødningsgas, friktion inden i motoren, drift af generator, m.m.

For Otto-motorer ligger den typisk i området af 20-30%, for Diesel-motorer på 30-40% og for de bedste Diesel-motorer i området af 40-45%. Diesels første brugbare kompressionstændings motor have en virkninggrad på 26% hvorfor det ganske overraskende har taget et helt århundrede at fordoble den!

Eksempel: Et moderne automobil med ~50 kW Otto-motor, vægt på 1.000 kg og cw på 0,35. For at holde konstant hastighed på 100 km/t kræves 13 kW for at overvinde rulle- og vindmodstand. Gearingen i højeste gear afgør at ved 100 km/t roterer motoren med 2.000 o/m hvor forbruget er ~290 g/kW/t svarende til 19,5 km/l eller 28,8% virkningsgrad. Vælges et lavere gear hvor motoren roterer ved 4.000 o/m øges forbruget betydeligt og der kan nu kun hentes 17 km/l eller 390 g/kW/t = 21% virkningsgrad. Øges omdrejningstallet til 6.000 o/m stadig ved 100 km/t øges forbruget til >500 g/kW/t og virkningsgraden falder til ~16,5%.
DIAGRAM

Virkningsgraden er den første parameter for en reduktion af emissions udslippet. Og årsag til den for tiden megen snak om, at Diesel-motoren udsender mindre CO₂ og derfor bør foretrækkes. Diesel-motoren er ganske enkelt betydeligt bedre til at konvertere energien i brændstoffet til mekanisk arbejde, hvilket i store træk skyldes den dobbelt så høje kompression, set i forhold til Otto-motoren. FIGUR-tekst- Sankey diagrammet viser energiflowet i motoren hvor det ses at tabet gennem udstødningen er lavest for Diesel-motoren.

De bedste lastbilmotorer kan vise virkningsgrader på ~45% hvilket svarer til et laveste specifikt forbrug på ~190 g/kW/t. Dette nås dog som oftest kun ved eet bestemt omdrejningstal og belastning. Som oftest med udveksling designet til 80

$$\text{Virkningsgrad} - (\eta) = \frac{3,6 \times 10^6}{b_e(\text{brændstofforbrug} - g / kW / h) \times H_u(\text{energiindhold} - MJ)}$$

km/t som det maksimale for lastbiler i Europa. FIGUR -tekst- Muslinge diagrammet viser grafisk motorens varierende virkningsgrad som funktion af belastning og omdrejningstal. Diagrammet findes ved at teste motoren i dynamometer for hver 250 omdrejninger og et passende antal belastninger hvorefter en tilnærmelse/felterne tegnes ind. FORMEL-tekst- Virkningsgraden, for et enkelt belastningspunkt/omdrejningstal, η i % udregnes som vist hvor b_e er motorens specifikke brændstof forbrug i gram/kW/t og H_u er det pågældendes brændstof energi indhold i MJ. (VIS graf med forbrug / % kurve)

Forbrændings-motorens største forbedring i virkningsgrad kom med indførelsen af kompression af luft/brændstof blandingen i 1870'erne, inden forbrænding! *Lenior* motor, der ikke benyttede sig af kompression, var 0,8:1 og derfor negativ på grund af den volumetriske effektivitet og knastakseltider. Først da Brayton påpegede dette og med *Otto* begyndte virkningsgraden at stige med indførelse af tradition for kompression hos motorproducenterne.

Gasturbiner er generelt begrænset af den maksimale indgangstemperatur, som kraft-turbinen kan acceptere. Materiale valget går mod en-krystal metalblade eller blade af keramik på segmenterede større turbiner. Den maksimale arbejdstemperatur for små turbiner fremstillet i et stykke, som til turboladere er i området 1100°C, og for multiblad gasturbiner med hule luftkølede segmenter absolut maksimalt 1320°C, der giver maksimalt ~38% termisk virkningsgrad.

(SKEMA med turbiner Otto og Diesel typisk som funktion af ω/m)

Virkningsgraden for katalysatorer til Diesel-motorer (Off-Road / Retro-fit) er stærkt afhængig af forhold som korrekt *dimensionering*, *isolering* og især *vedligeholdelse af Diesel-motor-katalysatoren*. For CO er det muligt at nå 98%, for HC maksimalt 85%. Ingen reduktion af NOx i værste fald kun få procents øgning!! Udtrykket "light-off temperature" dækker over den periode i sekunder det tager før systemet når 50% konvertering ved en koldstart. Det relativt høje Oxygen indhold har dog kun indflydelse på CO konverteringen der generelt ligger 50°C lavere end HC konverteringen. Under identiske testbetingelser er der kun i mindre omfang forskel i virkningsgrad på udstyr fra de forskellige leverandører. Den største forskel ligger i anbefalet dimensionering fra producenter, hvor den lidt mindre enhed er billigere og lettere at monterer dog uden samtidig maksimal virkningsgrad. FIGUR Bureau of mines .

Virkningsgraden for katalysatorer til gnisttændings-motorer for Alkohol drift er noget anderledes end for Benzin drift idet Ethanol når 95% HC konvertering allerede ved 150°C og Methanol ved 240°C med kontakt med Platin katalysatorer på Alumina wash-coating. Det fordres selvfølgelig at der er tilstrækkelig Oxygen tilstede. Gode resultater er desuden opnået med *efter-forbrænding* i den *Thermale Reaktor*. I USA opereres der med forskellige Alkohol/Benzin blandinger som M85 og M100, der reagerer forskelligt i kontakt med forskellige katalysatorer (*Detroit Diesel*).

Virkningsgraden for katalysatorer til Otto-motorer for Benzin drift (Off-Road / Retro-fit) er stærkt afhængig af forhold som korrekt *dimensionering*. For CO er det muligt at nå 98%, for HC maksimalt 85%, for NOx kan nås bedre end 95% ved korrekt *Space Velocity* og temperaturer >250°C. Indbygning af en *venturi* i systemet er afgørende for virkningsgraden. Se også kædesav og is-maskine.

Virkningsgraden for katalysatorer til Otto-motorer for Benzin drift (On-Road / OEM) er alene bestemt af lovgivning og konkurrence forhold. For CO er det muligt at nå 98%, for HC gerne maksimalt 85%, for NOx kan nås bedre end 95% ved korrekt *Space Velocity* og temperaturer >~230°C. Udtrykket "light-off temperature" dækker over den periode i sekunder det tager før systemet når 50% konvertering ved en koldstart og meget lavt Oxygen indhold. Dette er stærkt afhængig af hvilken testcyklus der benyttes men tager gerne fra 40 til 120 sekunder. FIGUR Koldstarts emissioner løses på forsøgsplan af SAAB ved indbygning af en plastpose der over det første minut opsamle den totale gasmængde. BMW forsyner Alpina med elektrisk opvarmet *katalysator*, *EHC*.

VM Motori S.p.A. i Italien fremstiller 2-6 cylindret fire-takt Diesel-motorer der benyttes.....

Emission - g/kW/t -	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	BZT
HR 694 HT - 6 cyl 4.164 cm ³		82/2450	0,4	0,13	6,5	1,5

Range Roveren var i perioden udrustet med en 5 cyl version der med turbolader, ladeluftkøler gav kW/o/m med økonomi Se ældre UK blad og hør Ib Hammer

VOC er en forkortelse for Volatile Organic Compounds, der igen betyder fordampelige organiske forbindelse. Naturlige NMVOC hvilket er Non Methan Volatile Organic Compound, kommer især fra danske nåleskove hvor denne HC

emission bidrager med $\sim 12 \times 10^3$ ton om året. Den største mængde VOC stammer dog fra menneskelig aktivitet på basis af forbrænding af fossilt brændstof. VOC har betydning for dannelsen af *smog*. International er der i Europa udarbejdet en protokol for begrænsning af VOC med 30% i forhold til 1985 niveauet inden 1999. Der omtales en

Volkswagen AG fremstiller køretøjer fra fabrikker i Wolfsburg, Hannover, Braunschweig, Kassel, Emden og Sachsen i Tyskland. Hele koncernen, der også omfatter *AUDI*, Seat og Skoda, beskæftiger 242.000 mennesker og fremstillede i 1995 så mange som $3,4 \times 10^6$ biler og har derved en markedsandel world wide på 9,4%.

VW begyndte i August 1976 med at producere den lille 1,5 liter IDI Diesel-motor på fabrikken i Salzgitter baseret på 88 mm boringsafstand, 235 mm blokhøjde og tandremtrukket overliggende knastaksel. Siden voksede slagvolumen til 1,6 og senere til 1,9 liter indenfor de samme fysiske basis dimensioner. I alt er der fremstillet ??..... mio eksemplarer af denne motor. Forsøgsmotoren der var basis for nutidens TDI motor hed Elko.

I 1994 kom den i en opgraderet version, 1,9 TDI med direkte indsprøjtning, der giver en 12% bedre brændstofføkonomi i forhold til IDI. I 1996 kom en ny version med 1,9 L-TDI dieselmotor på 81 kW og 235 Nm moment over 1700-3000 o/m. Noget helt nyt på en så lille motor er elektro-pneumatisk regulerede ledeskovle til udstødningsgasturbinen, der får kompressoren til at trykke med indtil 90 kPa. For at holde styr på emissionerne har motoren elektronisk styret EGR, ladeluftkøler, oxidation katalysator og den seneste elektronisk regulerede EDC Bosch VP34 rotorpumpe, der leverer indtil 900 Bar indsprøjtningstryk. Motoren leveres i både *AUDI*, Volkswagen biler og som industrimotor.

VW Industri-diesel-motor gruppen får sine motorer produceret hos auto-produktionslinien.

VW fabrikken blev oprettet i 1938 af en stor tysk leder med mange skumle hensigter. Straks før 2. Verdenskrig var der planlagt en kapacitet på 500.000 biler om året. Krigen satte en stopper for projektet, der dog kom igang efter krigens ophør, og der blev med betydelig hjælp fra de Allierede leveret 10.000 biler allerede i Oktober 1946. Den af Ferdinand Porsche udviklede boble er siden 1934 fremstillet i mere end 21 mio eksemplarer. Der medgår dagligt til Golf produktionen 2.000 ton stål plade til det 100% robot fremstillede karrosseri med ca. 400 dele og en nøjagtighed på 0,1 mm. Straks efter samlingen døbes "bilen" med en strekkode tilpasset kundens ønsker, som følger bilen gennem den >100 km lange færd igennem fabrikken. Dyppe grundlakeringen "brændes" fast ved 195°C efterfulgt af robot pålagte vandbaserede lakker, der med elektrostatisk pålagt lak hærdes ved 130°C i 25 minutter. Resten af samlearbejdet er manuelt med 30% mini-robot hjælp. Der medgår dagligt 17.500 dæk, 105 ton glasrunder og 455 ton motorer, som ender på i alt 3.200 ton nye Golf og Vento biler.

Fabrikken i Wolfsburg har en 50 mand stor "public relation" afdeling (tlf:+49 5361 924270) der hver dag kl 12.30 viser publikum gratis rundt i verdens største samlede fabriksbygning, der er 2 km på den ene led. Her fremstilles 3.500 kundespecificerede Golf, Vento og Polo om dagen. Golfen, en ganske populær bil der er fremstillet i $>13 \times 10^6$ eksemplarer siden 1973. Omkring 55.000 mennesker er ansat på fabrikken, der er bygget på et 8 km² areal med eget jernbaneanlæg og 70 km spor, hvor der ekspederes 1.200 godsvogne om dagen. Hospitalet beskæftiger 16 læger, kantinen leverer 100.000 måltider om dagen, de to kraftværker leverer omkring 0,5 GW, hvilket faktisk er fabrikkens el-forbrug. BILLED nr ??

Volumetriske effektivitet - (VE) eller virkningsgrad - er et udtryk for en (reciprocating) stempel eller (rotation) drejestempel motors evne til at fylde indsugningskammeret med atmosfærisk luft. *Diesels* første forsøg motor var alvorligt præget af for små ventiler og indsugningskanaler hvor motorens evne til at pumpe blev alvorligt forringet Opgradering fra to ventiler i Otto-motorer i +++ af Peugeot i +++++ gav forbedring i +++ For Otto-motoren har ++ kun betydning under fuld last da den er en kvantitetsmotor der reguleres af et spjæld i indsugnings systemet. Diesel-motoren, der er en kvalitetsmotor uden regulerings spjæld, vil fylde cylinderen afhængig af ++..... uanset leveret moment. *Turboladning* er en kendt teknik til at øge VE fra under 90% til langt over 100%. For Otto-motorer er lange indsugningsrør generelt at foretrække da udnyttelsen af pulser i rørene øger VE. Se hestekraft, Hvi HOS SCS ... Hvis der af raceren på en NA Otto-motor benyttes *Dinitrogenoxid* forbedres den volumetriske effektivitet med op til 10% da denne gas har større vægtfylde end luft. BILLED-tekst- Den nye Jaguar V8 har gennem avanceret computer beregning af indsugningsrør volumetriske effektivitet fra 75 ved 1000 o/m til helt fantastisk 100% ved 4.000 o/m.

VOLVO BM AB startedes som Eskilstuna Mekaniske Verkstad i 1832 af Johan Munktell fra Stockholm og fik navnet Munktells Mekaniske Verkstad i 1879. I 1932 forenede man kræfterne med Bolinders AB til AB Bolinder-Munktell, under hvilket navn produktet blev meget kendt på trods af, at Volvo købte BM i 1950. Først i 1973 blev navnet ændret til det nuværende Volvo BM.

Milestones er fremstillingen af Sveriges første dampdrevne lokomotiv og lokomobil i 1853. Mest kendt er dog den første traktor fra 1913 og den første gummihjulslæsser fra 1954 af typen H10, der blev solgt i 3.000 eksemplarer på få år. BILLED nr??

Gennem årene er mere end 20 svenske virksomheder opkøbt, og i perioden 1985 til 1991 dannedes VME Group med >7.500 ansatte, der omsatte for 1.917×10^6 US\$ i 1995 med 45% alene omsat på *gummihjulslæssere*.

Det totale verdensmarkeds var i 1995 på 200.000 maskiner i de størrelser, som VME fremstillede ?? af.

Emission - g/kW/t - ISO 8178	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
Volvo BM L90 - TD61 G - 1989	115/2100				
Volvo BM L90C - TD63 KBE - 1996	118/2100	1,0	0,43	7,2	0,22

VOLVO Lastbiler AB lancerede i 1995 motoren D12A, en 5. generation 6 cylindret Diesel-motor med 12 liter slagvolumen oprindeligt udviklet af White i USA sidst i 80'erne. Det nye er en overliggende knastaksel, der mekanisk aktiverer de 6 Lucas Electronic Unit Injector, EUI placeret midt mellem de 4 ventiler ved hver cylinder. Turboladet og *ladeluftkølet* kan denne motor yde indtil 1850 Nm moment for 309 kW ved 1700 o/m. Laveste forbrug er bragt ned på 191 g/kW/t svarende til ikke mindre end 45% termisk virkningsgrad. I praksis betyder dette en *brændstoføkonomi* på ~28 l/100 km ved 80 km/t for et 48 ton vogntog.

Emissions udslip - g/kW/t	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
TD70B - 1971			5,2	2,2	16	
TD70F - 1979			4,3	1,7	9,5	
TD70FCQ - 1988	210	150/2100	3,7	0,8	7	0,6
D7 ?? - Euro 2 - 1996	205		0,5	0,4	7	0,2
TD123 motor - 1982	198		0,6	0,3	8	0,15
D12A motor - Euro 2	191	309/1700	0,5	0,1	7	0,1

Koldstarts emission ved <25°C kontrolleres til på grænsen af, hvad der kan lugtes ved en kombination af el-forvarmet indsugning, turboudgang modtryksventil, forskudt indsprøjtningstidspunkt og tørning af motoren med indtil 8 omdrejninger, før der foretages indsprøjtning. FIGUR nr. ??

Det var relativt sent, at Volvo kom i gang med udviklingsarbejdet og fremstillingen af egne Diesel-motorer. Fra 1933 til 1947 anvendtes den noget pudsige diesel hybridmotor fra *Hesselman*. VDA forkammer på 6 liter kom under krigen og i slutningen af 40'erne kom VDB og VDC med direkte indsprøjtning i 6 og 9,6 liter versioner begge som MA motorer. BILLED Tekst Volvos første med direkteindsprøjtning, VDC fra 1950, der til forskel fra Hesselman motoren havde en hårdere gang, støjede mere og røg ganske meget især under start. Udviklingen tog fart i 1951 med den viste TD96, en 6 cyl. 9,6 liters konstruktion, der for første gang var påbygget en Eberspäscher turbolader, der maksimalt løb 38.000 o/m. Effekten var helt utrolige 136 kW og 730 Nm ved 1.400 o/m. TEGNING I 1966 ophørte produktion af Otto-motorer til lastbiler. I 1970 kom den første 12 liters motor TD100 på indtil 215 kW. I 1978 blev den første ladeluftkølet motor solgt, en TD70E der gav 180 kW. Den kom efter langvarige forsøg med væske/luft ladeluftkølere, der startede så tidligt som i 1963 på en gammel TD96. I 1980 startede afprøvningen af den nye F16, der kom i produktion i 1987 med over 2.000 Nm moment. FIGUR nr. ??

Volvo blev "født" i august 1924, da de to herrer Gabrielson og Larson grundlagde fabrikken i Göteborg, og den 14. April 1927 "rullede" den første Volvo ÖV4 personbil baglæns ud fra monteringsbåndet. I 1960 blev Volvo Lastbiler AB udskilt i en selvstændig division. I 1981 købte Volvo den amerikanske White i USA. Fra fabrikker i Sverige, Belgien og Brasilien fremstillede Volvo Lastbiler i 1995 mere end 75.000 enheder helt med egne motorer, hvor 40% udgøres af den nye FH serie. Volvo Bus fremstillede 6.830 enheder i 1995 i vægtklassen over 12 ton.

Vægtfylde - densitet - er et udtryk for vægten i gram for et volumen på een cm³ af det pågældende materiale målt ved Kelvin 293 svarende til 20°C. Diesel-motor sod partikler har en vægtfylde mindre end 0,1g/cm³. I praksis betyder dette, at een liter sod vejer noget mindre end 100 gram. Vægt for gasser på væskefase er mindre end rene væsker hvorfor LNG og Hydrogen kræver større volumen end f.eks. Benzin.

Vægtfylden af drivmidler, *brændstoffer* har stor betydning for *Partikel emissionen fra Diesel-motorer*, men regnes oftest i kg/m³.

VW Industri-diesel-motorer - fremstiller motorer fra 2 selvstændige fabrikker i Tyskland. Den nye fabrik i Kemnitz tager sig af Otto-motorer med indtil 1,8 liter slagvolumen og producerer omkring 2.000 enheder om dagen. En nyhed er at alle Otto-motorer fra 1997 vil være helt i aluminium, hvorved vægten på den største 1,8 skulle falde til <120 kg. Visse størrelser fås også som industrimotor. Salzgitter fabrikken der er bygget i 1970, beskæftiger nu 7.500 personer og fremstiller i sommeren, 1996, ikke mindre end 7.500 motorer, om dagen!! Salzgitter producerer alle Diesel-motorer fra 1,9 til 2,5 liter (den lille 1,4 IDI udgår) og forbereder for tiden en ny 110 kW VR6-TDI, der skulle være klar i 1997. De store Otto-motorer som 2.0 GTI og VR6 produceres også i Salzgitter.

I en årrække har 1,6 liter IDI motoren og senest 1,9 ADG-IDI motoren været de populæreste på programmet. Med

introduktionen af TDI motoren i Golf og Passat er denne 135 kg tunge 1,9 DI motor desuden blevet tilgængelig som industrimotor med betegnelsen AFD. 1996 versionen overholder EU 2 normer for On-Road køretøjer og leverer 205 Nm/1800 o/m og 60 kW/3300 o/m ved et brændstofbrug så lavt som 207 g/kW/t svarende til 20 km/liter i en bil. Motoren har 19,5:1 i kompression og er udrustet med KKK turbolader, der trykker med indtil 88 kPa og reguleres af en pneumatisk/mechanisk waste-gate. Desuden har motoren reguleret EGR og den seneste elektronisk regulerede EDC Bosch VP34 rotorpumpe, der leverer indtil 900 Bar indsprøjtningstryk. Maksimalt tilladt modtryk er så højt som 18 kPa.

Emission -13 mode - g/kW/t	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM	CO ₂
1,9 ADG-IDI-NA	>246	43/4000	0,7	0,1	3,9	0,4	100
1,9 ADE-IDI-Turbo	>263	56/4000	0,7	0,1	5	0,5	107
1,9 AFD-TDI-Turbo	>207	60/3300	0,8	0,2	6,5	0,24	83
2,5 AFD-TDI-Turbo/Cooler		103/4000					

Industrimotor gruppen, der får sine motorer fra auto-produktionslinien, ser for tiden en stigning i salget fra 7.800 enheder i 1994 over 8.700 det følgende år til forventede 10.500 enheder i 1996. De største markeder er kommunalkøretøjer og gaffeltrucks. SMC Industrimotorer har tlf: 43288265. - FIGUR AF MOTOR

Walsch, Mikael fra USA har gennem en årrække nydt status som en af verdens førende expert i luftforurening forårsaget af motorer. Som konsulent foredrages der til konferencer og møder.

Walker, ejet af Tenneco Automotive, er USAs største producent af komplette udstødningsanlæg til automobiler og leverer til de fleste automobil producenter. Der er fabrikker i England, Holland, Norge og Sverige. Walker overtog det ret store Gillet i Tyskland i 1995. Walker har en produktionsfabrik i Middelfart på Fyn. Tlf: 64414545.

Wankel, Felix (1902-1988) var som barn dybt fascineret af mekanik, især drejestempelmotorer, men blev af moderen tvunget til som ung at starte et værksted for reparation af trykkerimaskiner. Sidst i 1930 grundlagde Herman Goering et Wankel Test Institute hvor også Daimler-Benz deltog. Det var dog NSU der som de eneste i Europa satte Wankels motor i produktion gennem Spider i 1964 og RO-80 i 1967. BILLED - BILLED

Wankel-motoren er opfundet af tyskeren Felix Wankel før Anden Verdenskrig, som en drejestempelmotor, der over en excentrisk udveksling følger de tre vægge i et motorhus og hermed frilægger indsugnings- og udstødningskanaler. Motoren arbejder efter to-takts princippet og oftest sat op til gnist-tænding for automobiler. Produktion startet første gang 1964 hos NSU. Mazda kom med 1967 og kan fremvise gode resultater med RX-7 der i 1990 var produceret i mere end en million eksemplarer hovedsageligt solgt i USA. I 1996 lancerede Mazda en betydningsfuld to-kamret variation med indsugnings- og udstødningsporte i de plane sideplader fremfor i den dobbeltcirkulære omkreds, såkaldt omfangs ind- udsugning. Fordelen er at motoren kan arbejde med en større variation i Lambda tal. Tolererer større internt EGR hvorfor emissions udslippet for HC er reduceret med 35-50% i forhold til konventionelle porte. BILLED Curtiss-Wright Corp. i USA har udviklet en serie aviation (fly) Otto-Wankel-motore med fra 2 til 4 kamre, der leverer 110 kW per kammer hver på 1 liter. Verdens største Wankel maskine er også en Curtiss-Wright, men i Diesel version og et enkelt 30 liters kammer på 330 kW. Norton motorcykel fabrik i England har siden 60'erne fremstillet cykler med 2x0,3 liter kammer på ~70 kW. John Deere Inc. har for få år siden udviklet en serie 2-6 kamrede, a 6 liter, turboladede Diesel maskiner for marinedrift med indtil 1.650 kW/3.600 o/m. Det vides ikke hvorledes partikelemissions niveauet er fra disse motore. Wankelmotoren er særdeles velegnet til drift med *Hydrogen*, da indsugning, kompression og forbrænding foregår i adskilte kamre. På grund af kamrenes store overflade undgår man selvtændingsproblemer skabt af hot-spots. FIGUR

Wash-coat er den overfladeforøger, som bevirker, at en *monolith* med $<0,2 \text{ m}^2/\text{gram}$ overflade kan fungere som *automobil-katalysator* bærer med nødvendig $>200 \text{ m}^2/\text{gram}$ BET overfalde. Kun denne belægning gør, at det aktive materiale kan få den fornødne kontakt tid med gassen, der skal til for kemisk at kunne konverteres tilfredsstillende. Honeycomb substratets opgave er alene at være underlag for den katalytisk aktive belægning af *ædelmetal*. Imellem denne og substratet, med et overflade areal på 1 m^2 per liter, placeres den såkaldte wash-coat. Wash-coaten er den porøse belægning med stort specifikt overfladeareal der udgør i området 10-20% af vægten af en coated monolith. Wash-coaten forøger overfladen til ca. $1.000 \text{ m}^2/\text{liter}$ substrat. For Otto-motorer er det 20-50 mm tykke lag er baseret på ultra-finkornet Alumina Hydrochloride ($\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$) gerne stabiliseret med 3-4% sjældne jordarter som CeO_2 , der reducerer tendensen til at den porøse struktur sintrer sammen. Rent principielt er påføringen af wash-coaten en ret enkel operation. Det drejer sig om at dykke monolithen i en opslemning, få den fordelt ensartet på alle kanalvægge, brændt fast og så iøvrigt sikre, at det bliver siddende de næste 3.000 drifttimer ved op til 700-800°C. Wash-coaten er en af de bedst bevarede hemmeligheder i denne branche. Udtrykket "formulering" benyttes ofte om den kemiske sammensætning, som de forskellige *coater* har udviklet. Der benyttes særdeles avancerede blandinger indeholdende Ni, Ce, La, Ba, Zr, Fe, Si, m.fl. Der er generelt tale om langvarige motorforsøg (ofte 3 års udvikling), før et nyt automobil kommer på gaden med en dertil optimeret katalysator.

De væsentligste produktions forskelle mellem Otto-motor og *Diesel-motor-katalysatorer* er at: 1. kanalantallet for keramisk *monolith*, typisk ikke overstiger 200 for industri applikationer, 2. *Wash-coat* formuleringen er baseret på SiO_2 , Silica eller TiO_2 , Titaniumdioxid der minimerer Sulfat formation, SO_x , SO_2 akkumulering fra Diesel-motoren.

Webasto fremstillede en overgang først i 90'erne en serie partikelfilter systemer baseret på Corning monolither og regenerering med oliefy. Se

WFF er en i partikelfilter industrien ofte anvendt forkortelse, der står for Wall Flow Filter, som er et filter substrat baseret på honeycomb design bestående af en mængde parallelle oftest kvadratiske kanaler, der skiftevis er lukket i kun den ene ende, som i et skakbræt mønster. WFF har det bedste design forhold mellem filtreringsoverflade og *monolith* volumen, da det er muligt at presse ~0,5 m² filter overflade ned i kun een liter volumen. Når der til en *renovationslastbil* monteres et WFF filter med volumen på 20 liter, indeholder dette filter substrat derfor ~10 m² anvendelig filtreringsoverflade. Der findes kun 3 WFF producenter i verden: *Corning* i USA og *NGK* i Japan baseret på *Cordierite* keramik og *NoTox Int.* i Danmark baseret på *Silicium Carbid*. FIGUR nr ??

.....
BRADLEY

WFF data-konstanter fra leverandører af filter monolither.

Producent	Corning	NoTox	SHW	3M
Producent materiale kode	EX-80	F-820	-?	
Materiale - se samme	Cordierite	Silicium Carbid	Rustfrit stål	Nextel
Porestørrelse - ym	12	25	100	
Åben porøsitet - %	45	45		35-40
Areal per volumen - m ² /liter	0,5	0,5		0,3
Sod Permeabilitet - 10 ⁻¹⁴ gm		1		
WFF Permeabilitet - Darcy - 10 ⁻¹² m ²	0,4	2,1		
Filtrering % <2 min	85	90		<80
Filtrering % >2 min	<90	>95	>90	<90
Varmeledning - Wm/K ved 630°C	<0,5	15	12	<1
Vægtykkelse - mm	0,43	0,8	1	12
Vægtfylde som filter - g/cm ³	0,5	1,0	2,0	0,6

WHO - World Health Organisation under UN / FN har udarbejdet en anbefaling for øvre grænser af forureningskoncentrationer i luft. I vores region findes de i "Air Quality Guidelines for Europe". De anbefalede *grænseværdier* er for udendørsmiljø og fastsat på EU plan og derfor gældende for Danmark. Formålet er at beskytte mennesker, dyr, planter og bygninger mod virkninger fra de af mennesker skabte toksiske stoffer.

Maks. koncentration af stoffer i mg/m ³	Ozon	CO		NO	NOx	SO2	TPS
Varsling ved timemiddelværdier over	180						
Alarmgrænse ved timemiddelværdier over	360						

WHO's anbefalinger omfatter desuden maksimal værdier for en række tungmetaller. De i Danmark af DMU herfor målte værdier ligger gerne en størrelsesorden under.

Yamaha fremstill...
..... Se desuden vand-scooter.

Yanmar er grundlagt i 1912 af Magokichi Yamaok (1888-1962) for at sælge kulgase drevne Otto-motorer. På en tur til Europa i 1932 så Yamaok på en udstilling i Leipzig som det mindste kun en 10 HK Diesel-motor. Målet var 5 HK til at arbejde i markerne til at pumpe vand fra kanaler ud over rismarkerne. Yamaok startede på at udvikle en vandkølet en cylindret motor der blev grundlaget for virksomheden. Yanmar fremstiller nu motorer i effekt klassen fra 2,6 til 3.678 kW.....

Zeolit er en materialestruktur, som kan anvendes til katalysatorer. For eksempel kan en Ce²⁺-mordenite zeolit anvendes til *NO_x reduktion* i stationære Diesel-motorers udstødningsgasser ved tilsætning af ammoniak, hvor Zeolitten

også omdanner eventuelt rest ammoniak, så processen kan ske uden udslip af ammoniak. Denne proces stammer oprindeligt fra reduktion af NO_x fra kraftværker. En Zeolit har en meget åben struktur, der gør, at forskellige stoffer bindes til den. Zeoliter bruges af enhver husmor/far til at binde kalken fra vaskevandet til det zeolit holdige vaskepulver, der i øvrigt erstatter Phosphor i moderne vaskepulver.

Zeolit moduler forventes af Corning anvendt til reduktion af HC emission ved koldstart af Otto-motorer under *ULEV* og *EU3* regler, hvor Zeolitten korttids opsamler og lagrer den store mængde af HC'er, som motoren producerer. Efterhånden som motoren og udstødningsgassen bliver varm, vil Zeoliten også opvarmes, så de opsamlede Hydrocarboner frigives og oxideres i katalysatoren. Konceptet består af tre keramiske moduler i serie, hvor den bagerste og forreste er almindelige oxidation katalysatorer. Den midterste er Zeoliten med en i front placeret tragt, der ved lufttryk fra en af motoren trukket pumpe kan styre gasflowet under opstart. BILLED nr ??
Grafen viser Cornings PUMA system virkningsgrad for en 3,8 liter V6 Otto-motor monteret efter 80.000 km drift. FIGUR fra Corning

Zeuna Starker GmbH er en pæn stor *System Producent* i Tyskland med 1.200 ansatte. Zeuna Starker leverer komplette lydæmper anlæg fra motor og hele vejen ud til f.eks. BMW og lignende automobil producenter, ligesom man fremstiller dæmper/oxidation katalysator systemer til tunge køretøjer og især tyske busser. Zeuna Starker har siden midten af 80'erne fremstillet et mindre antal filtersystemer baseret på "Full Flow" oliefyrt regenerering og Cordierite WFF i 5 forskellige størrelser til motorer med effekter mellem 75 og 300 kW. Det dynamisk regulerede oliefyrt varmer den totale udstødningsgasstrøm op til små 700°C for hver ca. 200 km i en 2-4 minutters periode. Dette system anvendes stort set alene i Tyskland især på skraldevogne og kommunale køretøjer. Et relativt avanceret anlæg. - FIGUR - Billed nr ??

% reduktion	Modtryk	CO	HC	NOx	Partikler
Dieselfiltersystem F11	<10 kPa	0	0	ingen	>85

For tiden er der blandt andet monteret 19 anlæg på MAN lastbiler i Tyskland hvor de 15 er på *fejmaskiner*. Udstødningsgassen fra køretøjets motor og sugeaggregatets føres sammen og ledes igennem samme anlæg.

ZEV er en forkortelse for Zero Emission Vehicles (nul emissionsudslip køretøj) og definerer et køretøj der ikke udsender emission i drift. Det i Californien endelige lovkrav fra *CARB* til emissionsudslip fra automobiler. I 1998 skal 2% af de solgte biler og fra 2003 skal 10% overholde ZEV. Se også LEV og Ozon katalysator. I Europa lancerede Daimler Benz i april, 1996, deres *NECAR II* (New ElectricCAR), der med 33 kW elmotor ved 90 km/h har en aktionsradius på 250 km. Denne usædvanlige van kan transportere seks personer totalt uden emission af nogen art og næsten lydløst. To Ballard ultra lav-temperatur, 80°C, 6 kg/kW Hydrogen *brændselsceller* på 300 kg leverer 50 kW ved 180-240 volt og forsynes fra brændstof tanke placeret i taget. De to Carbon-fiber forstærkede plastik tanke kan hver holde 140 liter, dobbelt så meget *Hydrogen* ved den halve vægt (netto 80 kg), som tidligere benyttede Aluminium tanke og et tryk på 25 MPa. BILLED

Ædelmetal er en fælles betegnelse for de på vores klode ganske sjældne metaller som *Platin, Paladium, Rhodium*, der flittigt benyttes af *coatere* som katalysatorer i automobil industrien.

Ædelmetal mængden i en katalysator til forbrændingsmotor ville være mere korrekt at udtrykke som mængden af indtil tre typer ædelmetal i et indbyrdes afstemt forhold. Den samlede mængde variere ganske meget, fra 10-150 g/ft³ afhængig af mange faktorer. For lidt ældre tre-vejs katalysatorer ofte afstemt som Pt/Rh ~5:1 samlet i området af 50-100 gram/cubic feet substrat. De seneste tre-vejs katalysatorer er afstemt Pt/Pd/Rh som ~1:25:1 i mængder op til 150 g/ft³. For industrimotor katalysator monolither oftest i området ~50 g/ft³, katalysator-piller i området 20-30 g/ft³. Ja, der regnes meget interessant stadig med enheder fra Stenalderen i den industri. De største mængder på kostbare automobiler som BMW, Mercedes, AUDI og lignende svarede til omkring 2-5 gram ædelmetal for hver liter substrat. Coatingen foregår ved dypning af monolithen efter coating med *wash-coat* i en opslæmning med metalsalt som H₂PtCl₆, PdCl₂, Rh(NO₃)₃ og RhCl₃ i acetone eller lignende. Herefter tørres monolithen og opvarmes i afpasset atmosfære for at sikre konvertering til metal.

Et alvorligt problem i retro-fit, eftermonterings-branchen er, at der til tider fuskes med *ædelmetal* indholdet i katalysator produkter - kun de færreste *retro-fit* brugere kan jo alligevel checke, om den rette mængde ædelmetal er til stede!! Gennem bogens forslag til *Måleudstyr til Diesel-motor-katalysator check* håber forfatteren, at alle brugere gør sig den ulejlighed at garanti-checke de *Diesel-motor-katalysator* produkter, der indkøbes.

Ædelmetal Genvinding, Re-cycling. Levetiden og virkningsgraden af katalysatorer kan stort set tilpasses, så den imødekommer den gældende lovgivning. Hvis der ses bort fra en mulig forgiftning ved anvendelse af blyholdigt brændstof, kan en kvalitets-kat uden problem holde køretøjets levetid (gennemsnitlig ca.8-10 år). Kun i Danmark og i den tredje verden er "levetiden" på køretøjer betydeligt større! For at styre det enorme materialeforbrug som automobilfremstillingen tegner sig for, er re-cycling blevet kodeordet ved design af nye biltyper. Flere og flere komponenter kan genbruges eller genoparbejdes i produktionen af nye biler. Det gælder også den katalytiske konverter.

I USA beskæftiges flere tusinde mennesker med indvinding af brugt Platin. Her oparbejdes ca. 20 mill. kat'e om året, hvor indsamling af "converters" fra skrattede biler betales med 10-17 US\$ pr stk. En stor virksomhed på dette område

er Gemini Industries i Californien. I 1992 blev der i USA gen-indvundet 5,6 ton Platin svarende til omkring 40% logistik succes.

I Europa har den største tyske ædelmetal specialist *Degussa* oparbejdningsanlæg på plads og venter kun på "break-even" i antallet af brugte biler. Keramikken genbruges ikke, er kemisk neutral, volder ingen deponeringsproblemer og kan evt. bruges som fyldstof i byggematerialer. I Tyskland er der 45.000 autoværksteder og 5.000 jernskrot/automobilkirkegårde til indsamling af de i 1992 $3,3 \times 10^6$ indregistrerede personbiler efter brug. I Danmark ??????

I Skandinavien startede to virksomheder i denne branche allerede i 1990. Katalysatoråtervinning AB, S-42455 Angerød, 031-313816 i Sverige og Dansk Metal Ekstraktion A/S, tlf. 54 82 07 10 i Nykøbing Falster. DME A/S har i nogle år oparbejdet ædelmetal katalysatorer fra ventilationsbranchen, hvor sådanne indgår i efterforbrænding af luft med organiske dampe.

Returværdien af Pt, Rh, Pt ligger på 75-125 kroner pr. automobil kat. Dette beløb skal dække indsamling, adskilning, nedknusning, udvaskning, rensning, transport m.m. Hvis mængden af ædelmetal per monolith i fremtiden reduceres, hvilket forsøges, kan kravet om re-cycling af kat'en blive et økonomisk problem. Paladium er en trusel, og man kunne frygte en negativ effekt, hvis markedet når under grænsen for økonomisk rentabel re-cycling, da dette metal er betydelige billigere end Platin.

Den seneste opgørelse viser, at der i Europa kører mere end 50 millioner automobiler med katalysator, der repræsenterer en værdi på >1.000 millioner kroner i ædelmetal. Indtil 1991 var der kun forsøgsvis gen-indvundet 200.000 katalysatorer, men tallet ventes at stige til $1,5 \times 10^6$ i 1996. Den direkte værdi for $1,5 \times 10^6$ kate er 240×10^6 kroner for de 2.250 kg Platin og 450 kg Rhodium.

I Danmark er der endnu ikke kommet de store mængder brugte katalysatorer retur, da det først var i 1989/90, at lovgivningen fik effekt.

Autobranchens to godkendte indsamlere ABBAS Miljøteknik og NICHIA Miljøteknik, der indsamler miljøskadeligt affald, kunne tænkes at indsamle katalysatorer lokalt i fremtiden. *Walker, EngTech*, Odder Autodele og *Dinex* indsamler centralt fra 1996 brugte eller skrottede katalysatorer og leverer til *Degussa* i Tyskland.

Ædelmetal prisudviklingen som følge af indførelsen af katalysatorer på automobiler har haft voldsom indflydelse på verdens økonomien. Såfremt af *brændsels celler*, til både køretøjer og kraftværker, virkelig opnår den forventede stigende interesse vil dette ligeledes påvirke ædelmetal priserne. Til en SOFC brændsels celle medgår der ikke mindre end ~11 kg Platin/MW!! Hvorfor behovet til Platin kunne stige >10 gange i løbet af 10-20 år!! For et køretøj med en 100 kW celle kræves der 1,1 kg Platin eller ~200 gange mere til en tre-vejs katalysator. Der er simpelthen ikke nok ædelmetal, Platin på kloden til alle vores sigende krav om transport.

Ædelmetal tilgængelighed er bestemt af tilblivelsen af vores klode. Politiske og historiske tilfældigheder er siden årsag til at de vigtigste forekomster af ædelmetaller ligger i områder nu kendt som Rusland, Syd-Afrika og Canada. Ædelmetaller ligger gerne i pæne dybder, >1.000 meter under jordens overflade og i mængder af 6-12 gram/ton klippe. Samtidigt udvindes andre metaller som f.eks. Nikkel og Kobber. Fra Syd-Afrika udvindes der Pt/Pd/Rh i forholdet 12,5/5/1 hvor forholdet Pt/Pd fra Rusland er 1,3:1. Udvindings potentialet svarer ikke til de for tiden gældende krav i sammensætning fra automobil markedet. Den på verdens markedet relativt store mængde Paladium giver lave priser hvorimod Rhodium opnår høje priser.

Det antages at der til automobil katalysatorer er balance mellem langtids tilgængelighed og recycling som grundlag for den gældende lovgivning.

Æter - se Diethylether og Racer-motor drivmiddel sammensætning.