

Kabinefiltre - Østergårds Smedie startedes først i 80'erne som produktion af flere hundrede komplette kabiner til mejetærskere og vejtrømler med filtersystemer. Midt i 80'erne opstod der behov for mere avancerede filtersystemer med aktivt-kul filtre til marksprøjtning. Seneste produkt TL90 er et kabinet til montering på taget af f.eks. entreprenørmaskiner der kan separere ned til 0,3 mm partikler med indtil 99,99% effektivitet. Kombineret med aktivt-kul filtre kan organiske komponenter i kabinen elimineres og overholder således EU klasse 12 normer. Kabinen sættes af en dobbelt turbine blæser under 3 mmVS overtryk gennem køretøjets originale de-frosteranlæg.

Kalorie - enhed for varmemængde der ikke er med i det metriske system. Een Kalorie er den mængde varme der skal til at opvarme et gram rent vand fra 14,5 til 15,5°C ved een Bars, 104 kPa tryk. Een Kalorie = 4,1868 Joule.

Kanal-lukning på WFF er nødvendigt for at konverterer en ekstruderet keramisk monolith til et WFF, Wall Flow Filter velegnet til separation af partikler fra Diesel-motorer. Udføres efter to metoder udviklet henholdsvis af *Corning Inc.* (plugning) og *NoTox Corporation* (capping) begge patent beskyttet omhyggeligt. Principielt lukkes hver kanal i en ende orienteret således at det ligner et skakbrædt i hver ende dog forskudt en kanal mellem de to monolith ender (end faces). Gassen der passerer filter monolithen tvinges da til at passere den porøse væg hvorved partikler opfanges på væggen overflade. Corning's metode er baseret på indsprøjtning af plastisk materiale der danner en prop. NoTox er baseret på formgivning af kanalvæggen for at skabe et tag over kanalen. Forskellen mellem de to metoder er:

- at den effektive WFF længde er større for NoTox princippet
- at tryktabet over WFF er mindre for NoTox princippet
- taget over kanalen deltager i filtrering for NoTox princippet

FIGUR

Karburatoren er nærmest en anordning fra fortiden, der har forårsaget alvorlige emissions problemer i nutiden. Første gang fremstillet af englænderen Morey, Samuel (1762-1843) med det formål at benytte væskeformige brændstoffer i stempelmotorer. Morey's betydningsfulde bidrag var fordampnings-karburatoren fra 1826, hvor brændstoffet var Alkohol eller Terpentin. Morey, der arbejdede med relativt små flytbare motorer, indså fordelene af et flydende brændstof, der var let at transportere frem for tryktanke med kulfas. Morey opbyggede karburatoren som en labyrinth af plader i en kasse med bunden dækket af brændstof, som luften strømmede hen over. FIGUR

De første automobilmotor karburatorer til væske formige drivmidler er ligeledes fordampnings-karburatorer, hvor luften bobler gennem opvarmet flydende Benzol for at mætte luften med Benzol-dampe.

Benz benyttede fra sin start i 1885 indtil 1901 en fordampnings-karburator. Luften, der blev suget ind i motorens cylinder, passerede først gennem et af udstødningsgassen opvarmet konstant væske volumen for at boble op til overfladen og således mætte luften med dampe. Med den rette type drivmiddel virkede princippet udmærket, men den fyldte for meget med en højde på 40 cm. FIGUR af Benz fordampnings-karburator

Der er faktisk indtil vore dage udført mange forsøg med de såkaldte *Vaporizer* med udmærkede resultater set ud fra et emissionssynspunkt.

Maybachs første fordampnings-karburator er fra 1885 og har et kombineret svømmer/fordamper modul, der holder konstant væskestand i den cirkulære brændstoftank, i hvis center den forvarmede luft bobler op gennem Benzolen. Maybach var ret erfaren, da han for Otto & Langen havde eksperimenteret en del med fordampnings-karburatorer med mange eksplosioner og brande til følge. Ingen patenter kunne indsendes, da Langen allerede i 1876 havde beskrevet princippet for fordampnings-karburatoren. FIGUR

Maybachs dyse-karburator og tilsvarende fra den tid fungerer kun, fordi motorerne arbejder indenfor ret snævre arbejdsområder med omdrejningstal fra 400-600. Dyse-karburatorens levetid var kort og snart overtaget af spray-karburatoren.

Maybach konstruerede og fik i 1893 patenteret verdens første dyse-karburator. Der var kun een dyse, og opfinderen påstod hårdnakket, at blandingsforholdet under alle arbejdsforhold ville være konstant på grund af den svømmer regulerede Benzol stand i dysen. Denne påstand viste sig snart at være lovlig optimistisk og resulterede blandt andet i en voldsom emission grundet det store udsving i luft/brændstof forhold og ringe forstøvning af brændstoffet. Figur

Så snart bilisterne indså fordelene ved at benytte et gasspjæld til at regulere motoren, begyndte et intensivt arbejde på at forbedre dyse-karburatoren. Det første skridt var at forsyne karburatoren med et ekstra luftindtag, der af chaufføren fra et håndtag på rattet regulerede luft/brændstof forholdet. Franskmanden Krebs fik i 1898 patent på "den automatiske karburator", der af vacuum i indsugningsmanifolden regulerede lufttilskudet ved hjælp af en ventil. Det lille familiefirma *Peugeot* lancerede i 1899 en dyse-karburator, der med nogen tilnærmelse ligner vore dages, dog manglede venturien stadig. FIGUR

Den ret interessante Simplex karburator fra 1890 dryppede drivmidlet sammen med >50°C varmt motorkølevand ned på, hvad der lignede en flaskerenser placeret lodret inden i et rør. Vand og Benzoldampe blev siden separeret i den nederste beholder før introduktion i motoren. Den franske konstruktør Delamare-Deboutteville, Edouard (1865-1901) fremførte, at motoren ikke koksede til, da alle urenheder i Benzolen blev opfanget af vandet og tømte ud på vejen gennem karburatorens overløb!! FIGUR

Et andet væsentligt bidrag var Maybach's spray-karburator fra 1892, den første der "sprøjtede" Benzol fra en dyse ind i centrum af luftstrømmen i karburatoren. Svømmeren regulerede gennem en nåle-ventil væskestanden præcis som i vore tiders karburator. En venturi øgede gashastigheden (20-140 m/s) ud for dysen for at forbedre forstøvningen. Alle de væsentligste elementer til den moderne karburator var for første gang samlet. Maybach fik patent i Frankrig, men ikke i England, hvor en anden betydelig motor konstruktør, Edward Butler havde et bredt patent. Maybach's nye spray-karburator monteredes på Daimler's nye og siden meget populære 2 cylindrede Phoenix motor, der ydede 3,5 hk ved 720 o/m.

(Scania) Vabis karburatoren fra 1903 og konstrueret af Erikson, Gustaf (1859-1922) ligner en S.U. karburator med konstant luftflow og lover en "fuldkommen homogene gasblanding ved alle hastigheder af motoren". I perioden 1903 til 1915 blev den brugt på motorer med effekt mellem 2 og 20 kW. FIGUR

Spray-karburatoren (forstøvning) vandt over de andre og gav starten til dette århundredes største forureningskilde, da opgaven at blande væske og luft homogent nærmest er håbløs. På trods af dette er de produceret i hundred million vis. De fleste motorfabrikanter fremstillede i starten egne karburatorer, og først fra 1908 begyndte det at blive almindeligt at anvende karburatorer fremstillet af uafhængige producenter som Solex, Zenith, Holey, Carter, S.U., Amal, Weber, Stromberg, Rochester m.fl.

Motor-emissioner fra forrige århundredes fordampnings-karburatorer var begrænset, da der ikke introduceres brændstof i væskeform til motoren, men kun en 100% gas af *Hydrocarboner*. Da stempelmotoren alligevel røg kolossalt skyldes det at olieskrabe stempelringen først blev opfundet efter / under 1. Verdenskrig, blandt andet af *Ricardo*, hvorfor voldsom *smørelolie emission* før den tid ikke kunne undgås. Senere blev Cord ringe kendt som

BILLED

Benzinen før århundredskiftet var sjældent i Europa og blev hovedsageligt leveret fra enten Standard Oil i USA eller Nobel Oil i Rusland. Sammenlignet med nutidens Benzin var datidens langt farligere, da den havde endnu lavere kogepunkt og flammepunkt med vægtfylde så lavt som 0,65-0,7 med meget højt indhold af *Benzen*. Benzinen var kendt som "naturlig Benzin" og blev dengang udtaget fra toppen af de første destillations raffinaderi kolonner uden *LPG* udtag, og var derfor et aldeles udmærket brændstof. Benzol fremstillet af de i Europa mange *kulgas-værker* var op til 1. Verdenskrig det vigtigste drivmiddel for automobiler.

Med automobilens kolossale succes stilles krav til stigende mængder Benzin hvorved sammensætningen af ændres kort tid efter århundred skiftet som følge af en nødvendig bedre udnyttelse af *rå-olien* gennem termisk cracking. Elektronisk *benzinindsprøjtning* har stort set helt overtaget karburatorens funktion på Otto-motorer i de lande, hvor lovgivningen er på højde med virkeligheden. Herved sikres minimalt emissions udslip og maksimal *brændstof-økonomi* fra automobilet samtidigt med meget stor brugervenlighed.

Fordampnings-karburatorer har været genstand for udviklingsarbejder op gennem vores århundred ud fra devisen at forbrænding foregår fra gasser og ikke fra væsker. Både Ford, Shell og en mængde personer har med forskelligt resultat præsenteret *Vaporizers* der generelt emitterer et minimum af emissioner.

Katalysator er et stof, hvis tilstedeværelse indleder eller fremskynder en kemisk proces, uden at stoffet selv undergår nogen permanent forandring. En katalysator ændrer ikke på den kemiske ligevægt, men får den til at "løbe hurtigere". Katalysatorer spiller en stor rolle for samfundøkonomien. Det menes, at omtrent 20% af USA's bruttonationalprodukt stammer fra produkter, hvor katalytiske processer anvendes. I forbindelse med rensning af udstødningsgasser er såkaldt heterogen katalyse mest anvendt. Her bringes udgangsstofferne i kontakt med en fast katalysator, hvor de reagerer ved kontakt på overfladen, for eksempel oxidation af CO til CO₂. Efter reaktionen forlader reaktionsprodukterne overfladen på katalysatoren. Det er derfor en fordel at have et meget stort kontaktareal mellem udstødningsgas og katalysator. Det sikres ved at anvende en *wash-coat* under selve katalysatoren. Desuden er det vigtigt at undgå *katalysator forgiftning* ved belægning med aske eller lignende.

Katalysator, EHC (Electrically Heated Cat) - koldstartemissioner ved Otto-motor opstart anses for det næste problem, der kræver en løsning. Det amerikanske *EPA* (Environmental Protection Agency) er tæt på en alvorlig opstramning på dette felt, når køretøjet opererer under -7°C , og kat'en ikke er virksom. USA automobiler vil formentlig i nær fremtid blive udstyret med endnu flere "catalytic converters" som f. eks. EHC (electrically heated catalyst), der anses for en værdig løsning på dette problem, men dog har en relativ kompliceret teknik. I øvrigt går også EU-lovgivningen ind for en stramning i 1996 og 1999. Se også Katalysator, Light-Off.

Der findes EHC efter 2 principper baseret henholdsvis på Corning's pulvermetal og *Emitecs* metalfolie substrat, hvor et 12 volt DC varmelegeme er placeret foran en i størrelse reduceret *monolith*. En intelligent styring kontrollerer de store strømme på 50-200 Amp for monumental opvarmning af varmelegemet. Den nødvendige elektriske effekt til opvarmning er 0,5-3 kW over 10-30 sekunder. Varmelegemet er monteret meget tæt på den sekundære katalysator *monolith*, der dels ved strålevarme og opvarmning af den passerende kolde gas, herefter opvarmes til 350°C . BMW Alpina B12 er den første produktion model med dette system hvor varmelegeme i *Emicat* modulet fra *Emitec* er på 70 cm^3 volumen, \varnothing 90 mm, 11 mm tykkelse og $1,37\text{ Ohm mm}^2/\text{m}$ specifik modstand. Den afsatte effekt styres af et større antal IGBT regulerings transistorer. Herefter følger de fire primære Metalit substrater. Der kan med rimelighed stilles spørgsmål ved forringelse at levetiden på batteriet.

% reduktion	kW/o/m		CO	HC + NOx		TPM
V-12 5,7 liter	284		50	80		

Køretøjet klarer desuden 280 km/timen på en tysk motorvej. Se også forvarmning. FIGUR

Katalysator, EL-forvarmet (industri *Diesel-motor-katalysator*) Den svenske *System Producent Unikat AB* har igennem 25 år fremstillet *pille-katalysatorer* med cirkulære dimensioner for indbygningsmulighed af et i centrum placeret elektrisk varmelegeme. Effekten er mellem 1.000 og 2.000 watt på 230 volt forsyning afhængig af katalysator størrelse. To timers forvarmning løfter katalysatorens temperatur til 400°C, hvilket sikrer, at når den kolde udstødningsgas passerer de varme katalysator-piller, oxideres gasserne. Den absolut mest effektive metode til sikker *vedligeholdelse af katalysatorer* til industri Diesel-motorer på køretøjer med problematiske *driftbetingelser*. Se U-renare, Distributionslastbiler. FIGURER.

Katalysator fejl med nedsmeltning, forekommer kun på automobiler med Otto-motor.

Den viste Kemira type *metalfolie monolith* stammer fra en Peugeot 205 Rallybil med toptunet 2,0 motor og dårligt justeret karburator. Under fuldlast med en alt for fed blanding har CO indholdet i udstødningsgassen været for stort, hvorved monolithen er alvorligt overhedet. Normalt ses denne slags nedsmeltning kun forårsaget af *bensindyse fejl*. BILLED nr. ??

Det er i uhyre sjældne tilfælde set at Diesel-motor katalysatorer monteret på gaffeltrucks, der har været udsat for total mangel på *vedligeholdelse af katalysatoren*, kan akkumulere så store mængder sod, at en nedsmeltning kan ske ved pludselig og f.eks. ½ minut fuld last på motoren.

Katalysator forgiftning er et fænomen, der mindsker effektiviteten af *katalysatorer* og bør for forbrændingsmotorer opdeles i forgiftning og coating.

Forgiftning sker ved, at et andet stof forhindrer de stoffer, der skal reagere kemisk, i at opnå fysisk kontakt med katalysatoren. Stoffer som Bly, Svovl, Fosfor, Calcium og Zink. Der er generelt ingen forskel i forgiftning på metalfolie eller keramiske monolither.

For eksempel virker Bly forgiftende på alle *ædelmetal*-katalysatorer ved at Blyoxider (PbO, PbCl₂, PbBr₂) på gasfase fra motoren kondenserer i temperatur området 250-900°C på monolithen. FIGUR Skaderne opstår dels som legeringer mellem Blyoxider og Platin og som akselereret sintring af wash-coaten der lukker ædelmetal atomer inde skabt at eutektikum med *Bly*. Dog ses på gamle katalysatorer langt den betydeligste mængde Bly som overflade belægninger. Bly indhold på 3 mg/liter ser ikke ud til at have nogen indflydelse på en katalysator hvorimod 10 mg/liter hurtigt ødelægge katalysatoren. Fosfor indholdet i Benzin ligger i området 0,02 mg/liter sammenlignet med 0,5-1,2 gram/liter i mineralske smøreolier. For et automobil vil en tre-vejs katalysator over 80.000 km eksponeres for 13 gram Fosfor have en begrænset effekt på katalysatoren, men *Lambda sensorens* levetid reduceres. Desuden er det kendt at Svovl fra drivmidlet samt fra smøreolien påvirker aktiviteten af tre-vejs katalysatorer. Svovl har en betydelig reducerende effekt på aktiviteten på *Pladium* baserede automobil-katalysatorer, der ser stigende interesse. Mangan i Diesellojen er ikke almindeligt, <0,02 g/l men kan virke ødelæggende som Bly.

Coating af oxidation katalysator - Et eksempel er sod belægninger på en katalysator som resultat af manglende *vedligeholdelse af katalysatoren*. Da den aktive coating gemt under reduceres virkningsgraden alvorligt. *Askeophobning* er kun i meget lille omfang set på monolith katalysatorer.....

..... smøreolie valget

.....

Coating af partikelfilter med katalysator - For partikelfiltre designet for *regenerering med katalytisk coating* som f.eks. *DPX* og *CatTrap* er belægninger et problem der kræver nøje overvejelse omkring *smøreolie kvalitet*, beregning af *aske rest-indhold* og *vedligeholdelse af partikelfiltret*. Se desuden fejmaskiner.

Der er dog set eksempler på at den aktive coating (*Vanadiumpentoxid*) kan bevæge sig (mobilitet) eller gennem indtil 0,3 mm tykke lag af Calciumsulfat, katalyserer oxidation af sod. Der sker dog en øgning af fast-stof-oxidations temperaturen efter en ikke linear kurve.

Katalysator historien starter med introduktion af *automobil-katalysatoren* så tidligt som i 1909.

Katalysator levetid - (slid) - for industrimaskiner (Off-Road) med Diesel-motor, er alene bestemt af graden af hvor alvorligt dels beslutningstager, indkøber, montør og chauffør opfatter retro-fit af emissions begrænsende udstyr. Der opstår generelt alt for stor usikkerhed omkring *dimensionering* og *vedligeholdelse*, der for langt den største del af de i Danmark over de sidste 10 år monterede >800 Diesel-motor katalysatorer har betydet levetid på under 100 timer !!!!!!! For tunge køretøjer (On-Road) er dette et uhyre interessant emne der desværre er dårligt undersøgt. Tendensen er imidlertid at der ses stor forskel i aktivitet, levetid mellem de forskellige produkter på markedet.

Test af Topsøe monolith katalysatorer på DSB busser viser kun minimal konverterings evne efter >250.000 km.

Katalysator test på busser i Napoli sidst i 1995 efter 80.000 km drift af: 1. FIAT coatede fiber sod filtre 2. ECS metalfolie katalysatorer 3. Unikat pille-katalysator, afslørede minimal forringelse af virkningsgraden på pille-katalysatoren.....

.....

..... Garanti test ville dog afsløre Se levetid for katalysatore til gaffeltrucks.

Katalysator levetid - (slid) - for automobiler med Otto-motor, er bestemt af lovgivning hvorfor den fra 1996 skal bevare sin virkningsgrad over minimum 160.000 km kørsel. Der har været tvivl om hvorvidt katalysatoren tog skade af lang tids kørsel ved høj eller tæt på maksimal hastighed. Da den test cyklus hvorunder køretøjet certificeres ikke indeholder kørsel ved hastigheder over ?? er dette til en hvis grad bestemt af konkurrence forhold. Prestige bilmærket

der er bygget til høje hastigheder har generelt ingen problemer med katalysator levetid.

..... SCS i Sverige
..... AP BOG SIDE 389

Temperatur °C	Thermale nedbrydnings mekanismer
1300	Cordierite nedbrydes til Mullite, metalfolien smelter
1200	Wash-coaten smelter sammen
1100	Oxidation af og oplegering af Pt/Rh
1000	Beta Alumina i Wash-coat konverterer til Alfa Alumina
900	Oxidation af og op-legering af Pt/Pd
800	Reduktion af Pt/Pd og Pt/Rh legeringer
700	Bedste arbejdstemperatur

..... det ses Se levetid for katalysatore til automobiler.

Katalysator, light-off - For at nå en konvertering af emissioner ved kold Otto-motorer placeres der gerne en to-vejs mini-monolith, med lille varme kapacitet, ofte på basis af metalfolie lige efter manifolden. Denne sekundære monolith varmer meget hurtigt op og konverterer ved lille *Space Velocity* uden problemer med rimelig effektivitet. Når hastigheden på køretøjet efter nogle minutters varmkørsel øges stiger SV og reaktionen på Light-off katalysatoren falder mod nul. Samtidigt er den primære katalysator opvarmet og har overtaget opgaven. BILLED

Katalysator markedet for u-coatede keramiske katalysator substrater til automobiler var i 1992 på ca. 430 x10⁶ US\$ og forventes at stige til ikke mindre end 700 x10⁶ US\$ inden år 2000, inkl. EHC. Det absolut største marked indenfor anvendt teknisk *keramik* til automobilindustrien med 80% af dette marked.

Siden starten i 1975 er 350 millioner køretøjer på kloden udrustet med katalysator, og fra 1995 er mere end 80% af alle nye automobiler i den vestlige verden udrustet med katalysator, 95% i Europa.

Omkostninger med montering af tre-vejs katalysatorer (inkl. *ædelmetal*) på det europæiske marked anslås at beløbe sig til ~6,5 x10⁹ US\$ om året. Det anslås at en tilsvarende beløb er nødvendigt til vedligeholdelse og lovbealet eftersyn for at opretholde den af loven krævede standard. En ganske kolossal omkostning på transportens alter.

Katalysator monolither i keramik fremstilles ved ekstrudering, en formgivningsproces kendt fra bl.a. teglværksindustrien. Her fremstilles hul-mursten ved, at det plastiske ler presses ud gennem en speciel dyse, der bestemmer stenens dimension og samtidigt efterlader en række huller i stenens centrale del. Kendt af alle der i sydens lande har passeret en af de mange byggepladser. Den samme proces, som mange husker fra barndommen, når farmor ekstruderede hakkekød eller vaniljekransedej på kødhakkemaskinen. I dag er ekstruderen uhyre raffineret, selvom den i princip stadig ligner den originale fra 1863 opfundet og patenteret af Mr. Chambers.

Nutidens auto-kat ekstruder (*Corning GmbH i Kaiserslauten*) består af en snegltransportør på 3 meters længde, der blander, konditionere og opbygger et hydraulisk tryk i den plastiske masse på op mod 150 bar, inden den glider ud gennem den uhyre komplicerede dyse. Med en hastighed på et par meter i minuttet forlader det formgivende emne ekstruderen i en uendelige streng for straks at blive skåret i længder på ca. en meter, klar til tørring. Den plastiske masse til produktionen af honeycomb substrater fremstilles af mineralerne Talk, Kaolin, Alumina og Magnesite. Hertil sættes vand og et par organiske bindere. Mineralerne graves fortrinsvist op i Cornings åbne miner i USA og fragtes under store sikkerhedsforanstaltninger til fabrikkerne i USA og Tyskland, samt til NGK i Belgien og Japan. Cornings produkt kaldes *Celcor®* og benævnes udfra, hvor mange kanaler der er pr. kvadrat tomme (cps = cells per square inch); det er først i 1996, at USA overgår til meter systemet ! Kanaltætheden varierer fra 50-100 cps for substrater til dieselfiltre til 300-400 cps for *automobiler-katalysator* monolither. Det tørrede 1 meter lange substrat skæres nu op i passende længder, før de med håndkraft stables på ildfaste vogne parat til brænding. Brændingen foretages af Corning "world-wide" i 14 ens Brickley "Iso-Jet" kammer/kasseovne alle med hver 33 gasfyrede dyser. Iso-Jet dysen er kendetegnet ved uhyre præcis regulering af gas/luft forholdet for optimal kontrol af temperatur og ovnatmosfære. Den totale produktionskapacitet for 14 ovne er 45-55 millioner substrater per år. Det gennemsnitlige antal substrater per brænding i disse gennemsnitlig 140 m³ store ovne er 24.000 stk. Der brændes ved ca. 1400°C med en kold-til-kold cyklus på lidt over 3 dage. Produktionen er på trods af omfattende automatisering alligevel utrolig afhængig af den menneskelige faktor. Mere end 10 gange undersøges hvert substrat manuelt, før det forlader fabrikken.

Historisk set var det ret sent man kunne mestre den uhyre avancerede teknik at ekstrudere tyndvægget *monolither*. Første gang det beskrives er i engelsk patent fra 1869. I perioden indtil ekstruderede monolither blev tilgængelige fra Corning benyttedes der støbte monolither fra f.eks. American Lava Inc. eller korrugerede fiberfolie monolither fra forskellige leverandører.

Katalysator monolither / laminart design er det honeycomb legeme med et stort antal langsgående parallelle kanaler, som danner den fysiske bærer for det katalytisk aktive materiale der er *Platin, Palladium* og *Rhodium*. Kunne på dansk kaldes en katalysator-bærer. Der benyttes 3 forskellige typer "bærer" til motorer:

1. De >80% benyttede keramiske *monolither*.
2. Metalfolie monolither. FIGUR BOSCH gul bog

3. De på automobil markedet helt udgåede pille-bærer.

Katalysator monolither til automobiler er cirkulærer eller "race-track shape" der er et godt kompromis når de skal placeres under et køretøj. En populær størrelse tværsnits areal er på 120 cm² (170 x 80mm) for motorer med op til 100 kW motor effekt og to stk i parallel ved større motorer. Gennemsnitligt volumen er 20-30 cm³ monolith per kW motor effekt.

Producent	Corning / NGK	EmiTec	Solvay
type	monolith	monolith	piller
Materiale - kemisk formel	2MgO2Al ₂ O ₃ 5SiO ₂	FeCrAl ₂ O ₃	AL ₂ O ₃
Materiale type	Cordierite	Rustfrit stål	Alumina
Porestørrelse - ym	<10	0	
CPSI	200-400	300-600	
Areal per volumen - m ² /liter	~1,5	~3	
Porøsitet - %	~30	0	30-40
Maksimal arbejdstemperatur - °C	<1100	<1100	<900
Varmeudvidelse - m x10 ⁶ /°C	~0,7	12	
Varmeledning - Wm/K ved 630°C	<0,5	~7	~1
Vægtykkelse - mm	0,1-0,3	0,04-0,05	
Vægtfylde som materiale - g/cm ³	1,7	7,2	0,6-0,8
Vægtfylde som monolith - g/cm ³	0,5	1,25	

Katalysator monolith / radiale design er en nyhed indenfor *automobil-katalysatorer*, der senest kommer fra *Bosal* i Belgien. Denne Radial-Katalysator bestående af et substrat af korrugerede metalfolie skiver er placeret i udstødningssystemet på en sådan måde, at gasstrømmen efter sigende fordeles mere jævnt, end tilfældet er i den konventionelle honeycomb monolith. Der arbejdes i dette koncept med lavere gashastighed, *Space Velocity* og muligvis længere kontakttid. Det skulle give et mindre trykfald over substratet, bedre virkningsgrad, kortere opvarmingsfase og det endda med en reduceret mængde ædelmetal. Med fordel Palladium. Et alvorligt problem, der imidlertid først skal løses, er den større ydre diameter på det færdige system. Tendensen går jo netop mod automobiler med mindre og mindre plads til motor og andre nødvendige komponenter. FIGUR

Katalysator-piller - fremstilles som en keramik pille med en diameter på 5-6 mm eller en lille cylinder Ø5xL5mm af det keramiske materiale Aluminiumoxid, Al₂O₃. Produktet udmærker sig ved >50% porøsitet og en indre BET overflade på ikke mindre end 100-150 m²/gram hvilket fremmer kontakten mellem gas og den aktive coating. Rhone-Poulenc oprettede først i 1970'erne meget hurtigt en fabrik i byen Salindres, i syd-Frankrig for produktion af disse piller. Lokale husker at mange mange containere blev afskibet til GM i USA. Siden kom andre på markedet f.eks. Solway/KaliChemie i Tyskland. BILLED nr ??

Produktet var en årrække meget udbredt i USA for personbiler, netop fordi potten med pillerne kunne gøres meget flad og derfor finde plads under kabinen. Monolith katalysatoren overtog først i 1980'erne helt markedet. BILLED nr ??

I 1996 benyttes piller kun til *Diesel-motor-katalysatorer* af firmaer som *Unikat* og *ETB* som der fås ganske interessante fordele ved. *U-renaren* har stor varmekapacitet, god lyd-dæmpning og er meget velegnet på industri maskiner med Diesel-motor.

Katalysator priser til automobiler - OEM - leveret som original reservedel af importør gennem forhandler til forbruger uden moms i Oktober 1996.

Original reservedel kroner uden moms		tre-vejs katalysator	to-vejs katalysator
Citroen Xantia 1,8 l 16V	B	3.283	
Citroen Xantia 1,9 TD	D		3.143
Ford Escort 1,6 EFI	B	2.517	

Ford Mondeo 1,8 TD	D		2.517
Ford Mondeo 1,8 EFI	B	3.477	
Opel Astra 1,7 TD	D		3.020
Opel Astra 1,4	B	3.060	
Opel Corsa 1,2	B	3.450	
Saab 900 I 2,0	B	6.900	
VW Golf 1,9 TD	D		1.916
VW Golf 1,8	B	3.035	

VW sælger katalysatoren alene som ombytning der sikrer optimal *ædelmetal genvinding*. Priserne bør for Diesel-motore være noget lavere da den kun består af en monolith uden Rhodium coating. Otto-motor katalysatoren i tre-vejs udførelse består som regel af 2 monolither.

Katalysator priser til Diesel-motorer - OEM - originalt monteret for automobiler er præget af en mere simpel coating uden Rhodium. Markedet i Europa er stærkt stigende og ~500.000 stk i 1996 i anslået <30 forskellige størrelser.

Typisk System Producent fabriks komponentpriser	to-vejs katalysator
Monolith	125
Wash-coating	250
Ædelmetal coating	100
Metal container	275
Arbejdskraft, m.m.	300
Fabriks salgspris i danske kroner	1.050

Ædelmetal prisen påvirker salgsprisen fra producent til bilfabrik, da Rhodium ikke er påkrævet, hvilket dog ses kun at slå igennem på ganske få bilmærker i Danmark.

Katalysator priser til Diesel-motorer - Retro-fit - er stærkt præget af de små stk tal. Mindre end 20.000 stk om året i hundred vis af forskellige størrelser kan ikke reducerer prisen til bare noget der ligner automobil prisen.

System Producent - typiske kunde priser i DKk/kW effekt	Monolith katalysator	Pille katalysator
Motorer 10-50 kW		
Motorer 50-250 kW		

Katalysator priser til Otto-motorer - OEM - originalt monteret i Tyskland er meromkostning for personbiler ~500-1.200 D-Mark svarende til en meromkostning på 2,5 - 5% af køretøjets pris. I Danmark er meromkostningen i området 1,5%.

System Producent fabriks komponentpriser	tre-vejs katalysator
Monolith - single block	125
Wash-coating	350
Ædelmetal coating	250
Metal container	275
Arbejdskraft, m.m.	300
Fabriks salgspris i danske kroner	1.300

Når der ses bort fra omkostninger til arbejdskraft udgør Coater opgaven, wash-coat og ædelmetal omkostningen 60-70% af system prisen fra System Producenten til køretøjs producent.

Katalysator priser til Otto-motorer - Retro-fit - er stort set kun interessant i Tyskland hvor lovgivningen i to perioder har tilskyndet bilejerne økonomisk til at investerer i en komplet og anerkendt installation.

Fra Januar 1997 tilskyndes brugen af katalysatorer på den 4×10^6 store eksisterende gamle tyske bilpark gennem skatter. Der lægges konsekvent 1.500 kroner på hver liter motorslagvolumen, der sænkes til 500 kroner, hvis der monteres en to-vejs katalysator. Sommeren 1996 går VW ind på dette marked og tilbyder montering af katalysator på en million Golf og Jetta for godt 1.000 DM stykket.

Katalysator sammenligning mellem Diesel-motorer og Otto-motorer kan kun foretages omkring oxidering af gasserne CO og HC, d.v.s. to-vejs princippet. Da Diesel-motoren som bekendt er en luftoverskudsmotor, d.v.s. at den ikke styres ved at regulere den indsugede gasmængde med et spjæld, vil Diesel-motoren altid "pumpe" den maksimale luftmængde. Herved er der altid et betydeligt luftoverskud der sjældent når under Lambda 1,5 hvorved konventionel NO_x reduktions katalysatorer ikke kan fungere.

De væsentligste produktions afhængige forskelle for *Diesel-motor-katalysatorer* er:

1. kanalantallet for *monolith*, der bør checkes før montering på Diesel-motor.
2. *Wash-coat* formulering der minimerer Sulfat, SO_x akkumulering fra Diesel-motoren.

..... Største forskel er SO_x konvertering eller evnen til at undgå samme Engelhard ULTRA
.....

Katalysator sammenligning mellem forskellige fabrikater for Diesel-motorer er ganske relevant, men ikke videnskabeligt undersøgt. Og det må til enhver tid anbefales at vælge anerkendte produkter. Det handler i høj grad om virkningsgrad og levetid, hvilket agenter eller importører i praksis viser sig kun sjældent at have chance for at kunne påvise. Det er for industrimotorer i langt højere grad vigtige at have styr på *vedligeholdelse af Diesel-motor-katalysator*.

Katalysator størrelsen, se Dimensionering af katalysatorer til Diesel-motorer.

Katalysator størrelsen, for Otto-motorer, kaldet substrat-volumet, er teoretisk bestemt af gældende lovgivning, seriositet af den enkelte automobilproducent og konkurrencesituationen, men ligger i området 0,5:1 til 1,5:1 i forhold til motorslagvolumen. Eller gennemsnitsvolumen på 20-30 cm³ monolith per kW motor effekt. I praksis vil en BMW årgang 1996 med V8 4 liter Otto-motor benytte 4 keramiske monolither på tilsammen 4,8 liter. BMW Alpina har 4 stk metalfolie substrater på hver 0,645 liter. En Porsche med 3,6 liter slagvolumen benytter 2 metalfolie monolither på tilsammen 4,2 liter substrat. En Opel med 2,0 liter motor En VW med 1,8 liter motor er udrustet med En Saab med 2,0 liter motor er forsynet med monolith. For Diesel-motorer er forholdet minimum 1:1 stigende til 1,5:1. Således har en Audi 2,5 TDI en oxidations katalysator monolith med volumet på 2,4 liter. En Mercedes 2 I et vist omfang kan der kompenseres med større *Ædelmetal* mængde ved faldende monolith volumet grundet plads problemer.

Katalysator tæt koblet - Close-Coupled Catalytic Converter - et udtryk der i branchen handler om montering af monolithen meget tæt på manifolden på en Otto-motor. Den termiske belastning og krav til præcise styring af motoren er utrolig høj og kun forundt de dyreste køretøjer. BILLED-tekst - På den nye Jaguar AJ med V8 motor er monolithen monteret mindre end 300 mm efter den sidste udstødningsventil. Den når derfor funktions temperatur kun 30 sekunder efter start. Manifolden er for lav termisk masse støbt med højt Silicium indhold og kun 3,5 mm vægtykkelse.

Katalysator temperatur for ses af FIGUR

Katalysator til Alkohol drift på u-regulerede gnisttændings-motorer er ikke at sammenligne med en *Automobil-katalysator* i to-vejs version. Anderledes end for Benzin drift idet Ethanol når 95% HC konvertering allerede ved 150°C og for *Methanol* ved 240°C med kontakt med Platin katalysatorer på Alumina wash-coating. Det fordres selvfølgelig at der er tilstrækkelig Oxygen tilstede.

Generelt kun i beskedent omfang udviklet til større anvendelse. I USA opereres der med forskellige Alkohol/Benzin blandinger som M85 og M100, se Detroit Diesel, der reagerer meget forskelligt i kontakt med forskellige katalysatorer. I nogle tilfælde kan man klarer sig med mindre *ædelmetal mængde* som 10-20 g/ft³ i andre stik modsat og høje niveauer er nødvendigt. Interessant nok ses der næsten tilsvarende gas-fase konvertering med 10 g/ft³ Sølv katalysator dog med kortere katalysator levetid.

Katalysator til Ethanol drift - I 1996 kører 250 busser i Stockholm på Ethanol fremstillet ... hovedsageligt udrustet med Scania 6 cyl. 7 liters motor med kompressionstænding. Ethanolen er derfor tilsat 5-10% RTB tændingsadditiv til at hæve cetantal op til rimelige niveauer. Målinger efter ECE-R49 i Stockholm viste at ved lav last svinger CO udslippet mellem 3-10 g/kW/t, uforbrændt Ethanol svinger mellem 1-50 g/kW/t (150° 50g -200°15g -260°1g) og Formaldehyd fra 0 til 1,2 g/kW/t mellem 150-260. Standard Diesel-motor katalysatorer viste sig at skabe et alvorligt problem med oxidation af motorens store Ethanol udslip til Ethansyre (Eddikesyre - CH₃-COOH) der lugter forfærdeligt. Svenska Emissionsteknik udviklede som løsning en ny katalysator formulering med noget usædvanligt stort indhold af et billigere ædelmetal på en 400 cpsi keramisk monolith med 6,75 liters volumet.

Katalysator til Diesel-motorer, se Diesel-motor katalysator.

Katalysator til gasturbine er ikke udbredt på grund af det i forvejen meget lave emissions udslip, men er absolut en mulighed for både en oxidation af HC og CO, eventuelt kombineret med reduktion af NO_x.

I 1988 udrustede Heraeus i Tyskland et 60 m³/sek CB naturgas kompressor anlæg udrustet med en ældre model Rolls Royce Avon 12 MW naturgasdrevet gasturbine med oxidationskatalysator. Konvertering af CO og HC (også Metan) blev 90% ved temperaturer mellem 300-500°C. Modulet var 15 m² i areal og 0,4 meter tykt og indeholdt keramiske monolither med 31 cell/cm². BILLED

Haldor Topsøe A/S har leveret flere oxidations katalysator anlæg af typen CATOX for 4,1 MW gasturbiner i Italien med udstødningsgasflow mængder på 48.000 Nm³. Til Tyskland for 4,6 MW gasturbiner med 55.000 Nm³.

Katalysator til grill for moderne tilberedning af bøffer udsender betydelige mængder af Hydrocarboner der volder dels lugt gener og til tider synsforringelse især indendørs. I Californien hvor vejret det meste af året tillader udendørs aftensmad er "barbecue" blevet meget populært. Lokal områder ser ganske voldsom HC emission ved spisetid ikke mindst grundet overdreven brug af tændvæsker.

I nord Europa foregår spising gerne indendørs hvorfor stegning, grill følger med. Flere producenter af hårde hvidevarer har udviklet på indbygning af oxidations katalysator i den på køkkenbordet monterede grill. Ved katalysatoren temperatur ~300°C er effekten ganske overbevisende, idet det ikke lader sig gøre at lugte i et almindeligt køkken der steges f.eks. Bacon i rigelige mængder. Da "udstødningsgas" temperaturen fra selve grillen er relativt kold, grundet uundgåelig fortynding, må den forvarmes af et elektrisk varmelegeme til >400°C. En elektrisk ventilator cirkulerer gassen, hvorved monolithen opvarmes, og overvinder tryktabet på ~<20 Pa i systemet.

BILLED-tekst- Edelmetall coated monolith med dimension 89x51x51 mm fra *Matsushita Electric Co. Ltd.* (ikke i produktion mere) hvor 2 stk er passende i volumen til en bordgrill. Oprindeligt anvendt som cirkulære Ø150 mm monolither i højder mellem 25 og 76 mm i *brændeovne*.

FIGUR-tekst- Gas volumet på en bordgrill er ret begrænset og i området 10-15 m³/t hvorved *Space Velocity* holdes ret lavt <10 x10⁴.

Katalysator til industri Otto-motorer med u-regulerede karburator motorer er tvunget til at være meget tolerant opbygget. Overhedning af katalysatoren grundet flittig brug af choker og karburatorens efter dens natur store brændstof/luft tolerance er en stor risiko. Der stilles betydelige krav til design forståelse.

Eugene Houdry fra *Oxi-Catalyst* påpegede allerede i 1950 problemet omkring u-regulerede Otto-motore i automobiler hvor Lambda tallet hoppede op og ned. Han foreslog en regulering af udstødningsgas temperaturen for at reducere reaktionen hastigheden i kat'ten fremfor at regulerer på motoren. Der var desuden indbygget venturi i hans design baseret på piller eller granulat.

Ved *dimensionering af katalysator* monolith volumen og gennem passende tilskud af ekstra forbrændingsluft før kat'ten opnås virkningsgrader større end 98% for både CO og HC ved temperaturer over 300°C. I praksis vil det sige alle driftsforhold undtagen 2-3 minutter under opstart. Ekstra luft tilskuddet sikres gennem montering af en *venturi* mellem motor og katalysator. Alternativt gennem montering af en luftpumpe enten drevet elektrisk eller af motoren gennem en rem. Se Automobil-katalysator og is-maskiner. TEGNING

Katalysator til LPG drift på u-regulerede Otto-motorer er at sammenligne med en *Automobil-katalysator* i to-vejs version og mindre kritisk end til en u-reguleret industri Otto-motor. For regulerede gnisttændingsmotorer at sammenligne med en tre-vejs version.

Et demonstrations eksempel blev prøvekørt på Tuborgs Bryggeri i 1990 på en Toyota 2,5 ton motortruck med almindeligt u-reguleret IMPCO anlæg. Maskinen blev placeret i et lukket rum på 20 m² (60 m³ volumen) for 1500 o/m ubelastet i 10 minutter, hvilket gav en rumkoncentration på 600 ppm CO. Efter montering af katalysator gav samme forsøg 50 ppm. *HGV* er 35 ppm, men for et forsøg, der kan fysisk afprøves ved at gå ind i rummet og mærke forskellen, er resultatet bogstaveligt talt slående.

Ved montering af Lambda-sonde styret LPG-karburator opnås langt bedre kontrol over luft/brændstof forholdet. Kun herved kan der påregnes en reduktion af NO_x ved montering af tre-vejs katalysator. Det hænder at der fejlagtigt fokuseres på tre-vejs katalysatorens evne til at reducere NO_x når det i virkeligheden er styrings algoritmen der arbejder med for stor tolerance. Indholdet af NO_x i rå-gassen fra LPG drevne motore er typisk 8-10 g/kW/t..... (70% af tilsvarende Otto-motor for Benzin drift), heraf er NO₂ indholdet typisk i området 0,5-3% af det samlede NO_x. Se TerminiNox og TWX.

Katalysator til Otto-motorer, se automobilkatalysator og katalysator til industri Oto-motor. FIGUR

Katalysator til Rally-biler består oftest af en to-vejs metalfolie oxidations katalysator på basis af nationale lovkrav. Udover dette er eneste krav at katalysatoren overholder den tyske ONS certificering. Rally biler arbejder oftest med u-regulerede MPFI motore sat Lambda 0,86-0,95 for maksimal effekt men sikrer samtidigt et relativt lavtNO_x udslip. I Danmark er der ingen krav til placering i udstødnings anlægget hvorfor de er set monteret som det sidste element i udstødningsanlægget. Fordelen herved er klart lavere modtryk grundet den afkølede gas dels har mindre volumen og

giver lavere *gas-viskositet* der resulterer i mindre friktion.

Funktionen af katalysatoren er typisk relativt ringe grundet:

- mangel på Oxygen i udstødningen grundet ønsket om maks effekt

sikres gennem pumpe der sikrede ekstra luft tilskud efter motoren eller en *venturi*

- fri placering

optimal arbejdstemperatur ikke højere end 850°C justeret gennem placering

- uheldig dimensionering

optimal dimensionering gennem cpsi valg og størrelse for korrekt *Space Velocity*

Der ses desværre til tider useriøs montering af tomt hylster ikke for at eliminere effekt tab men alene grundet økonomi.

BILLED-tekst- Emitec stor celle monolither. Monolitherne er specielt fremstillet til rally med lavt cpsi antal i området af.....

.....

Se desuden benzindyse fejl, modtryksforhold og katalysator fejl. JB Motorservice tlf: 97421066.

Katalysator til to-takt Otto-motorer, der er u-regulerede, består oftest af en to-vejs oxidations katalysator da NOx indholdet som regel er beskedent grundet Lambda tal <0,98. To-takt princippet er meget følsomt overfor modtryk i udstødnings systemet hvor der let opnås acceleration af CO og HC udslippet. I praksis er det med Platin katalysator på metalfolie monolither og venturi eller luft-indsprøjtning muligt at opnå meget høj konvertering. Der er set >95% for CO og >90% for HC mens NOx ikke berøres. Se desuden Kædesav og Scooter.

Katalysator virkemåde for motorer i populære vendinger. Udstødningsgassen ledes straks efter motoren gennem en metalbeholder, der indeholder et legeme med flere tusinde små, på langs gående kanaler, som gassen suser igennem. Den på kanalvæggen porøse hinde overflade er fra 10-20.000 m² for at gassen skal opnå intim kontakt med det her pålagt aktive Platin. Det kan sammenlignes med en kortklippet fodboldbane, hvor der er placeret et enkelt Platin atom på hvert græsstrå. Når CO og HC molekyler kommer i kontakt med et Platin atom, og der samtidigt er et Oxygen atom tilstede, sker der en kemisk reaktion, en oxidation, der øjeblikkeligt omdanner CO og HC til H₂O og CO₂. En snedig proces som selv den dygtigste kemiker har svært ved at forklare. BILLED nr. VW

Katalyse, se katalysator.

Katalytisk aktive materialer der kan hjælpe med oxidation af f.eks. CO og HC er ud over *ædelmetal* blandt andet Co₃O₄, CuO, Cr₂O₃, ZnO, MnO₂ og Sølv. Desværre har ingen af disse relativt billige aktive materialer den samme levetid, lav temperatur aktivitet, høj temperatur stabilitet, modstand mod forgiftning som ædelmetaller har. Fra Rusland er der de sidste år set markedsført oxidations katalysatorer baseret på kombination af "de sjældne jordarter".

Kemi - atomtegnene blev i princippet indført i 1811 af den svenske professor i kemi Berzelius, Jöns Jacob (1779-1848), men blev sat i system af den russiske professor i kemi Mendeleev, Dimitrij Ivanovic (1834-1907) ved universitetet i St. Petersburg, der i 1869 fandt på at organisere grundstofferne i Det Periodiske System. FIGUR

Kemi - sprog og talemåde er officielt i Danmark forsøgt tilnærmet internationalt nomenklatur (dvs. engelsk sproget), som foreslået af IUPAC (International Union of Pure and Applied Physics). IUPAC grundlagt i princip i 1892 og siden ved lov benyttet nationalt i lærebøger, på gymnasier og universiteter samt i fagtidsskrifter. På trods af dette forhold har de forældede danske betegnelser for grundstoffer (kul, ilt, brint, bly, m.fl.) og kemiske forbindelser (kullite, kulbrinter, m.fl.) holdt helt utrolig stærkt ved.

I denne bog er der forsøgt en tilnærmet konsistens, baseret på Kemisk Ordbog fra 1996, og der benyttes alene trivialnavne for grundstofferne, men en blanding af trivialnavne og IUPAC-navne for de kemisk forbindelse for at lætte læsning. Der ses helt bort fra forældede danske betegnelser, dog er der henvisninger herfra. Tilsvarende mangel på konsistens ses desuden for f.eks. *eksplosionsmotor* og *Benzinmotor*.

Kemi - udvikling af den kemiske industri har siden starten af vort århundrede "velsignet" os med op mod 100.000 kemiske forbindelser på det danske marked. Baseret på mængde står 1.500 kemiske stoffer for 95% af det totale verdensforbrug.

Vi har i praksis mistet overblikket over hvilke der er en velsignelse og hvilke der over vores og næste generation har potentiale til at udslutte menneskeheden. Eksempelvis har østrogen holdige stoffer mod slutningen af det 20. århundrede vist sig at påvirke sædkvalitet negativt og øge brystkræft voldsomt.

Nationalt har *Miljøstyrelsen* udarbejdet en liste over de 100 mest farlige stoffer der søges afskaffet gennem frivillige ordninger med industrien. Desværre er kemikalie reguleringen voldsomt bundet af internationale regler og kommercielle hensyn. I den videnskabelige verden for automobiler omtales der uofficielt en såkaldt "forbudt liste" med stoffer der anses for at være kræftfremkaldende. Her findes f.eks. *Partikler, Aldehyder, Benzen*,

International kendes 14 x10⁶ kemiske stoffer alle registreret med et såkaldt CAS-nummer i Chemical Abstract Registry Service. Miljøstyrelsens kemikaliekontor benytter PRO-BAS, der er en med Arbejdstilsynet fælles data-base indeholdende oplysninger om 85.000 kemiske produkter. Basen oprettet i 1980 har til formål at indsamle og formidle viden om kemiske stoffer der importeres, produceres eller anvendes nationalt.

Kemira Metalkat OY er Finlands største kemiske virksomhed. Den er (1996) 72% statsejet, og afdelingen for *metalfolie substrater* omsatte for 150 x10⁶ kroner i 1995 med en produktion på op mod 500.000 coatede monolither. Kemira's force er et relativt billigt 200-400 cpsi substrat, der mekanisk er sikret mod aksial bevægelse gennem nogle

søm, der er skudt radiale gennem monolithen. Kemira er lidt usædvanlig, da de både producerer monolithen og coater den. FIGUR March April 1996 HSD&D

Keramiske belægninger på motordeler for emissionsbegrænsning. Det af Engelhard ejede firma General Plasma har udviklet en sådan teknologi.....

.....
 Sommeren 1997 fik Engelhard certificeret en pakke, kaldet ETX til *Urban-buses* baseret på GPX coating af forbrændingskammeret og en, CMX to-vejs oxidations katalysator. Konceptet overholder som det eneste 0.1 g/bhp-hr krav.
 Teknikken har været prøvet med succes af f.eks. for år tilbage med udemærket succes.

Keramiske komponenter til motorer er velkendte og har siden starten i forrige århundrede været at finde i tændrør. Kernen i tændrøret er nemlig opbygget af høj-Alumina teknisk porcelæn, Pyranit, med bøjetræk styrke 3 gange så stor som service porcelæn. Set i forhold til *Keramiske Motorer* er holdningen siden 70'erne nærmere blevet, at keramik kan erstatte de dele i motoren, der er udsat for stort slid eller for høje temperaturer. Turbolader til Japanske Diesel drevne automobiler og *Detroit Diesel* tunge Diesel-motorer har undergået en væsentlig effektivitetsforbedring med turbiner i Siliciumnitrid (Si_3N_4) keramik. Sliddele for knastakselkontakt samt udstødningsgasventiler, hvirvelkamre, i Si_3N_4 forventes at se øget implementering i motorer.

BILLED-tekst- Garret T2 keramisk turbine fra en Nissan 2,6 liters bi-turbo der har kørt på LeMan med problemer da en del af en vinge er faldet af ved 160.000 o/m. Da vægtfylden for SiliciumNitrid er $<3,2 \text{ g/cm}^3$ modsat normalt anvendt Nikkel holdigt metal på $8,2 \text{ g/cm}^3$ reduceres turbo-tøven ganske betragteligt. Fremstillet i 1×10^6 eksemplarer på trods af prisen der er faktor 100 gange højere end i metal.

BILLED-tekst- Udstødningskanaler foret med det termalt isolerende Aluminiumtitanat (Al_2TiO_5) anvendes nu på den 4-cylindrede Porsche 944. Det slikkerstøbte emne indstøbes i Aluminium metal topstykket.

BILLED-tekst- På Detroit Diesel serie 50 motor anvendes siden 1993 SiliciumNitrid (Si_3N_4) cylindriske rulleknastfølger for med mindre elasticitet at overføre betydelige kræfter for større præcision til højtryks *Unit Injectoren*, hvilket desuden resulterer i 90% mindre slid på knastakselen.

BILLED DEUTZ tekst- Forsøgsvis anvendes indstøbte isolerende keramiske stempeltop kerner, manifold- og topstykkeforinger på Deutz BF8L513 fra 1989, der kan give 5% forbedring i brændstofforbrug.

Keramiske materialer har i århundreder været anvendt ved høje temperaturer, for eksempel i forbindelse med ovne. Traditionel keramik som porcelæn, fajance m.m. er baseret på ler-mineraler, mens moderne avanceret teknisk keramik er baseret på andre og noget dyrere råmaterialer med bedre tekniske egenskaber. I 1960'erne begyndte udviklingen af de avancerede tekniske keramiske materialer, som for eksempel kendes fra rumfærge projektet. Avanceret teknisk keramik er kendetegnet ved egenskaber, der er optimerede til den aktuelle anvendelse. Som typiske egenskaber for keramiske materialer kan nævnes: meget stor hårdhed og slidstyrke, stor stivhed og gode højtemperatur egenskaber. I de senere år har anvendelsen af især Alumina (Aluminiumoxid, Al_2O_3), Zirconia (Zirconiumoxid, ZrO_2), *Silicium Carbide* (SiC) og Siliciumnitrid (Si_3N_4) vundet frem i forbindelse med forbrændingsmotorer.

Typiske egenskaber for teknisk keramik - 100% tæt	Bøjetræk styrke MPa	Varmeledning Wm/K	Hårdhed Vicker GPa	Maksimal anvendelses temperatur °C
Porcelain	40-110	1-2	~5	1000
Si_3N_4	~750	~40	~17	1400
Al_2O_3	250-600	15-65	10-24	1600
Al_2TiO_5	~40	2		1200
SiC	300-800	35-120	~28	1500
ZrO_2	600-1300	2-3	10-13	1000

Navnlig det faktum, at keramiske materialer bevarer deres styrke helt op til temperaturer tæt på smeltepunktet, gør *Cordierite* keramik velegnet til fremstilling af honeycomb monolither for *automobilkatalysatorer*. Keramikken fremstilles af mineralerne Talk, Kaolin, Alumina og Magnesite. Betegnelsen er Aluminium-Magnesiumoxid-Silikat eller $\text{Al}_2\text{O}_3\text{MgOSiO}_2$, med et smeltepunkt på 1260°C og stort set ingen varmeledning eller ekspansion ved stigende temperatur.

Cordierite har vist sig at være uegnet til dieselfiltre på grund af den manglende varmeledning og det relativt lave smeltepunkt. Et mere velegnet materiale er Silicium Carbide, der i praksis er umuligt at smelte, men dekomponere $>2000^\circ\text{C}$. På grund af oxidation er den praktiske øvre grænse for langtidsanvendelser af SiC cirka 1650°C i luft. Til sammenligning kan højlegeret varmefast stål ikke anvendes ved temperaturer over 1100°C.

Keramiske materialer anvendes ligeledes til *brændselsceller*, hvor der dannes elektricitet direkte ved forbrænding af *Hydrogen* eller *Methan* i porøse keramiske materialer pålagt ædelmetal katalysatorer.

Keramiske katalysator monolither i *Cordierite* som basis for automobil-katalysatorer fremstilles fra 1980erne kun af *Corning Inc.* og japanske *NGK Ltd.* Op gennem 60erne og langt ind i 70erne fremstillede det af 3M ejede firma *American Lava Corp.* støbte honeycomb monolither til de af *Engelhard* fremstillede *PTXer*.

Haldor Topsøe A/S fremstiller i 1990erne et korrogeret keramisk fiberfolie katalysator monolith med fra 9 til 125 cpsi anvendt i *CATOX* produktet. *Panasonic* i Japan har i 80erne fremstillet på forsøgsplan korrugerede keramisk fiberfolie *WFF* monolither med en kompliceret manuel *kanal luknings* metode af *WFF*.

Kanalantal i katalysator monolither udtrykkes i *cpsi*, Cells per Square Inch (celler per kvadrat tomme), og bør for Diesel-motorer katalysatorer absolut ikke være højere end 200 cpsi ved keramiske *monolither*, men kan gå op til 300 cpsi for *metalfolie monolither*. For Otto-motorer er 400 cpsi *keramiske monolither* korrekt eller 200-400 cpsi *metalfolie monolither*. Der arbejdes på introduktion af 600 cpsi i større stil. Vægtykkelsen på de keramiske monolither holdes >0,3 mm bestemt af de trådnist maskiner der fremstiller de meget avancerede dyser *Cordierite* massen ekstruderes igennem. På *metalfolie monolither* mellem 0,04 til 0,05 mm tykkelse.

BILLEDTEGNING --- af monolith 100,200,300,400,600 -

Katalysator piller blev benyttet i de første automobil katalysatorer efter to-vejs princip helt op i 80erne i USA med benyttes nu alene på Diesel-motorer af ganske få producenter. De største forskelle mellem den keramisk og metalliske monolith er pris, varmekapacitet og mekanisk stabilitet.

Keramiske filter monolither i *WFF* partikelfilter monolither fra f.eks. *NoTox* og *Corning* er kanalantallet mellem 80 og 100 cpsi med vægtykkelser mellem 0,4 og 0,8 mm. *NoTox* fremstiller partikelfilter monolither i *Silicium Carbide* hvor kanalantallet er mellem 80 og 100 cpsi med vægtykkelser typisk på 0,8 mm. *Corning* typisk på 0,4 mm.

Keramiske motorer blev i 70'erne udråbt til fremtidens stempel forbrændingsmotor, der ville øge virkningsgrad og levetid. Desværre blev forventningerne ikke opfyldt. De motorer, der på forsøgsplan blev fremstillet uden kølesystem, fik ikke den forbedring i virkningsgrad, som beregnet. Et problem var mangel på smøremidler der kunne arbejde ved >300°C. Den største forskel blev en ekstrem stigning i prisen.

Keramiske motordele kan øge effektiviteten af motoren dels på grund af muligheden for at anvende højere temperaturer og dels på grund af de keramiske materialers lave densitet og store hårdhed. Seneste variation af keramik i motorer er en på-sprøjtning af en keramisk thermal barriere på stempelkronen og topstykkecircelen, hvilket reducerer varmetabet til de vandkølede metallflader. *Engelhard Corp.* i USA ejer firmaet *General Plasma Inc.* der udfører sådanne motormodifikationer, og der ses en reduktion i brændstofforbrug på 1-2% og 10-20% i partikel emission, hvilket er et resultat af den mere ensartede forbrændingstemperatur. BILLED

Keramiske sensorer ser en kolossal interesse øgning indenfor direkte måling af CO, HC og NO_x indholdet i udstødningsgasser fra automobiler. Formålet er at overholde de i Californien uhyre strenge *ULEV* og *ZEV* emissions regler for biler. For tiden er det kun *Lambda sensoren* der regulerer i "closed-loop" og kan sladre om fejlfunktion hvilket er helt utilstrækkeligt. Den nye generation af sensorer vil ikke erstatte *Lambda sensoren*, men skal komplimenterer den/dem og derved øge præcisionen hvormed Otto-motoren styres. Den gennem snart mange år anvendte *Lambda sensor*, til måling af Oxygen koncentrationen i udstødningsgassen, er fremstillet af *Zirconiaoxid keramik* dækket på begge sider med et ultra tyndt lag *Platin*. Størrelsen er sammenlignelig med et normalt størrelse tændrør og benytter desuden samme gevind størrelse.

Kilogram er en overordentlig vigtig international vedtagen vægtenhed, masse defineret ved et lod fremstillet af en legering af *Platin* og *Iridium* gemt i en boks i byen *Sèvres* i Frankrig hos det Internationale Bureau for Mål & Vægt.

KiloWatt - kW er måleenheden normalt anvendt til bestemmelse af motores effekt. En Watt er den effekt der kræves til udførelse af arbejde svarende til en Joule per sekund.

Den pågældende motors kW findes ved test af motoren (forbrændings som elektrisk) der leverer mekanisk energi gennem en roterede akse koblet til et *motordynamometer* der kan måle det afleverede moment i Nm (Newton meter). Formlen er herefter ret simpel:
Moment*omdrejninger/min:10.000=kW

Se desuden Hestekraft og Mål&Vægt.

Kilo-Watt-time - kWh - er enheden for energi der blandt andet anvendes til beregning af prisen for elektrisk strøm eller som af forbrændingsmotoren leveret effekt over perioden een time. Da een Watt = een Joule/sekund er een kWh = 3600s*1000J/s = 3,6*10⁶J = 3,6 MJ.

Kobber - Cuprum (Cu) er et rødorange relativt ædelt metal. Navnet stammer fra latin (cyprum) efter øen *Cypern*, der i oldtiden var kendt for sine kobberminer.

Symbol	Atomnummer	Atomvægt	Densitet	Smeltepunkt
Cu	29	63,546	8960	1083

Findelt på molekyleplan virker *Kobber* meget stærkt som *dieselolie additiv* til reduktion af sodtændings temperaturen i forbindelse med partikelfiltre. I forbindelse med partikelfiltre vil additivet akkumulere i filteret og dermed ikke nå ud i

naturen. Alligevel er afklaring omkring eventuel belastning af miljøet 1997 stadig under overvejelse af EPA i USA. Der blev i industrien 1996 rejst tvivl om hvorvidt kombinationen kunne forårsage Dioxin og Klor produktion af Dieselmotoren. Se Urban busses.

Kogepunkt er den temperatur, hvorved en væske omdannes fra flydende fase til gasfase. Kogepunktet er helt uafhængig af vands kogepunkt og kendes fra Heliums -268 til Rheniums $+5600^{\circ}\text{C}$. Ved sammensatte brændstoffer som Benzin, Dieselolie, m.m. er FB95% (Final Boiling) altid angivet som et interval, da disse brændstoffer er sammensat af forskellige komponenter med forskelligt kogepunkt. Dette kan anskueliggøres gennem destillationskurver. Lavt kogepunkt og dermed flammepunkt, som for Benzin, betyder lettere fordampeligt og mere brandfarligt stof.

Koldstart berigelse er nødvendigt på Otto-motorer grundet omstændigheder som kold indsugningsluft der med større massefylde kræver mere brændstof, kold luft indeholder mindre energi til fordampning af drivmidlet og drivmiddel fortætning på de kolde indsugningskanal vægge. Brug af choker er nødvendig for at undgå motoren køre for magert og går i stå.

Koldstarts-emissioner for Diesel-motorer kan reduceres gennem flere tiltag som korrekt smørelie viskositet, forvarmning af motor og gennemtænkt startteknik. Elektrisk forvarmning af motoren med en *motorvarmer* er meget populært i Skandinavien og en enkel metode for industrimotorer. Montering af motorvarmer i smørelie reservoir sikrer 2-3% reduceret brændstof forbrug under opstart som følge af mindre friktion. EKSEMPEL En forhåbentlig til årstiden udskiftet smørelie med korrekt viskositet sikrer yderligere 2-3% reduceret brændstof forbrug under opstart

.....

Alle tiltag gør at motoren selvfølgelig starter meget lettere og derved reducerer emissionsudslippet og det .

.....

.. 2-3% reduceret brændstof forbrug under opstart som følge af opvarmning der svarer til olieskift fra SAE 40 til 10 BERU leverer retro-fit start hjælp systemer baseret på dieselolieflamme der brænder på basis af et 24 VDC gløderør der med effekter fra 5-25 kW placeret i indsugningsmanifolden giver en betydelig indsugningsluft temperatur stigning. Herved sikres på en brøkdæl af tiden den fornødne forbrændskammer temperatur og på 2 minutter reducerer sod emissionen til 5% mod 70% uden. FIGUR nr ?? BILLED nr ??

Volvo har siden 1989 haft et kombineret system som standard indeholdende: et 24 VDC elektrisk indsugningsluft varmelegeme på 1,8-4 kW (i henhold til motor størrelse 5,5-16 liter), en udstødningsgas (motorbremse) ventil der tæt på turboladeren lægger kunstig høj last på motoren. Opstart ved $< 25^{\circ}\text{C}$ kontrolleres på grænsen af hvad der kan lugtes ved kombination af el-forvarmet indsugning, turboudgang modtryksventil, forskudt indsprøjtningstidspunkt, tørning af motoren med indtil 8 omdrejninger før der foretages indsprøjtning.

FIGUR viser ganske stor variation i HC niveauet med 5 forskellige startmetoder ved underdørstemperatur på -5°C optaget på en 12 liters motor med 14,2:1 i kompression og 2x160 Ah batterier. Opvarmning af indsugningsluften er meget effektiv.

SIDE 388 I AP BOG

Koldstarts-emissioner fra Otto-motorer er efterhånden den betydeligste enkelte kilde til totalemissioner fra personbiler. For en 1989 personbil med katalysator og 50.000 km på bagen udgør koldstartsemissionerne op mod 80% af CO og HC, 50% af NOx ud af det totale emissionsbillede. *Indsugningsluft-forvarmning* er en nødvendighed i kolde områder. Emissionerne kan reduceres effektivt med en *motorvarmer*, der er vældig populær i Skandinavien. Med det formål at reducere *Brændstof-forbruget for en Otto-motor* kan der ved hver koldstart under -10°C gennemsnitligt spares 0,2 liter Benzin når motoren løftes 50°C i temperatur.

Termisk kapacitet gennem materiale valg og komponent vægt bestemmer motorens opvarmningsperioden. BMW har påvist med en V12 motor helt i Aluminium udrustet med stråleskjold og styret sektionel opvarmning at reducerer CO+HC koldstarts emissionen med 30% ved FTP-75 testcyklusen. Opvarmning af motoren foregår kontrolleret med elektrisk styring med to elektriske vandpumper og 4 ventiler der flytter det varme vand for mest effektivt anvendelse.

For at reducere koldstartsemissionen yderligere sættes der i USA voldsomt på 2 principper:

- den elektrisk forvarmede *Katalysator*, *EHC* (Electrically Heated Cat), fra Emitec eller W.Grace
- den *Zeolit modul* baserede passive enhed fra Corning.

Introduktionen sker måske i 1997 i henhold til kommende CARB regler ULEV og EU regler. I Europa arbejder Pierburg og andre på et brænder system hvor et Benzin mini-fyr placeret lige før monolithen opvarmer den til 350°C på ~ 20 sekunder ved et forbrug på 50-90 ml. Systemet kræver nogen styring og en lille luftpumpe til forbrændingsluft. Den benyttede EU test opsamlede ikke de første 40 sekunder ved koldstart ny test forventes indført der kompenserer for dette.....

FIGUR (gram udslip CO,HC,NOx, ved forskellig temp, første km)

Kommunalkøretøjer er blandt andet små forbrændingsmotor drevne redskabsbærere, der løser opgaver som græsklipning af have- og parkanlæg samt snerydning og fejning af fortove og stier. RIMAS (tlf: 98664122) producerer den i vores lokale kommuner kendte gule pivotstyrede Wulff i 5 forskellige størrelser med enten VW eller Perkins Diesel-motor. (BILLED nr ??) MultiCar og Ladog fra Tyskland er andre kendte arbejdsmaskiner, men de er mere at sammenligne med en meget lille lastbil. Den af Fog (tlf: 43966611) importede japanske minitraktor med knækstyring fra Nibbi kan udføre lignende opgaver.

En del af de Diesel-motorer, som sådanne køretøjer er udrustet med, overholder typisk minimum EU1 normerne for

automobiler, men da køretøjerne ikke er opfattet som automobiler, er der ikke krav til emissioner før oktober, 1997. Se EURO Off-Road emissioner og Fejemaskiner.

Kompensatorer til vibrations-isolering og optagelse af materiale spændinger er en nødvendighed for at sikre et 100% tæt udstødningsgas system før et partikelfilter. Prisen er noget højere end Flexrør, men giver betydelig større levetid. De skal fremstilles af rustfrit stål minimum kvalitet AISI 304 kun i 2 lag hver på 0,3 mm tykkelse. Kan ikke monteres med auto-clamps, men må præcisions svejdes på rustfri rørstumper, der monteres med flanger eller Vee-clamp koblinger. Speciel forsigtighed, der eliminerer rotation, korrekt vandring og ophærdning af især for korte bælg, må anbefales.

BILLED-tekst -

BILLED-tekst - Fremstilles nationalt i standard type UM 2-lags enkelt bælg med længde på 160 mm for udvendig rørdiameter i format DN40/Ø48,3 - DN50/Ø60,3 - DN65/Ø76,1- DN80/Ø88,9mm - DN100/Ø114,3 men kun fra lager på jernrør. Bør bestilles monteret på rustfri rør.

Kompressionsforholdet for Diesel-motorer er i området 15:1-23:1, typisk 50-100% højere end Otto-motorens og giver Diesel-motoren dennes betydeligt bedre *virkningsgrad* = lavere brændstofforbrug = lavere CO₂ udslip. Resultatet er blandt andet en motor med noget større vægt alene for at kunne overføre de større mekaniske belastninger som forbrændings processen påfører.

GRAF-tekst- For Otto-motoren er kompressionen typisk i området 8:1 til 11:1 men indtil 14:1 for racer suge-motorer der kører på Methanol. Kompressions forholdet er den vigtigste parameter for økonomi. GRAF-tekst- Siden man opdagede at kompression var nødvendigt er den steget for at flade ud omkring 100 år efter.

Kompressions tændingsmotorer er et andet udtryk for Diesel-motoren hvor den komprimerede gas bliver glødende og derved antænder det indsprøjtede brændstof.

Korrosion i keramiske partikelfilter monolither på basis af oxid-keramik er et alvorligt problem. Visse askerester danner lavtsmeltende forbindelser ved reaktion med *Cordierite* filtermateriale. Filterets kemiske sammensætning er afgørende for i hvilket omfang korrosionen har konsekvenser for monolithen mekaniske styrke og filtreringsegenskaber. BILLED-tekst- På *City-Filter*, der er baseret på Corning 11.25"x10" EX-47 monolither belagt med en Degussa D-345 coating, er der erfaret totalt monolith nedbrud efter <100.000 km. Problemet fremstår som en total styrke forringelse der giver mekanisk styrker (<1 MPa) sammenlignelig med kartoffelchips.

Der er på Delf Universitet i Holland i 1994 udført omfattende korrosionsforsøg på *Silicium Carbide* partikelfilter, der påviste betydelig stabilitet overfor angreb af askerester stammende fra additiver til brændstof og smørelolie.

Kraft - 1 kp er den kraft der giver et legeme med massen 1 kg accelerationen 9,8 meter per sekund². Måleenheden 1 HK = 75 kpm/s = 75 kilopond/meter/sekund. Se mål & vægt.

Kraftvarme-anlæg til omsætning af

.....

Generelt emitterer stempelmotorer sat op til drift på Naturgas relativt meget Methan der ikke umiddelbart lader sig oxidere med katalysator som CO gør det. KELD JOHANSEN

.....

.....Eksempler..... i alt 20 linier + emissions skema og billed

Henvielse til kraftvarmeværksforeningen

Dansk maksimal emission - mg/m ³			CO	CH ₄	HC	NO _x	TPM

.....

Kraftvarme-maskiner er mekaniske anordninger For anlæg under 5 MW kræves der ingen miljøgodkendelse men vejledes af Miljøstyrelsen.

.....

Kraner - selvkørende på bæltter er f.eks. den populære orange Hitachi KH-180 udrustet med en 6 cyl. HINO motor på 6,5 liter volumen, NA type EM100 der yder ~95 kW/2800 o/m, og som TC type HO6CT yder 130 kW/2800 o/m. Motoren er monteret på tværs præcis under den oven på kabinettet monterede lyddæmper. Hvorfor montering er relativt enkelt af f.eks. et partikelfilter baseret på *regenerering med olie* eller *regenerering med elektricitet*. Driftcyklus for denne type maskine indeholder til tider flere dages tæt på tomgangskørsel, med udstødningsgas temperatur ~100°C, hvorfor partikelfiltre baseret på *regenerering med additiv* eller *regenerering med katalysator* absolut ikke er at anbefale. *Montering af Diesel-motor-katalysator* giver ingen effekt ved disse lave temperaturer. BILLED-tekst- Hitachi monteret med et *Combi-Filter* L12 efter lyddæmperen, hvilket principielt ikke kan godtages, men såfremt motoren arbejder i tomgang hele tiden er der alligevel <150°C udstødnings temperatur hvorfor kun partiklerne vil blive fanget. Ligeledes er der ikke anvendt isolering af tilslutningsrør, hvilket ikke må efterlignes.

TEGNING-tekst - Amerikansk kul fyret excavator model Marion 7 fra midt i 1920erne udrustet med 4 individuelle en- og to-cylindret dampstempelmotorer. Kul lageret på næsten en ton og de 1.180 liter vand rakte til en lang arbejdsdag. Maskinen var derfor også bemanded med to mand hvor selv maskinføren til tider stod op hele dagen og hev i

stængerne.

Krandrift på lastbiler er uhyre populært, effektivt og et meget udbredt apparat. Gennem de sidste 20 år har denne form for arbejdsplads derfor forårsaget alvorlige helbredsproblemer hos et stort antal chauffører. Det kan desværre ikke simpelt og billigt lade sig gøre at reducere partikler, CO og især de problematiske H₂Cer fra gængse installationer, hvor hovedmotoren trækker pumpen til hydraulik systemet. For lastbil hovedmotorer under denne form for udvidet lavlast med udstødningsgas temperaturer i området af 100-150°C er der i princippet 3 løsninger:

1. *Regenerering med oliefyr* - Partikler kan opfanges til enhver tid uden reduktion i de meget problematiske H₂Cer. Filteret regenereres manuelt kontrolleret med et oliefyr, som f.eks. *Deuts* eller *Ernst* systemer, baseret på Corning WFF eller 3M Cartridge, ingen katalysator men separere sod med <90%.

2. *Regenerering med elektricitet* - partikler opfanges og akkumuleres til enhver tid uden reduktion i de meget problematiske H₂Cer. Filteret regenereres ved elektrisk tilslutning udenfor arbejdstid. F.eks. *Unikats* Combi-filter, eller *ETBs*

- Både løsning 1 og 2 skal dimensioneres for den totale motor effekt, der betyder store filtre og stor investering. Alternativt skal der indbygges et ventil arrangement i udstødningsgas systemet for små filtersystemer.

3. Ombygning af køretøjet til at indeholde en bi-motor specielt dimensioneret til at varetage opgaven med påbygget høj-effektivt partikelfilter/katalysator.

Desværre er det ikke tradition, at kran- eller tankbil-installationer indeholder en lille 1-2 cylindret motor på 10-20 kW, der alene trækker det hydrauliske anlæg.

BILLED-tekst- Lastbil set af forfatteren på en landevej i England udrustet med en lille enkelt cylindret Diesel-motor der driver den hydrauliske kran.

Dette princip ville ellers sikre et minimum af emissioner omkring køretøjet og hjælpe på mange chaufførers helbred. Den lille motor kunne med fordel kobles på hovedmotorens kølesystem og derved holde både den og førerkabinen varm om vinteren. Yderligere kan en varmeveksler sidst i udstødningsgassystemet yderligere tilføre varme til kabinen. Sliddet på hovedmotoren vil blive reduceret væsentligt, da den i tomgang alligevel ikke kan holde sig selv varm og endvidere ikke sikrer en rimelig forbrænding. Der er flere producenter af den slags *småmotorer*, vandkølede Diesel-motorer, som f.eks. *Lombardini*, Yanmar, Kubota og HATZ. Alternativt kan de lyddæmpede kraftvarmeanlæg fra Panda GmbH i Paderborn med effekter fra 2,5 til 80 kVA monteres med hydraulisk pumpe i stedet for generatoren. FIGUR

Optimalt system reduktion i %	Modtryk	CO	HC	NO _x	Partikler
12 - 17 kW / 3.000 o/m	<5 kPa	>95	>85	>40	>95

Den virkelige fordel er, at den lille højtydende motor rimelig enkelt kan forsynes med en to-vejs oxidation katalysator, partikelfilter og ikke u-interessant EGR bygget ind i samme enhed, hvilket vil give endog meget små emissionsværdier. BILLED-tekst - Renault lastbil på arbejde i Strasburg påmonteret med en 3 cyl Hatz Silenpack for drift af den hydrauliske lift.

BILLED-tekst - NESA har forsøgt sig med påmonteret el-motor under
..... der blev tilsluttet 400 VAC forsyningsnettet. Erfaringerne er

BILLED-tekst - 31 ton tung Scania 143 fra dec/96 udrustet med en 55 ton/meter kran drevet af en 110 liter/min hydraulikpumpe ved 33 MPa tryk (330 Bar). Dette svarer til 55 kW motor effekt ved 1.100 o/m og pænt høj udstødningsgas temperatur i området 200-250°C. Med daglig landevejskørsel relativt enkel at montere med et partikelfilter system baseret på *regenerering med additiv* da udstødningsgas temperaturen svinger mellem 300-400°C.

Krudt - En betegnelse for sprængstoffer, skydemidler baseret på blanding af trækul, Svovl og Kaliumnitrat. Opdeles gerne i sortkrudt, sprængkrudt, brunkrudt og melkrudt der især bruges til fyrværkerifremstilling. Kaliumnitrat (KNO₃ - salpeter, der er et hvidt salt) indholdet og krudtets kornstørrelse bestemmer reaktionshastigheden. Ved et lavt Kaliumnitrat indhold brænder krudtet med et blændende lys. Øges Kaliumnitrat indholdet til mere end 75% opnås maksimal reaktions hastighed. Temperaturen stiger øjeblikkeligt til >2.000°C og under forbrænding omdannes ~40% af krudtets volumen (vægtfylde 1,7) til energi og afgiver en gas der har >3.000 gange krudtets volumen. Gassens væsentligste sammensætning består af CO, CO₂ og Nitrogenoxider. Jagtkrudt har typisk sammensætningen; 79% Kaliumnitrat, 10 % Svovl og 11 % trækul. - Reaktions ligning -----

Krudtet blev opfundet i Kina omkring år 800. Kaliumnitrat skaffede man ved at koge forgæret staldgødning. Trækul var let at skaffe og det store Kina havde miner med stort set rent Svovl. Allerede 100 år efter anvendt i krig som tændsats for flammekastere. Kineserne var også de første der lukkede eksplosionen inde i et metalrør og udnyttede energien til at afsende projektiler. I 1067 forbød den kinesiske kejser alt salg af svovl og salpeter til udlændinge. Kun salg af det færdige produkt var tilladt. Således kom fyrværkeriet til Europa omkring 1250 og blev straks populært som underholdning for de rige. Der gik yderlige 75 år før europæerne fandt på at hælde krudtet i en metalrør og her kalde det for et ildvåben. Udviklingen gik langsomt i middelalderen og først 400 år efter introduktionen var ildvåbenet langbuen, lanse, sværd, og armbryst overlegen. I Danmark ses krudtværker at opstå under kongelig kontrol og langs datidens energi kilder, åerne.

Krumtaphus emission - Da stempeltætningerne i motorer ikke er perfekte, slipper nogle procent af forbrændingsgasserne forbi stemplerne og ind i krumtaphuset ("Blow-By" på engelsk). For at undgå en opbygning af tryk i krumtaphuset skal dette udluftes. Blow-By indeholder sammen med smøreoliedampe en del uforbrændte Hydrocarboner, især hvad angår gnisttændingsmotorer, fordi brændstoffet er til stede under kompressionsfasen. Gasserne er siden motorens barndom altid sendt lige ud i atmosfæren. På Otto-motorer kan dette bidrag være på 20-25% af det samlede HC udslip fra u-regulerede biler. I 1959 blev denne forureningskilde reduceret til NUL i USA ved et

lovbekalet indgreb der krævede PCV, Positive Crankcase Ventilation. "Blow-by" gasserne sendtes tilbage for opblanding med indsuigningsgassen gennem en slange, en flammefælde og en simpel ventil, som sørgede for at tilbageføringen skete under hensigtsmæssige forhold. Metoden er standard på alle personbiler i dag, og emissioner fra krumtaphuset er hermed elimineret. Der ses stadig mange nye industri Diesel-motorer, hvor udluftningen fra krumtaphuset foregår ved et rør, der peger åbent mod jorden. BILLED af VOLVO

Monter en >10 mm slangestuds på indsuigningsmanifolden uden spjældhus og tilslut krumtaphus ånderøret. Det bør på ældre motorer sikres af længere slanger kan dræne mod oliereservoir. Hvis ånderøret monteres i luftfilterhus før luftfilteret, vil dette papirfilter blokeres med oliedampe og suges ud af filterhuset ved for stor trykdifferens. BILLED af Toyota 25

Volumet fra ånderøret ligger i området 15-1500 liter/min afhængig af motorstørrelsen og tilstand. Volumet fra ånderøret er desuden et godt udtryk for motorens helbredstilstand (leak-test), da dette Blow-By stiger ved stigende slid. Blow-By måles således:

1. Tilslutning af en slange der føres ned i en stor affaldsplastpose med kendt volumen der herved blæses op indenfor et tidsinterval med motoren under fuld last.

2. Tilslutning af en eventuelt brugt naturgasmåler i passende størrelse, f.eks. 4 m³/t. BILLED

Nelson og Racor-Parker-Hannifin markedsfører et filterkoncept, der effektivt separerer olietågen fra gassen for at dræne olien tilbage til bundkarret og gassen til indsuigningen på motoren.- FIGUR

Kubota Ltd. i Japan fremstiller 20 forskellige fire-takt IDI væskekølede Diesel-motorer i indtil 5 cyl versioner med max 2,8 liter slagvolumen og 44 kW/2800 o/m. Alle motorer er baseret på et 3-dobbelt sektioneret flow mønster i hvirvelkammeret. Systemet giver, i forhold til en DI motor, lavere emission på bekostning af lidt højere forbrug. Desuden er støjen reduceret 1-1,5 dB(A).

I 1922 startedes en produktion af petroleums motore for især landbruget. I perioden fra 1950 til 60 kom der rigtig skub i virksomheden med produktion af Diesel-motorer. I 1993 fik Kubota verdens første ULGE miljø-certificering af serie D1105-E, en 3 cyl 1,2 IDI Diesel-motor på 18 kW.

Kubota 5 cyl NA Diesel-motor 2803-B har slagvolumen på 2.746 ccm, vægt på 223 kg, maks effekt på 42 kW/2.800 o/m og udstødnings gasflow på 522 m³/t. Emissions niveauet er relativt lavt og forbruget er relativt højt, præget af at det er en hvirvelkammer-motor.

Emissioner i g/kW/t - mode 13 test	forbrug	kW/o/m	CO	HC	NOx	TPM
Kubota type F2803	262	37/2600	0,86	0,12	6,5	0,37

Importeret til Danmark af Belos Danmark på tlf:43636090.

Kul - stenkul - brunkul - tørvækul - trækul er alle af organisk oprindelse med varierende alder indtil 250 x10⁶ år. Stenkul brydes hovedsageligt i underjordiske miner. På dansk er kul en noget misvisende betegnelse der dels dækker stenkul og det kemiske ord Carbon. Stenkul består for det væsentligste af Carbon, i området 60-95%.

I Deutche Museum i München er der en meget interessant model af en mine i naturlig størrelse som det tager en times tid af gå igennem.

Kulstøv drift af forbrændings stempelmotorer var Diesels oprindelige tanke.....

.....

Kulbrinter - HC - gammel dansk betegnelse for *Hydrocarboner*.

Kuldioxid - ord konstrueret på tværs af henholdsvis dansk og international standard, se Carbondioxid.

Kulilte - CO - forældet navn for *Carbonmonoxid*.

Kulgas - bygas - B-gas -

BILLED-tekst- På fortidens danske kulgasværker fremstilledes kulgas, koks og tjære gennem opvarmning af udenlandske kul i hovedsageligt vertikale retorer til >1.200°C, hvorved der afgives en Hydrogen, Methan og Carbonmonoxid holdig gas. Typisk ~32 m³ gas/ 100 kg stenkul med et *Carbon* indhold >80%. Den glødende masse i retorten afkøles og danner nu koks der stadig indeholder energi og derfor i stort omfang tidligere benyttedes til hus opvarmning.

På de københavnske gasværker blev der desuden installeret værker for produktion af ukarbureret vandgas (energi indhold ~2.800 kcal/m³) der blev opblandet med kulgassen.

Typisk bygas sammensætning i 1938 i vol%	CO ₂	CO	H ₂	CH ₄ <i>Methan</i>	N ₂	O ₂	Tjære/ Benzol	Energi kcal/m ³ 15°C
København	3	11	52	20	10	1,5	2,5	4360
Odense	4,4	11,7	49,1	20,8	9,7	1,2	3,1	4500

Kulgassen køles ned til 20-30°C hvorved *stenkul-tjæren* og det Ammoniak holdige gasvand adskilles. Gassen sendes

videre gennem rensårerne der med jydsk myremalm binder Hydrogensulfiden (Svovl) og herefter ud på nettet. Gas fra Københavns værker indeholdt ganske højt >50 gram tjære/100m³ gas (dråbeformigt). Rå-Benzol (på gasfase) indholdet lå typisk på 1%vol (~40 gram/m³), og blev først under 1. Verdenskrig udvasket, hvilket ellers holdt energi indholdet i gassen relativt højt på ~4.500 kcal/m³. Herudover indeholdt gassen en del vand der gav problemer med kondensater og tæring i ledningsnettet. I 1935 blev der på Valby og Øster Gasværk installeret store fuldgas anlæg der kunne udtage stort set alle kondenserbare Hydrocarboner og derved tørre gassen. Konsekvensen blev en gas med lidt mindre energi indhold, men helt uden kondensater der sparede store omkostninger på ledningsarbejder. Rå-Benzolen blev solgt til den danske kemiske industri og ikke som motorbrændstof.

BILLED-tekst- Belysningsgassen medførte store tekniske fremskridt der voldsomt forbedrede den almene sociale tilstand i Europa. Gaslys i stuerne øgede aktivitet i de ellers mørke vinteraftener med stearinlys for større kulturelt udbytte. Koks produktionen gav mulighed for større varme produktion i de små hjem. Gasfyret gennemstrømning vandvarmere sikrede langt hyppigere vask af tøj og børn der hjalp på folkesundheden og for alvor begyndte at reducere den ret store børnedødelighed. Koleraepidemien i København 1853 var forårsaget af den totale manglen på hygiejne i en overfyldt bykerne og lagde 4-5% af byens befolkning, svarende til >5.000 voksne i graven udenfor Østre Port. Man kan med rimelighed tale om en gas-alders, som vi omtaler bronze- og jernalderen, da en ny epoke i hygiejnen indledtes.

På Valby Gasværk fra 1916-1919 blev kulgassen, før den sendes ud på nettet, *Benzol* vasket med recirkulerende solarolie der optager og senere afgiver Nafta, *Benzol* m.m. gennem destillation. Der er således kun i meget begrænset omfang, i området 900 ton totalt, benyttet rå-Benzol som motorbrændstof i København. Den i Jylland vigtigste motorproduktionsby Horsens har først i 1920'erne produceret en mindre mængde rå-Benzol som motorbrændstof.

Kulgas-motoren havde i Danmark kun begrænset anvendelse til decideret el-værks produktion, men som energikilde til små-industri rimeligt anvendt. F.eks. i Horsens, Jyllands betydeligste motor-industriby, var der så sent som i 1932 stadig 38 fungerende gasmotorer på tilsammen 400 HK i industrien. Se også Diesel-motoren i Danmark.

BILLEDTEKST- I 1907 besluttede Københavns Belysningsvæsen at anlægge Valby Gasværk dengang langt uden for byen før enhver vej eller elektricitets forbindelse. Man installerede derfor to vertikale 3 cyl gasmotorer på hver 165 kW tilsluttet hver sin jævnstrømsdynamo til at drive værket. Så sent som i 30'erne stod maskinerne stadig startklar indtil de blev erstattet af en 0,6 MW turbogenerator (damp turbine).

BILLED-tekst- Lille horisontal gasmotor med boring 300 mm, slag 300 mm årgang 1898 fremstillet af Tuxen&Hammerich, sidst benyttet som elevator hejseværk i Nakskov. Nu opstillet på Industrimuseet i Horsens.

BILLED-tekst- På Faaborg El-værk blev der 1907 installeret en 45 HK een-cylindret dobbeltvirkende horisontal gasmotor og et par år efter yderligere en 125 HK gasmotor der dog havde nedbrud i 1917 hvor krumtappen knækkede. I 1912 kom overgangen til Diesel-motoren hvor der for hvert 5. år blev installeret yderligere en motor. I 1931 var den samlede effekt på 2,1 MW fordelt på 5 Diesel-motorer.

Kulgas-motoren havde i Europa sin storhedstid fra 1895 og 10-15 år frem. Grundet geologiske forhold er der begrænset *rå-olie* forekomster på det Europæiske kontinent (dengang kun kendt i Galicien, Baku, Rumænien), men ganske store forekomster af kul i forskellig kvalitet. Indtil Parson (skibet Turbinia er fra 1897) og Laval's damp turbine i 1920'erne kunne skabe elektricitet i større mængder direkte fra kul over dampkedlen var central-Europa tvunget til at benytte stempelmotorer der arbejdede på kulgas eller højovngas. Før 1. Verdenskrig blev der i Tyskland alene produceret ~500 motorer med hver >1MW effekt. Så sent som i 1930 blev der i København planlagt installation af 4 gigantiske Diesel-motorer på H.C. Ørstedsværket fremstillet af *Burmeister & Wain*. Damp turbinen fik imidlertid bedre fodfæste og kun en enkelt motor blev installeret.

BILLED-tekst- Gigantiske 4 MW/100 o/m to-cylindret / een-stempelstang / dobbeltvirkende horisontale Otto-motorer der arbejder på gas med gnisttænding. Boring indtil en meter og slag på 1,5 meter. I mange byer i Tyskland sås indtil 8 tandem motorer placeret i samme motorhal side om side.

BILLED-tekst- Skoda fremstillede i mindre omfang horisontale gigant motorer i Diesel-version på indtil 1,1 MW/125 o/m med boring på 850 mm og slag på 1.250 mm. Den viste tandem-maskine var placeret i Buenos Aires og fungerede op til 2. Verdenskrig koblet til en 2,5 kV/50 Hz Skoda generator. Brændstofforbrug på 233 g/kW/t, smørelieferbrug på 815 gram/time svarende til 0,76 g/kW/t. Partikel emission var indtil 0,85 MW belastning under 0,3 BSZ og ved fuldlast synlig, ~1 BSZ. I perioden 1910-1920 fremstillede Allis-Chalmers i USA flere hundrede lignende maskiner.

Kulgas-værker - Verdens første gasværk opførtes i 1790'erne i Birmingham efter forslag af den betydelige skotske opfinder *Murdoch*. London fik sit første offentlige gasværk i 1814, Baltimore i 1816, Paris i 1820, New York i 1825, Berlin og Hannover i 1826. I 1853 fik Odense Danmarks første gasværk, samme år kom Randers og Aalborg med. Det følgende år Flensborg, Assens og Helsingør. København kom med i 1857 med Vestre Gasværk, og i perioden indtil 1927 blev der anlagt yderligere 112 anlæg. I 1970 var der stadig 48 aktive værker i Danmark. Det sidste kulgasværk blev lukket i 1983 med naturgassens indførelse.

Efter 10 års overvejelser indhentes et engelsk tilbud på opførelse af vandværk og gasværk for 4,4 mio kroner i København. Placeringen af Gasværket blev mellem det nuværende Halmtorv og Ingerslevgade, nu Kødbyen der dengang var Kalvebod strand. Opførelsen blev ledet af den yderst aktive Alex Aird der siden stod for blandt andet bygning af Nildæmningen ved Assuan i 1898-1902 med 20.000 mand. Kapaciteten på værket var 8.500 m³/døgn. Værket blev hurtigt for lille og udvidet over flere omgange til en kapacitet på 80.000 m³/døgn, men nedlagt i 1927. I 1878 blev Østre Gasværk taget i brug med en døgn kapacitet på 70.800 m³. I år 1900 anlagdes Sundby Gasværk og i 1909 kom Valby Gasværk. Belysningsvæsenets største kapacitet på

700.000 m³/døgn blev nået midt i 1950'erne.

Kulgas værker i central Europa har haft stor betydning for el-produktion gennem kolossale *kulgas-motor* el-værker.

Kulmonoxid - CO - en sammenblanding af det gamle danske ord Kul-ilte og udenlandsk Oxid. Se Carbonmonoxid og Kemi.

Kulstof - C - se Carbon

Kulsyre - forældet navn for *Carbondioxid* der opstod i begyndelse af 1800-tallet senere overtaget af *kultveilte*.

Kultveilte - CO₂ - se Carbondioxid.

Kvælstof - N - se *Nitrogen*

Kædesaven med Otto-motor har, siden den blev introduceret af tyskeren Andreas Stihl i 1926, undergået store forbedringer. Især vægten er reduceret. Siden 1976 er den faldet fra 3 kg/kW til nu 1,5 kg/kW motoreffekt, fordi de fleste helbredsproblemer hos skovarbejdere statistisk skyldes vægten af saven. Kun to-takt gnisttændingsmotorer opfylder kædesavens krav til lav vægt og beskedne mål. Disse småmotorers alvorlige ulempe er, at så meget som 20-30% benzin passerer igennem motoren uden at blive forbrændt. Typisk forbruget er omkring 1,5 liter/time. Motoren arbejder ved Lambda 0,8-0,9 eller meget fedt, hvilket giver lav NO_x emission, men ret høj CO og HC emission. Senest 1989 kom den første Stihl model 044 med oxidation katalysator baseret på en Platinbelagt metalfolie monolith med ialt 1200 kanaler, hvor wash-coatingen øger overfladen til 720 m². Vægtforøgelsen på 044 (3,8 kW - 70 cmc motor) er kun 350 gram, på 024/026 (2,6 kW) 180 gram, og kat'en kan eftermonteres. Placering af en katalysator på en kædesav er en vanskelig opgave. Udstødningen er 7 cm fra hænderne, der er utrolige vibrationer, og udstødningsgassen indeholder op til 4 kW varmeenergi. Stihl kat'en når derfor arbejdstemperaturer på 1.000°C, men udstødningsgas temperaturen sænkes til 350°C ved opblanding med motorens køleluft. Der sker en reduktion af HC med 70-80%, af Aldehyder med 90% og af CO med 0-20%, der ikke kan øges på grund af total mangel på Oxygen i udstødningsgassen. Konstruktionen tillader ikke plads til en *venturi* der ville ændre voldsomt på dette forhold.

Emissions niveau ved fuldlast	forbrug g/kW/t	CO %	HC %	Nox %
Stihl 044 uden katalysator	~475	1,5-8	1-1,5	<0,5
Stihl 044 med katalysator		1,5-6	0,2	<0,5

Svenske Husqvarna / Jonsered er sammen med Stihl verdens største producenter. Har lignende emissionsudslip og kan også leveres med to-vejs katalysator. Skov & Naturstyrelsen er den største enkeltejer i Danmark med omkring 300 maskiner. Salget af kædesave er 1996 ~19.000 i Danmark typisk med motorer i området 26-35 cm³. Disse er dog kun i mindre omfang forsynet med katalysator. Typisk brændstofforbrug for en professionel skovhugger ligger i området 750 liter om året. Levetid ~1.500 timer. Se desuden plæneklipper og buskrydder.

Beregnet udslip i Tyskland i 1982 i ton	1000 t CO	1000 t HC	ton NOx
Automobiler - Otto-motor	1.200	690	5.200.000
Kædesave, 15 x10 ⁶ liter benzin, 28 mil m ³ træ	3,6 - 4,5	1,5 - 3,8	2,5 - 4,5

FIGUR-Tekst- Brændstofforbruget er stærkt afhængig af maskinens vedligeholdelsestilstand og stiger voldsomt med faktor 8 gange større tryktab over indsugningsfilteret. Jonsered FIGUR

BLLED-tekst- En Jonsered

.....

Kølevandstemperatur på motorer med katalysator og/eller partikelfilter har overordentlig stor betydning for minimering af motorens emissionsudslip gennem maksimal arbejdstemperatur. Udstødningsgas temperaturen følger variationer i topstykke temperaturen hvorfor der bør arbejdes så tæt som muligt på 100°C. Se også Deutz motorer og forvarmning.

FIGUR-tekst- Sammenhæng på en Otto-motor mellem HC emission og forbrændingskammer overflade temperatur der er en funktion af kølevands temperatur.

Vand er let at arbejde med og indebærer ingen miljøproblemer, men Ford har i 1980'erne haft gode resultater med at benytte en Petroleum lignende væske som kølemiddel ved temperaturer op til 180°C. Syntetiske smøreolier er påkrævet og sætter i praksis også den øvre grænse for ved hvilken temperatur en keramisk motor kan arbejde..

Københavns Kommunes har i Magistratens 5. Afd, hvor Stadsingeniøren hører, 175 lastbiler over 6 ton og 1200 andre biler. De forbrugte i 1996 1,5 mio liter Letdiesel og 0,8 mio liter Benzin.