

HD 543

~~Blas~~ Arkivets

Yrkeshygienisk Institutt

HD 543

=====

FAREMOMENTER VED KJØRING MED  
FORBRENNINGSMOTOR UNDER DAG.

Sjefskjemiker Karl Wulfert.

=====

1963

HD 543

~~Blas~~ Arkivets

Yrkeshygienisk Institutt

HD 543

=====

FAREMOMENTER VED KJØRING MED  
FORBRENNINGSMOTOR UNDER DAG.

Sjefskjemiker Karl Wulfert.

=====

1963

enn i "rom med begrenset luftvolum". Det må dog advares mot å tro at det ved "outdoors"-arbeide skulle være behov for "kunstig ventilasjon".

Felles for alle forbrenningsmotorer (eksplosionsmotorer) er at det dannes store mengder forbrenningsgasser som vil forurense luften. Sammensetningen av denne såkalte ekshaust varierer meget betydelig hos de forskjellige forbrenningsmaskiner. Bensinmotor, dieselmotor, propangassmotor (LPG-Light Petrol Gas). Dessuten er ekshaustens sammensetning avhengig av vedk. motors belastning "Idling" (tomgang)- "Accelerating" (hastighetsøkning) - "Cruising" (brukskjøring)- "decelerating" (hastighetsreduksjon). Man er derfor nødt til å finne noen "middelverdier" for de forskjellige motortypers ekshaust-sammensetning. Disse tall kalles ofte i den amerikanske litteratur for "typical values".

Ekshaustmengden for bensinmotorer og for propangassmotorer ligger på ca. 0.5 L ekshaustgas/sek per HK (d.v.s. 30 L/min per HK). Etter en opplysning fra VW-Werke gjelder denne verdi bare i område for "hohe Nutzdrucke". Ved oppstartning til ut- og innkjøring f.eks. fra en brygge til en bilferje må det regnes med 60-80 L/min/HK.

Hos dieselmaskiner regnes omlag 1 L/ekshaust/sek. per HK, altså 60 l ekshaust/min per HK. Ekshaustmengden beregnet som "tørr ekshaust" og for + 20° C, svarer nokså nøyaktig til det s.k. "luftbehov" hos angjeldende motortype. Nevnte tall nyttes som beregningsgrunnlaget når man skal vurdere den nødvendige mengde fortynningsluft. Denne beregning baseres da på ekshaustens konsentrasjon av helseskadelige bestanddeler samt på disse stoffer "yrkeshygieniske terskelverdier".

Om disse "yrkeshygieniske terskelverdier" (Threshold Limit Values) sier komiteen (A.C.I.H.- USA)

"They represent conditions under which it is believed that nearly all workers may be repeatedly exposed, day after day, without adverse effects". Definisjonen gjelder dog bare under den forutsetning at luften bare er forurenset med en substans ad gangen. Ved samtidig forurensning med flere stoffer kan de angitte terskelverdier ikke anvendes uten videre. Man må her foreløpig vurdere hver aktuell situasjon for seg og man bedes alltid i slike tilfelle henvende seg til Yrkeshygienisk Institutt for nærmere vurdering av problemet.

For ekshaustens vedkommende anbefales det å addere de for hver enkel helseskadelige bestanddel nødvendige mengder fortynningsluft for derved å få det nødvendige totale fortynningskvantum friskluft (se bl.a. "Dieselstapler in Hallen- notwendiger Luftstrom", Hans Koch, Arbeitschutz 2/1962, p.38-39).

Bakgrunnen for denne fremgangsmåte er bl.a. det forhold at de enkelte helsefarlige bestanddeler i ekshaust har forskjellige angrepspunkter i organismen. Kulloksyd f.eks. bindes av blodets oksyhemoglobin under dannelse av kulloksydhemoglobin, mens nitrose gasser er en utpreget lungegift og svoveldioksyd ( $SO_2$ ) påvirker resp. irriterer bronchiene og lungene.

I det her nevnte arbeide av Hans Koch "angis" en tilnærmet brukbar formel ("Faustregel") for beregning av "friskluftbehovet" hos Dieselmotorer. (Friskluftbehov - nødvendig fortynningsluft).

$$\text{Friskluftbehov (Q)} = (2000 + 200 Y) \text{ m}^3/\text{h.}$$

Y = motorydelse i HK. Formelen gjelder i område 15 HK-120 HK.

Formelen bygger på en ekshaustmengde av 60 l/min/HK og en "terskelverdi" av 100 ppm ( $100 \text{ cm}^3 \text{ gass}/\text{m}^3 \text{ luft}$ ) for kulloksyd. I Norge og Sverige nyttes en terskelverdi på 60 ppm, hvilket medfører at de angitte verdier blir noe for lav. Ellers sier forfatteren:

"Ved stadig kjøring med full belastning må det regnes med omlag  $2 Q$ ". H. Koch refererer f.øvrig hovedsaklig tall fra Pattle, Strech et soc. i Ministry og Supply Chemical Defense Experim. Establishment, Porton, Wils, gjengitt i British Journal og Industrial Medicine, 195, p.47 ff (se ellers: vedlagte tabell).

Ved hjelp av formelen finnes et friskluftbehov ( $Q$ ) på  $5000 \text{ m}^3/\text{h}$  per 15 HK og  $26000 \text{ m}^3/\text{h}$  per 120 HK, hvilket ville gi  $5.5 \text{ m}^3/\text{min}$ . per 1 HK resp.  $3.6 \text{ m}^3/\text{min}$ . per 1 HK. Ved "stadig kjøring med full last" blir det et friskluftbehov av  $2 Q = 11 \text{ m}^3/\text{min}$  per HK resp  $7.2 \text{ m}^3/\text{min}$  per HK.

De i tidligere publikasjoner (bl.a. i "Ventilasjonsanlegg for Tunneller"- Publikasjon nr. 2, 1952) angitte friskluftkvantum" på  $2.22 \text{ m}^3/\text{min}$  per HK er uten tvil altfor lavt, et forhold som Yrkeshygienisk Institutt har gjort merksam på i "Faremomenter ved bruk av bensin-, diesel, og propangassdrevne trucks". (K.Wulfert, 1959, "Vern & Velferd", 1960, ny utgave 1962, p.13). P.g.a. den siden 1954 nyttede terskelverdi for nitrose gasser = 5 ppm var man kommet til et "friskluftbehov" på  $10.35 \text{ m}^3/\text{min}$  per HK. Dette tall fremkommer ved å summere de for kulloksyd, nitrose gasser og kulldioksyd (kullsyre) nødvendige mengder fortynningsluft "Terskelverdier" for disse gasser er ikke blitt forandret siden 1954, men man har i Norge en del år tilbake gått over til å bruke en "Terskelverdi" av  $60 \text{ ppm}^*$  for kulloksyd (100 ppm i USA) og denne verdi er blitt brukt for beregningen av fortynningsluften til kulloksyd. Man må ha lov til å si at det er en ganske bra overenstemmelse mellom vår beregning av 1959 og H.Koch's tall fra 1962.

Svovelmengden i dieseldrivstoff til biler, traktorer o.l. ligger idag i område 0.3 % til maksimalt 0.5 % svovel, "typical" er 0.4 % svovel. Det finnes dessuten visse spesialtyper med lavere svovelskonsentra-

50 ppm kulln 1957

sjoner. Svoveldioksydkonsentrasjonen i dieseleks-  
haust er ikke helt ubetydelig (se tabell 3 b - 2),  
men vil ved tilføring av de rette friskluftkvanta  
ikke spille noen rolle helsemessig.

Sammensetningen av ekshaust.

Rent prinsipielt vil man kunne finne følgende be-  
standdeler i forbrenningsmotorekshaust:

Tabell 1.

Bestanddeler, påvist i motorekshaust fra forbrennings-  
motorer.

---

1) Vanndamp	formel	H <sub>2</sub> O
2) Nitrogen ("kvelstoff")	"	N <sub>2</sub>
3) Oksygen ("surstoff")	"	O <sub>2</sub>
4) Kullsyre	"	CO <sub>2</sub>
5) Kulloksyd	"	CO
6) Hydrogen ("vannstoff")	"	H <sub>2</sub>
7) Svoveloksyder	"	SO <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>
8) Nitrogenoksyder ("nitrose gasser")	NO, NO <sub>2</sub>	
9) Aldehyder, f.eks. formaldehyd	"	CHOH
10) Org. syrer, f.eks. maursyre	"	CHOOH
11) Alkohol, f.eks. metanol	"	CH <sub>3</sub> OH
12) Hydrokarbonader (kullvannstoffer)	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	
13) Sot, impregnert med 3.4-Benzpyren		
14) Meget små mengder blyholdige substanser.		

Tabell 2.

Ydelse	Nødvendig luftmengde i m <sup>3</sup> /h til fortynning av:				
	HK	Kullsyre	Kulloks.	Nitr.gasser	Formaldehyd
21	1560	1083	3120	130	5893
34	2400	1167	4800	200	8567
22	1680	1167	3360	140	6347
34	2400	1667	4800	200	9067
31.5	2520	1750	5040	210	9520
40	2760	1916	5520	230	10426
30	2280	1583	4560	190	8613
57	3480	2416	6960	290	13146
50	3480	2416	6960	290	13146
57	4080	2833	8160	340	15413
45	3360	2333	6720	280	12693
57	3600	2500	7200	300	13600
45	3360	2333	6720	280	12693
55	4080	2833	8160	340	15413
120	7440	5166	14880	620	28106

  

Ydelse = Nennlei- stung	Terskel- verdi = 5000 ppm	Terskel- verdi = 60 ppm	Terskel- verdi = 5 ppm	Terskel- verdi = 5 ppm	m <sup>3</sup> /h.
-------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------------	--------------------

Det er ikke tatt hensyn til ekshaustens eventuelle svoveldioksydgehalt. Verdiene for kulloksyd er omregnet svarende til den skandinaviske terskelverdi av 60 ppm.

Ekshaustens sammensetning: Kullsyre - 12 vol.%, kulloksyd - 0.1 vol.%, nitrose gasser - 250 ppm. 0.0250 vol.% Aldehyder (som formaldehyd) - 10 ppm. 0.0010 vol.%

Den beregnede "total-mengde" friskluft må multipliseres med 2, så snart det regnes med "full-last" i det meste av arbeidstiden.

Svoveloksydene (fortrinsvis svoveldioksyd), nitrogenoksydene, aldehydene og forskjellige hydrogenkarboner ("kullvannstoffer") har en skarp lukt og det er disse stoffer som er ansvarlig for den typiske ekshaustluk, spesielt hos Dieselmaskiner. Propangassmotorer derimot produserer en ekshaust som har så lite lukt at ekshausten fra slike maskiner ikke vil påføre ømfindtlige matvarer (frukt, kjøtt, fisk, smør etc.) smakskader. Dette sammen med de forholdsvis små kulloksydkonsentrasjoner i ekshausten fra propan-motorer er grunnen til at slike enheter nyttes i kjølelagre og matvarelagre hvor man av flere grunner må klare seg uten ventilasjon av betydning.

Yrkeshygienisk interesserer først og fremst konsentrasjonen av kullsyre, kulloksyd, nitrose gasser og svoveloksyder samt "aldehyder". Dertil kommer sot, resp. det i de forskjellige ekshausttyper (bensin og diesel) påviste 3.4-Benzpyren, en substans som dannes under forbrenningen sammen med noen andre såkalte polycykliske (eventuelt også kreftfremkallende) hydrokarboner. Substansen fremkaller kreft hos mus, hvorvidt det i soten absorberte 3.4-Benzpyren kan fremkalle kreft hos mennesket er ikke helt klarlagt i dette tilfelle. Det hevdes at man ved applikasjon av denne sot på hud hos mus ikke kan fremkalle kreft med mindre man samtidig bruker stoffer som kan løse 3.4-Benzpyren, f.eks. fett e.l. under påpenslingen. Sålenge disse forhold ikke er helt klarlagt må man regne med det tilstedeværende 3.4-Benzpyren som et faremoment og det må tas alle skritt for å holde sotutviklingen nede på det mulige minimum, både hos bensin- og dieselmotorer. (Ekshaust hos propangassmotorene synes ikke å ha blitt undersøkt med henblikk på 3.4-Benzpyren o.l.)

Både fordi det nyttes endel bensinmotordrevne kjøretøyer i tunneler og for å vise forskjellen i sammensetningen av bensin- og dieselekshaust, skal man i tabell 3 gi en oversikt over disse to typer ekshaust.

Tabell 3 a.

Kvantitativ sammensetning av ekshaust.

Bensinmotor (VW), meddelt 1962 (desember)pr.brev.

	Kulloksyd %	Kullsyre %	Vanndamp
Tongang	7 - 9	6.5 - 8	7 - 9
Full last	0.2 - 1.4	12 - 13	10 - 11

Tabell 3 b - 1

Etter: Exhaust Gases from Motor Vehicles.

Royal Society of Health Journal. Vol.76 No.10  
Oct.1956, by Fitton, Arnold.

Bensinmotor

Bestanddel	Max %	Min.%	Typical %	ppm for "Typical"
Kulloksyd	13.5	0	4.0	40000
Kullsyre	15	2.7	9.0	90000
Oksygen	17.4	0	4.0	40000
Hydrogen	5.8	0	2.0	20000
Hydrokarboner	4.0	nil	0.5	5000
Aldehyder	0.03	"	0.004	40
Nitrogenoksyd	0.20	"	0.06	600
Svoveloksyder	0.008	"	0.006	60

Tabell 3 b - 2  
Dieselmotorer.

Bestanddel	Max %	Min %	Typical %	ppm for typical	Terskel- verdien
Kulloksyd	7.6	nil	0.1	1000	60
Kullsyre	13.8	0.7	9.0	90000	5000
Oksygen	20	0.5	9.0	90000	-
Hydrogen	2.6	nil	0.03	300	-
Hydrokarboner	0.5	"	0.02	200	?
Aldehyder	0.0037	"	0.002	20	5
Nitrogenoksyder	0.15	"	0.04	400	5
svoveloksyder	0.03	0.01	0.02	200	5

Bruk av bensinmotorenheter i "confined spaces" ansees for så lite ønskelig at slike motorer bare tillates brukt i ganske spesielle tilfelle f.eks. i jernstøperier hvor det av yrkeshygieniske grunner alltid må kreves en maksimal effektiv ventilasjon av hensyn til kulloksyddannelsen under støpningen. Bruk av dieselmotorer, "innendørs" forutsetter likeledes meget effektivt ventilasjonsutstyr.

Fremdeles er det mange som tror å vite at "dieselekshaust" ikke er farlig fordi det ikke finnes kulloksyde. En sammenligning av de forskjellige bestanddeler konsentrasjoner i foranstående tabell med de samtidig angitte terskelverdier viser hvor feilaktig ideen om den "ufarlige dieselekshaust" er.

Dieselekshaust er på sin måte like farlig som bensinmotor-ekshaust. Dieselmotor kan ikke tillates brukt med mindre det finnes meget effektive avsugnings-resp. utluftningsanlegg i nær tilknytning til arbeidsplassen.

Tabellen viser sterke differanser for Max- og Minima-verdier. Samme publikasjon inneholder også en oversikt over konsentrasjonssvingninger p.g.a. skiftende motorbelastning.

Tabell 4 a.

Bensinmotorer / 4 motorer A-B-C-D.

Bestanddel	Idling	Accelerating	Cruising	Decelerating
Kulloksyd	13.8%	2.8 %	5.1 %	4.8
"	11.2"	2.2 "	2.4 %	6.3
"	10.1"	3.9 "	2.7 %	5.5
"	5.7"	4.7 "	3.0 %	2.7
Hydrokarboner	0.98 %	0.20 %	0.05 %	2.64
"	0.30 "	0.05 "	-	1.84
"	0.16	0.04 "	0.02	0.54
"	0.67 "	0.34 "	0.32	0.68
Nitrogenoksyder	45 ppm	1.430 ppm	314 ppm	12 ppm
"	15 "	1.940 "	740 "	12 "
"	38 "	670 "	906 "	30 "
"	-	-	-	-
Formaldehyd	72 ppm	28 ppm	1 ppm	244 ppm
"	12 "	13 "	15 "	303 "
"	5 "	16 "	6 "	312 "
"	-	-	-	-

Originalarbeidet meddeler ikke hvorvidt " - " betyr at analysen ikke er foretatt, eller om resultatet var negativt. Sannsynligvis er "D" ikke undersøkt med henblikk på "nitrose gasser" og "formaldehyd".

Tabell 4 b.

Dieselmotorer / 3 maskiner: A-B-C.

Bestanddel	Idling	Accelerating	Cruising	Decelerating	ppm
Kulloksyd	0.0 % <sup>x)</sup>	0.0 %	0.0 %	0.0 %	A -
"	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.0 %	B 100
"	0.0 %	0.05%	0.0 %	0.0 %	C 50
Hydro-karboner	0.047 %	0.018 %	0.013%	0.061 %	A
"	0.017 "	0.023 %	0.000%	0.000 %	B
"	0.055 "	0.021 %	0.015%	0.038 %	C
Nitrogenoksyder	60 ppm	827 ppm	310 ppm	40 ppm	A
"	50 "	863 "	224 "	42 "	B
"	68 "	856 "	178 "	9 "	C
Formaldehyd	4 ppm	7 ppm	4 ppm	7 ppm	A
"	14 "	6 "	19 "	10 "	B
"	17 "	37 "	9 "	70 "	C

x)

P.g.a. den anvendte analysemetode skal de med 0.0 % anførte verdier oppfattes som " probably being between, say 0 and c (nedre grense for Orsat-apparat er 0.1 % CO ).

-----

Det er nu kanskje på sin plass å nevne et forhold som meget ofte gir anledning til klager under kjøring med diesel, nemlig den til sine tider utrolige utvikling av svart (og selvsagt illeluktende) ekshaust. Denne svarte ekshaust er ikke bare stygg å se, den representerer også et meget betydelig faremoment p.g.a. sin store rikdom av diverse, eventuelt kreftfremkallende hydrokarboner (kullvannstoff) som delvis spredes som " aerosoler" (fine veskedråper) og delvis fiksert til sotpartiklene. (Hos bensinmotorene finnes de samme hydrokarboner fortrinnsvis som "aerosol".) Det er meget sjeldent at bensinmotorer osrer like voldsomt som dieselmotorer, hvor svart-ekshausten nærmest synes å være regelen. Det verste er dog at denne

svarte ekshausten som er et umisskjendelig signal på at maskinen ikke arbeider korrekt, representerer et signal som hverken sjåføren eller bileieren synes å reagere på.

Det finnes mange dieselmaskiner som ikke er riktig justert. Amerikansk faglitteratur påpeker bl.a. at dieselmotorer må justeres i forhold til høyden over havet (luftfortynning). Ennvidere vil en dieselmotor som får tilført kullsyreholdig luft kunne danne meget betydelige mengder kulloksyd slik at ekshausten i så hen- seende kan minne om bensinekshaust. Denne økning i kulloksydkonsentrasjon angis å begynne ved en kullsyre- gehalt på 1 % i friskluften.

De "yrkeshygieniske terskelverdier" for de viktigste bestanddeler i ekshaust er blitt omtalt respektive gjen- gitt i en del tabeller sammen med forskjellige andre verdier. I tabell 5 gjengis disse verdier i samlet for-

Tabell 5.

Navn	ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkning ved innånding av store konsentra- sjoner.
Kulloksyd <sup>1)</sup>	5000	9000	Kvelning, bevisstløs
Kulloksyd	60	110	Bevisstløshet-dødelig
Nitrose gasser <sup>2)</sup>	5	9	Lungeskdder-dødelig
Formaldehyd	5	6	" "
Svovelsyrling <sup>3)</sup>	5	13	Bronkialkramper mm. dødelig

1) = kullsyre ppm = cm<sup>3</sup>gass/m<sup>3</sup>

2) = som nitrogendioksyd = NO<sub>2</sub>

3) eller svoveldioksyd = SO<sub>2</sub>

Spørsmålet vedr. overskridelsen av de "yrkeshygi- eniske terskelverdier" har ofte blitt reist i forbindelse med sikkerheten på arbeidsplassene. Spørsmålet kan ikke besvares generelt. Her spiller nemlig så mange faktorer

inn hos hver eneste substans, at man hver gang må vurdere angjeldende situasjon for seg. Det må da tas hensyn til hyppigheten av slike overskridelser, deres varighet og selve "størrelsen" av overskridelsen. Bl.a. vil den s.k. "terskelbredde" ("Schwellenbreite") altså området mellom den "yrkeshygieniske terskelverdi og konsentrasjonen som fremkaller "forgiftningssymptomer" etter en bestemt eksposisjonstid spiller en avgjørende rolle. Selvsagt blir disse forhold ytterligere komplisert når luften er forurenet ved flere potensielt farlige stoffer. Det ~~er~~<sup>er</sup> derfor å gjøre alt for å unngå selv kortvarige overeksposisjoner. "I.C.I." (England) har laget en tabellarisk oversikt over risikomomentene ved "overeksponeringer" hos en del substanser. Se tabell 6.

Tabell 6.

Verdiene tatt fra "Toxic Concentration of Various Gases, Dusts and Metals in the Atmosphere".

I.C.I. - Industrial Hygiene Research Laboratories, -2. edition 1958. - The Frythe, Welwyn, Herts.

Navn	I	II	III	Anm
Kulldioksyd	30000 ppm i 60 min	10000ppm	5000	-
Kulloksyd	400 " " 60 "	100 "	60	50ppm I.C.
"Nitrose gasser"	100 " " 1 "	30 "	5ppm	-
Svoveldioksyd	200 " " 1 "	20 "	5 "	-
Formaldehyd	100 " " 1 "	30 "	5 "	-

I = concentrations giving severe toxic effects when persons are exposed to them for the stated time.

II = concentrations giving symptoms of illness when persons are exposed to them for a short time.

III = Yrkeshygienisk terskelverdi.

Det har ikke manglet på forsøk å få dieselekshaust und betryggende yrkeshygienisk kontroll. Bureau of Mines (USA) krevet i sin tid en friskluftinnblanding i eks-haustroret som reduserte nitrogenoksydkonsentrasjonen

til 25 ppm ("terskelverdi" inntil 1954). Om det etter 1954 er gitt tilsvarende påbud for å redusere til 5 ppm kan fordragsholderen ikke uttale seg om. Andre forslag og endog direkte krav har gått ut på å vaske dieselseleksthausen ut i påmonterte "schrubber" med vann eller vann tilsatt natriumbisulfitt + hydrokinon o.l., for å fjerne formaldehyd resp. aldehydene. Disse "schrubber" må vannavkjøles, ellers svikter deres absorpsjonsevne (spesielt hvis de bare er fylt med vann). "Vasken" må ofte skiftes, rørledningene kan tettes til p.g.a. utfeldte adsorbater osv.

Etterforbrenningen (katalytisk forbrenning over platina eller lign. preparater) vil fjerne kulloksyd, og vel også "aldehyder". En annen sak er etterforbrenning som tar sikte på å brenne bort "halvforbrent olje", sot, m.m. Men disse "Oxy-Catalytter" er ikke alltid driftsikre. Ingen etterforbrenning kan fjerne "nitrose gasser".

Under disse forhold er det bare 3 tiltak som kan gi den nødvendige beskyttelse på arbeidsplassen:

- 1) En maksimal effektiv og omfattende ventilasjon som er plassert slik at angjeldende område til enhver tid "spyles" rent med friskluft.
- 2) Dieselmaskiner som tilfredsstillter alle krav med hensyn til justering og vedlikehold. Foredragsholderen har dessverre ikke fått det inntrykk at slik justering ved fagfolk samt korrekt vedlikehold har fått den plass i sikkerhetsarbeidet som er påkrevet.
- 3) En plassering av ekshaustrøret som letter "utspylingen" av område med friskluft og som samtidig beskytter kjøreren og omgivelsen mot å få blåst ekshausten rett mot seg. Etter erfaringer på finske landeveier synes en vertikal føring av ekshaustrøret å by på fordeler. Om denne fremgangsmåten vil kunne være like effektiv i tunnel og "under dag" ellers, kan foredragsholderen ikke uttale seg om, idet han bare har sett fremgangsmåten i bruk på finske

landeveier, altså - "oppe i dagen".

Avsluttende bør det henvises til at "service"-ydelsen fra dieselmotorleverandørene vil kunne spille en langt større rolle i bekjempelsen av dieselekshausten og dens skadevirkning enn tilfelle er i dag.

**Fjellsprengningskurs 1963.**