

(19) DANMARK



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(12) PATENTSKRIFT

(11) 167652 B1

(21) Patentansøgning nr.: 4240/88

(51) Int.Cl.5

A 62 D 1/02

(22) Indleveringsdag: 29 jul 1988

(41) Alm. tilgængelig: 01 feb 1989

(45) Patentets meddelelse bkg. den: 06 dec 1993

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 31 jul 1987 US 080507

(73) Patenthaver: *Air Products and Chemicals, Inc.; P.O. Box 538; Allentown; PA 18105, US

(72) Opfinder: Joseph Germano *Santangelo; US, Christian James *Lambertsen; US

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Fremgangsmåde til slukning af ild i et afgrænset luftfyldt område

(56) Fremdragne publikationer

FR patent nr. 711202

US patent nr. 2641323, 3438445

(57) Sammendrag:

4240 - 88

Fremgangsmåde, hvorved man på sikker måde forhindrer og kontrollerer og/eller slukker brande i afgrænsede områder uden skade på tilstedeværende udstyr eller tab af kapacitet for personer, tab af bevidsthed for personer eller en væsentlig reduktion i opmærksomhed hos personer, der befinder sig i det afgrænsede område, hvorved man indfører carbondioxid og en anden inert gas, f.eks. nitrogen eller helium til det afgrænsede område, hvorved man formindsker oxygenindholdet til en koncentration i området 8-15 vol% og forøger carbondioxidindholdet af det afgrænsede område til en mængde i området 2-5 vol%. Kombinationen af reduceret oxygenkoncentration og forøget carbondioxidkoncentration i det afgrænsede luftfyldte rum vil samlet opretholde liv hos pattedyr, især opretholde bevidsthed og overvågenhed, men ikke opretholde, kort og godt, slukke, flammer.

DK 167652 B1

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til slukning af ild i et afgrænset luftfyldt område, hvorved man i det afgrænsede område indfører en slukkende gas, der omfatter carbondioxid og en inert gas, til nedsættelse af oxygenindholdet i det afgrænsede område til en koncentration på 8-15 vol%, således at luftsammensætningen i det afgrænsede område ikke støtter forbrænding, men imidlertid stadig muliggør opretholdelse af liv hos pattedyr, især mennesker.

Problemet med bekæmpelse eller slukning af ild i et afgrænset område er, at der sædvanligvis frigives giftige forbrændingsprodukter, der kan beskadige eller dræbe levende væsener. Den oxygen, der ved ildens begyndelse findes i det afgrænsede område, vil dels blive forbrugt af ilden og dels blive flyttet af de dannede gasser, hvorved der opstår et lavere oxygenindhold i det afgrænsede område, hvilket kan føre til bevidstløshed og død for levende væsener, der findes i området. Varme gasser og flammer fra ilden trænger også ind i luftkanaler og hulrum under gulvet, hvorved ilden udbredes og de giftige og brændbare gasser spredes langt fra det oprindelige aflukkede område. Som beskrevet ovenfor løser de fleste kendte fremgangsmåder til bekæmpelse af ild kun en del af problemet, men ikke hele problemet. Man må f.eks. føre vand direkte til ilden, men vand kan ikke følge ilden i luftkanaler eller i hulrum under gulvet. Som følge af vand kan der også dannes yderligere giftige gasser, og vand kan ikke bekæmpe de gasser, der er blevet frigivet; derudover kan vand beskadige tilstedeværende udstyr, især elektronik og computerudstyr. Sædvanlige brandbekæmpende systemer med carbondioxid, dvs. 100% CO₂, kræver groft taget, at 35-75% af oxygen i arealet skal fjernes, før ilden går ud. Imidlertid er carbondioxid livsdræbende under sådanne betingelser. Fluorerede carbonhydrider (haloner), som engang blev regnet for sikre, regnes nu

for farlige. Sådanne nedbrydes sædvanligvis ved påvirkning af ild og frembringer giftige koncentrationer af gasformige biprodukter på kort tid. Frembringelsen af giftige biprodukter på gasform begynder, så snart halonerne kommer i kontakt med ilden. Den tid der går, før der produceres en toksisk koncentration, afhænger af styrken af ilden. Derudover er haloner meget kostbare og kan kun benyttes i specielle situationer. Slukning af ild, hvor man benytter indførsel af nitrogen under tryk, kan kun benyttes i forseglede områder. En effektiv anvendelse af fremgangsmåden kræver, at der opretholdes et overtryk i det afgrænsede område.

Kendt teknik giver mange løsninger til problemet med slukning af ild i afgrænsede områder hvor levende dyr, især levende mennesker, opholder sig. Disse løsninger baserer sig i det væsentlige på at frembringe en atmosfære, der er beboelig, men undertrykker forbrænding i det afgrænsede område.

I US patentskrift nr. 3.715.438 beskrives en beboelig atmosfære, der ikke understøtter forbrænding af brændbart materiale, der ikke selv understøtter sin egen forbrænding, og som kan opretholde dyreliv; bestående i det væsentlige af luft, en perfluoralkan udvalgt blandt carbontetrafluorid, hexafluorethan, octafluorpropan og blandinger deraf, og dertil oxygen i en andel fra ca. 0 til den mængde, der er nødvendig til sammen med oxygen til stede i luften at tilvejebringe en tilstrækkelig mængde total oxygen til opretholdelse af dyreliv. Perfluoralkanen skal findes i en andel, så atmosfæren får en varmekapacitet pr. mol total oxygen, der er tilstrækkelig til at undertrykke forbrænding af de brændbare materialer, der findes i det afgrænsede område, der indeholder atmosfæren. I patentskriftet beskrives også en fremgangsmåde til at forhindre og kontrollere ild i et kombineret område, der indeholder luft, idet området stadig skal være beboeligt for pat-

tedyr, hvorved man i luften indfører carbontetrafluorid, hexafluorethan, octafluorpropan eller blandinger deraf i en mængde, der er tilstrækkelig til at tilvejebringe en varmekapacitet pr. mol total oxygen, der er
5 tilstrækkelig til at undertrykke forbrænding af brændbart materiale, der findes i området, og derudover eventuelt at indføre oxygen efter behov, så der sammen med oxygen til stede i luften vil være tilstrækkelig med oxygen til at opretholde liv for pattedyr.

10 I US patentskrift nr. 3.840.667 beskrives en oxygenholdig atmosfære, der ikke vil understøtte forbrænding, men vil understøtte opretholdelse af liv. Den oxygenholdige atmosfære omfatter en blanding af tilstrækkelig oxygen til understøttelse af liv for pat-
15 tedyr; en inert, stabil polyatomisk gas (en perfluoralkan) med høj varmekapacitet i en andel, der giver den oxygenholdige atmosfære en total varmekapacitet pr. mol oxygen på i det mindste 40 kalorier pr. °C målt ved 25°C og konstant tryk, og helium i en andel på fra ca.
20 5% og op til, hvad der mangler i 100%. Alle procentangivelser er i mol%. I patentet angives, at den beskrevne atmosfære er nyttig til opretholdelse af liv fra pattedyr i et hvilket som helst lukket system, hvor der kunne være risiko for ild.

25 I US patentskrift nr. 3.893.514 beskrives et system og en fremgangsmåde, hvorved man under tryk sætter nitrogen til et afgrænset område, hvor der findes en beboelig atmosfære, til undertrykkelse af ild uden skadelig virkning på mennesker, der befinder sig i det om-
30 råde, hvori ilden undertrykkes. Når man sætter nitrogen til det afgrænsede område, vil partialtrykket af oxygen forblive uændret til opretholdelse af liv, hvis det er nødvendigt, hvorimod rumfangsprocenten af oxygen ned-
sættes til en værdi, der ikke er tilstrækkelig til at
35 understøtte forbrænding af brændende genstande. Af denne grund opretholdes liv, hvorimod ild undertrykkes

uden skadelig virkning på mennesker.

Endelig beskriver US patentskrift nr. 3.438.445 en fremgangsmåde til slukning af ild i et afgrænset område, hvorved man i området indfører en atmosfære med
5 et nedsat, ikke forbrændingsnærende, men stadig livsopretholdende oxygenindhold fremstillet ud fra forbrændingsgas, nemlig CO_2 og O_2 , hvori man indfører N_2 . Indførsel af en sådan atmosfære i det lukkede område vil dog ikke hæve koncentrationen af CO_2 heri til 2-5 vol%.

10 Andre fremgangsmåder og gasser til slukning af ildebrande ses i det følgende:

I US patentskrift nr. 1.926.396 beskrives en fremgangsmåde til standsning eller slukning af en brand, hvorved man i atmosfæren i omegnen af flammerne
15 indfører et halogenderivat af et carbonhydridfluorid, f.eks. dichlordifluormethan.

I US patentskrift nr. 3.486.562 beskrives et apparat til påvisning og slukning af en brand i et afgrænset område. Når en forud valgt temperatur nås i det
20 afgrænsede område, vil en varmekøler aktivere anordninger til fjernelse af indholdet af gasser i det afgrænsede område til en akkumulator, der er ved et meget lavere tryk end det afgrænsede område. Samtidig tilvejebringes indretninger til standsning af tilførsel af
25 luft og energi til det afgrænsede område, idet samtidig nitrogen indføres til det afgrænsede område i stedet for de fjernede gasser.

I US patentskrift nr. 3.822.207 beskrives en sammensætning til bekæmpelse af ild. Chlorpentafluoret-
30 han er et alment anvendeligt middel til slukning af brande med lav toksicitet. Man kan ved at blande det med andre halogenerede alkaner, især bromchlordifluormethan og bromtrifluormethan fremstille meget effektive slukkende blandinger med lave koncentrationer i ned-
35 brydningsprodukter til anvendelse mod ild i flydende brændstoffer.

I US patent nr. 3.844.354 beskrives også chlorpentafluorethan som et effektivt og økonomisk slukningsmiddel til systemer, der kan oversvømmes helt.

I US patentskrift nr. 2.641.323 angives en sluk-
5 kegas med et væsentligt indhold af CO₂ og He, eksempelvis 50% CO₂/50% He.

Endelig angiver fransk patentskrift nr. 711.202 en oxygenfattig forbrændingsgas (i det væsentlige 80% N₂ og 20% CO₂) som slukkegas til indførelse i det af-
10 grænsede område. Koncentrationen af CO₂ her vil imidlertid nå et giftigt niveau.

Som det kan ses i ovennævnte, behandler de givne løsninger på problemet ikke direkte de mange problemer i forbindelse med brande i mange aflukkede områder,
15 hvor mennesker kan være til stede. Løsningerne ses på halvdelen af problemet, nemlig slukningen af ilden. På den anden side giver de ikke muligheder for at slukke brande med mindst mulig risiko for menneskeliv. Især løser de ikke problemet, hvordan både bevidsthed og
20 åndsnærværelse kan opretholdes, så de involverede personer kan undslippe ilden.

Man har som ovenfor nævnt opdaget, at man kan indføre carbondioxid og en anden inert gas, der ikke under påvirkning af ild vil nedbrydes under dannelse af
25 giftige biprodukter, i et afgrænset område til slukning af flammer der findes her. Denne slukning er forårsaget af, at koncentrationen af oxygen i atmosfæren i det afgrænsede område er blevet mindre. Fordelen ved en forhøjet koncentration af carbondioxid sammen med en lave-
30 re koncentration af oxygen er, at den forøgede koncentration af carbondioxid i atmosfæren i det afgrænsede område ophjælper en forøget blodgennemstrømning i hjernen og en bedre oxygentilførsel til hjernen hos mennesker, der findes i det afgrænsede område. Ved denne fo-
35 røgede blodgennemstrømning og oxygenering opnås en fortsat bevidsthed og sandsynligvis en bedre åndsnær-

værelse.

I overensstemmelse hermed er fremgangsmåden ifølge opfindelsen ejendommelig ved, at man benytter en slukkende gas med et tilstrækkeligt carbondioxidindhold
5 til, at carbondioxidindholdet i det afgrænsede område efter indførelse af den slukkende gas i det afgrænsede område forøges til en koncentration på 2-5 vol%, hvilken koncentration vil forøge blodgennemstrømning af hjernen og oxygentilførsel til hjernen, og derved op-
10 retholde bevidsthed uden fremkaldelse af inhabiliterende dyspnø.

Mere detaljeret indfører man i det afgrænsede rum en effektiv mængde af en slukkende gas, der omfatter carbondioxid og en anden inert gas, der ikke i sig
15 selv er giftig eller ved forbrændingstemperaturer vil nedbrydes til frembringelse af giftige gasser, f.eks. nitrogen eller helium, hvorved oxygenindholdet af det lukkede rum nedsættes fra den oprindelige værdi bestemt af omgivelserne til en værdi, der ikke understøtter
20 forbrænding, men imidlertid understøtter liv, som nævnt 8-15 vol% oxygen og foretrukket 10-12 vol% oxygen, og forøger indholdet af carbondioxid i det afgrænsede rum fra den oprindelige værdi bestemt af omgivelserne til en mængde, nemlig 2-5 vol%, der forøger blodgennem-
25 strømning af hjernen og oxygentilførsel til hjernen, og derved opretholder bevidsthed uden fremkaldelse af inhabiliterende dyspnø. Den slukkende gas ifølge opfindelsen kan yderligere omfatte en polyatomisk gas med en høj varmekapacitet.

30 På tegningen viser

Figur 1 et diagram over det eksperimentelle udstyr benyttet i den første serie af eksperimenter, der demonstrerer både slukning af ild og den vedvarende bevidsthed hos laboratoriedyr;

35 Figur 2 et diagram, der viser den procentdel af laboratorierotter, der stadig går før de tumler, som

funktionen af tiden for atmosfærer, der indeholder forskellige koncentrationer af oxygen og ingen carbon-dioxid;

Figur 3 en afbildning, der viser procentdelen af
5 rotter, der bliver ved med at gå, før de på ukoordineret måde tumler, som funktionen af tiden for atmosfærer, der indeholder 10% oxygen og enten 0 eller 5% carbondioxid;

Figur 4 et diagram, der illustrerer procentdelen
10 af rotter, der bliver ved med at gå, før de tumler, som funktionen af tiden for atmosfærer, der indeholder 8% oxygen og enten 0% eller 5% carbondioxid;

Figur 5 en afbildning der viser procentdelen af
rotter, der bliver ved med at gå før de tumler, som
15 funktion af tiden for atmosfærer, der indeholder 5% oxygen og enten 0% eller 5% carbondioxid;

Figur 6 et diagram over kammeret med trædemølle benyttet i eksempel 2;

Figur 7 et skematisk diagram over den eksperimen-
20 teltelle opstilling i eksempel 2;

Figur 8 en afbildning der viser procentdelen af
rotter, der bliver ved at gå, før de går uregelmæssigt, som funktionen af tiden for atmosfærer der indeholder 8% oxygen og et carbondioxidindhold på enten 9%, 5% el-
25 ler 10 vol%;

Figur 9 en figur, der viser procentdelen af rotter der bliver ved med at gå før de går uregelmæssigt, som funktion af tiden for atmosfærer der indeholder 6% oxygen og med indhold af carbondioxid på 0, 5 eller
30 10%;

Figur 10 en afbildning der viser procentdelen af rotter der bliver ved med at gå før de går uregelmæssigt, som funktion af tiden for atmosfærer, der indeholder 6, 8, 10 eller 12 vol% oxygen og ingen carbon-
35 dioxid;

Figur 11 et stavdiagram over gasblandinger med

forskelligt procentisk indhold af oxygen og carbondioxid som funktion af gennemsnitlig tid, hvor rotterne går, før de går uregelmæssigt.

Virkningen af den ved den ifølge den omhandlede fremgangsmåde frembragte ændring i sammensætningen af atmosfæren i det afgrænsede område er dobbelt. For det første vil nedsættelse af oxygenkoncentrationen hjælpe med at slukke ilden, og for det andet vil væksten i carbondioxid hjælpe tilstedeværende dyr til at opretholde bevidsthed og årvågenhed, idet gennemstrømning af blod og oxygentilførslen til hjernen forøges. Fremgangsmåden ifølge opfindelsen vil derfor tillade, at en brand i et afgrænset område kan slukkes uden at tilstedeværende udstyr bliver ødelagt, og idet der samtidig bliver mere tid for personer, der findes i det afgrænsede område til at undslippe. Denne ekstra tid er gavnlig, idet personer der er til stede i det afgrænsede område stadig kan opretholde bevidsthed og årvågenhed, mens de undslipper.

Det er kendt, at en reduktion af partialtrykket for oxygen kan slukke flammer og reducere produktion af varme og røg. Man kan se dette i den følgende tabel, der opregner nødvendig indhold af oxygen til understøttelse af forbrænding af udvalgt blandbart materiale ved atmosfærens tryk; det normale indhold i atmosfæren af oxygen er ca. 21 vol% O₂.

OXYGENBRÆNDBARHEDSINDEKS FOR FORSKELLIGE MATERIALER

<u>Materiale</u>	<u>Oxygen (vol %)</u>
Celluloseacetat	16,8
5 Plexiglas	17,3
Polypropylen	17,4
Polystyren	17,8
A8S	18,8
Phenol-papirlaminat	21,7
10 Nylon 6. 6	24,3
Pentan	15,6
Acetone	16,0
Toluen	16,6
Nitrobenzen	13,2
15 Hydrogen	5,0
Carbonmonoxid	7,0
Bomuld	18,4
Polyethylen	17,5
Uld	26,5
20 Urethanskum	25-28
Polytetrafluorethylen	95,0
Kønrøg	35,0
PVC	37,0
Polycarbonat (lexan)	24,9
25 Silicone gummi	28-38
Rayon	18,9
Skum af naturgummi	17,2
Stearinlys, væge i paraffin	16,0

30 Man ved også, at man i varierende tidsperioder ("tid med funktionel bevidsthed under hypoxi") kan tolerere moderate reduktioner af oxygentrykket i indåndingsluften, hypoxi, idet varigheden af bevidstheden og funktionsdygtighed afhænger af, i hvor høj grad oxygen-
 35 trykket i indåndingsluften bliver reduceret.

Fysiologiske undersøgelser har vist, at man kan

genoplive normale mennesker, der er blevet bevidstløse ved at indånde hypoxiske blandinger (lav O_2), hvis man sætter CO_2 til de samme hypoxiske indåndingsblandinger.

5 Man kan hos mennesker måle specifik oxygenoptagelse og blodgennemstrømning i hjernen. Ved sådanne målinger har man fundet, at ved atmosfærer med lavt oxygentryk (store højder, lave koncentrationer af oxygen i indåndingsgas ved hvilket som helst atmosfærisk tryk) vil gennemstrømning af blod til hjernen vokse til
10 opretholdelse af forsyning af O_2 til hjernen. Ved kraftig hypoxi svigter metabolismen i hjernen, og der optræder bevidsthedstab trods den forøgede gennemstrømning af blod til hjernen.

15 En anden og velkendt fysiologisk virkning af hypoxi er en åndedrætsstimulering frembragt ved virkningen af det lave partialtryk for O_2 på kemiske receptorer ved carotidarterierne. Denne hypoxiske stimulering af åndedrættet fører til forøget lungeventilering,
20 hvorved carbondioxid i høj grad fjernes fra lunger, blod og væv. En særlig uønsket virkning af lavere indhold af carbondioxid i blodet er en sammensnørende virkning af det lavere partialtryk for CO_2 på blodkar i hjernen. Denne sammensnørende virkning går i modsat
25 retning af den ovennævnte forbedrede blodgennemstrømning af hjernen, der ellers står i forbindelse med et lavere oxygentryk i blodet ved påvirkning af hypoxiske atmosfærer.

Man ved, at normale mennesker under hypoxisk
30 påvirkning ved indgivelse af 8% O_2 i N_2 ved 1 atmosfæres tryk bliver bevidstløse på så kort tid som 10 minutter. Man har fundet, at bevidstløsheden er forbundet med et fald i partialtrykket for oxygen i hjernen, en mindre metabolisme i hjernen, en moderat forøgelse af
35 blodstrømmen i hjernen, en stimulering af åndedrættet og et mindre partialtryk af carbondioxid i arterieblod.

Hvis man sætter carbondioxid til det indåndede 8% O₂ i N₂, optræder en yderligere vækst i gennemstrømningen af blod i hjernen, en forøget oxygenering af hjernen, metabolismen i hjernen vender tilbage til det normale og
5 bevidstheden vender tilbage på trods af, at der optræder den samme hypoxi i atmosfæren, der frembragte bevidstløsheden. Man har udført forsøg med 4 og 6% O₂ i N₂ i tidsperioder på ca. 3 minutter, og forsøgspersonerne kan opretholde bevidstheden i denne korte tidspe-
10 riode, hvis carbondioxid sættes til den indåndede gas. Den korte forsøgstid ved disse afprøvninger skyldes den kendte risiko ved langvarig hypoxi. I sådanne forsøg kunne man ikke opretholde bevidsthed i noget som helst praktisk tidsinterval uden tilsætning af CO₂.

15 Man har udført forsøg med at udsætte rotter for formindskede niveauer af oxygentryk i mange laboratorier, så man kan undersøge: indlæring ved hjælp af labyrinter og andre former for indlæring, udførelse af arbejde, spontan locomotoraktivitet, den hypoxiske to-
20 lerances afhængighed af diæten, virkning af periodisk hypoxisk påvirkning og beskyttelse ved hjælp af forskellige medikamenter. Dyreforsøg er meget mere upræcise end menneskeforsøg, hovedsagelig på grund af de indlysende kvalitative og kvantitative fordele ved direkte
25 kommunikation, positiv deltagelse og respons ved mennesker som forsøgspersoner.

Målinger på dyr i forbindelse med eksperimentel fysiologi er almindeligvis begrænset til: graden af spontan fysisk aktivitet, tolerance overfor udmattelse
30 i forbindelse med tvungent arbejde, overordnet koordinering af påtvungen bevægelse, positiv respons til en belønning med føde ved gentagen indlæring eller indlært undgåelse af en ubehagelig stimulus (f.eks. et chok). Ved fremgangsmåder med respons på en belønning ved fø-
35 de kræves kronisk sult, træning og kontinuert nyindlæring. Fremgangsmåder til undgåelse af chok tillader an-

vendelse af normale (ikke udsultede) dyr, anvendelse af en acceptabel kort træningsperiode og stimulus med små chok.

Til bestemmelse af effektiviteten af opfindelsen
5 under brandbetingelser udførte man adskillige eksperimenter på laboratoriedyr. Resultatet af disse eksperimenter ses i de følgende eksempler.

De følgende eksempler er baseret på observationer med mennesker. De særlige formål med disse følgende
10 eksperimenter med dyr var at konstruere og benytte et system, hvor man detaljeret kunne sammenligne forskellige gasblandinger til indånding med et lavt indhold af O_2 ved hjælp af små dyr (a) for at bestemme, om fænomener fundet hos mennesker kan observeres hos små dyr,
15 (b) for at give sikkerhedsgrænser, (c) for at opnå statistisk pålidelig information om grænserne for sammensætningen af anvendelig indåndingsgas ved hypoxi med og uden tilsat CO_2 , hvor gassen ikke vil støtte forbrændingen af det meste brændbare materiale.

20 I eksemplerne foretog man en direkte visuel observation, når forsøgsdyrene kontinuerligt med moderat hastighed og moderat varighed gik på et motordrevet trædemøllehjul. Man kunne herved anvende ordentligt fodrede normale dyr, foretage en kort træning og benytte
25 standardbetingelser. Man gav hverken belønning eller straf som stimulus i disse eksempler.

Man benyttede laboratorierotter i eksemplerne for at udnytte erfaring ved tidligere anvendelse af rotter, hvad angår undersøgelser af opførsel under
30 stressbetingelser. Man kunne benytte et passende antal uden voldsomme omkostninger, når man benyttede små gnavere. Mens fremgangsmåden blev udviklet, benyttede man en Sprague-Dawley albinorotte af hankøn. Senere ved mere forfinede forsøg benyttede man Long Evans rotter.

Eksempel 1Forsøgsapparat og fremgangsmåde5 Apparat

Som vist i figur 1 konstruerede man roterende trødemøller ("gøjhjul") som horizontale cylindre 25 cm i diameter og 8 cm brede. Den indre omkreds til at gøj pà var 78,5 cm.

- 10 Man anbragte gøjhjulene parallelt pà en aksel, der blev drevet af en lille jøvnstrømsmotor med en kontroller. Rotationshastigheden blev kontrolleret til $11,3 \pm 0,2$ o/m, hvad der svarer til ca. 9 meter/minut.

Anordningen med gøjhjulet blev anbragt i en gas-
15 tèt beholder af klart plexiglas, sà man kunne foretage iagttagelser, med en kapacitet pà ca. 240 l. Ved konstruktion af gøjhjulene benyttede man perforeret plexiglas for at tillade fri udveksling af gas i beholderen og et 2 mm trådnèt pà gøjoverfladen til opnåelse af den
20 nødvendige fremdrift. Man havde individuel adgang til hver af de fire rum i hjulet, sà man kunne fjerne et dyr, hvis det blev nødvendigt. Til opnåelse af adgang til hjulene i beholderen anbragte man forseglede handskeåbninger i ydervæggen. Man kunne sàledes få adgang
25 til dyrene uden ændring af atmosfæren i beholderen. Man kunne fjerne udmattede dyr gennem en lille luftsluse.

Man førte luft, nitrogen og carbondioxid til beholderen gennem adskilte rør. Man fremstillede hypoxiske gasblandinger og benyttede selve beholderen som
30 blandekammer. Bevægelsen af trødemøllehjulene og et indre blæsersystem førte til en hurtig sammenblanding af gasserne i beholderen. Ved en hurtig gennemskylning i starten kunne man åbne en ventil i væggen af beholderen, sà det oprindelige gasindhold kunne skylles ud.
35 Denne ventil blev lukket, når sammensætningen af initialgassen var korrekt. Halveringstiden for gennemskyl-

ning var mindre end 30 sekunder, når man skulle skifte fra luft til 12, 10 eller 8% O₂. Halveringstiden til opnåelse af 5% O₂ var ca. 45 sekunder. Denne tid blev afkortet, da man udviklede en forbedret roterende trædemølle.

Man kontrollerede gassammensætningen i beholderen til iagttagelse med en Beckman Infrared CO₂ Analyzer og en Servomix Controls Paramagnetic Oxygen Analyzer, begge blev kalibreret før hvert eksperiment.

Man kontrollerede temperaturen i beholderen ved hjælp af en thermistorsonde. Der foregik ingen signifikante (>1°C) ændringer i temperatur under de første gennemskylninger. I forsøget med kontinuert påvirkning i 1 time uden strømning i beholderen, steg temperaturen så meget som 3°C.

Forsøgsdyr

Man benyttede Sprague Dawley rotter af hankøn med en vægt på ca. 145 g i hele eksempel 1, hvert dyr blev benyttet mange gange med passende intervaller.

Udvælgelse og træning af dyr

Man afprøvede 37 rotter ved hvert af de to entimes træningsforsøg i trædemøller under indåndelse af luft. Man udvalgte 20 rotter på basis af, hvor godt de vænnede sig til trædemøllefremgangsmåden, og hvor ensartet de gik ved den en time lange udvælgelse.

Man benyttede rotterne til forsøg hver 3.-4. dag med kontrolforsøg dagligt i luft, så de kunne være tilvænnet til trædemøllen.

Varighed og forløb af forsøg

Man benyttede dyr, der var tilvænnet i laboratoriet i 7-10 dage fire ad gangen i trædemøllerne. Den længste varighed for opholdet var 60 minutter. Hvert forsøg begyndte med en 15 minutters gåperiode, hvor in-

15

dåndingsluften var luft ved 1 atmosfære, og hjulet drejede. Man havde udvalgt 11,3 o/m som passende for kontinuert gang, hvad der svarer til en lineær ganghastighed på 9 m/min. Man ændrede pludselig gassen i be-
 5 holderen og lod dyrene gå yderligere 45 minutter under påvirkning af en aktuel gasblanding, hvorunder hjulet roterede. Når et dyr øjensynligt ikke mere kunne foretage noget fornuftigt og ikke kunne gå i takt med det roterende hjul, fjernede man det og lod det komme til
 10 sig selv i stueluft.

Sammensætning af gasser

Som kontrol benyttede man stueluft i beholderen og trædemøllehjulet ved begyndelse af hvert forsøg.

15

Hypoxiske indåndingsgasblandinger til forsøg bestod af:

20

12% O₂, 0% CO₂ i N₂

10% O₂, 0% CO₂ i N₂

8% O₂, 0% CO₂ i N₂

5% O₂, 0% CO₂ i N₂

Hypoxiske prøveblandinger med CO₂ bestod af:

25

10% O₂, 5% CO₂ i N₂

8% O₂, 5% CO₂ i N₂

5% O₂, 5% CO₂ i N₂

30

Nøjagtigheden af gassammensætningen, som blev kontrolleret ved hvert forsøg ved ovennævnte kalibrerede analyseapparat, lå inden for $\pm 0,2\%$ for oxygen og carbondioxid.

Karakterisering i hypoxisk responsApparatets indflydelse på responsen

Perioder med normal gang som foregik under på-
5 virkning med luft og med hypoxiske blandinger, blev af-
og til afbrudt, når dyret kunne gribe fat i trådnettet
på gåoverfladen eller gribe fat i den perforerede side-
væg i trædemøllehjulet. Herved blev dyret båret tilbage
med hjulet, indtil det slap, faldt og begyndte at gå
10 igen. Denne fejl i design blev rettet i den forbedrede
trædemølle benyttet i eksempel II.

Forskellig gangopførsel for forsøgsdyr

Der forekom mange afvigelser fra almindelig gang
15 på trædemøllen hos visse rotter uafhængig af, om de tog
fat i trådnettet eller i perforeringer i hjulet. En
utrænnet opførsel hos dyr beskrives ikke almindeligvis i
eksisterende litteratur og tælles ikke op eller klassi-
ficeres ikke. De følgende beskrivelser benyttes i nær-
20 værende forsøg. Bevægelser, der ikke var gang, inklude-
rede:

(1) Spring: dette forekom i stedet for alminde-
lig gang gentagne gange eller tilfældigt og bestod i,
at dyret kørte baglæns med hjulet, mens det drejede,
25 hoppede over den nederste runding af hjulet, og kørte
så tilbage med hjulet igen. Det lod til, at rotter der
opdagede denne opførsel, vænnede sig til den. 13 ud af
16 rotter gjorde det, og opførslen var mere hyppig ved
10% og 8% oxygen (10 rotter) end ved 12% (4 rotter) el-
30 ler ved kontrolforsøg i luft (ingen). Man betragter her
denne opførsel som en kompetent koordineret aktivitet i
kontrast til ukoordineret tumlen.

(2) Tumlen: med handicappet eller umulig gang
førte rotationen af hjulet dyrene til at køre tilbage
35 med hjulet og tumble forlæns. Når dette forekom tidligt
under kraftig hypoxi eller sent ved en mindre hård af-

prøvning, betragtede man det som et tegn på manglende koordination og/eller nær udmattelse hos rotter, der indtil nu havde gået og/eller sprunget. I fremskreden grad gled dyrene passivt og tumlede derefter uden at
 5 prøve at få fat i hjulet. I nogle få tilfælde faldt koordinerede rotter, når de havde grebet fat i det roterende hjul og slap, mens hjulet var drejet halvt rundt. Dette blev ikke i sig selv betragtet som manglende koordinering.

10 (3) Gliden: I visse tilfælde, når dyret ikke længere hverken kunne gå eller springe synkront med hjulets rotation, lå det på bugen, trak bagbenene op og gled langs den bevægende overflade, idet det benyttede forbenene til at holde retningen med. Derefter fulgte
 15 næsten altid en hjælpeløs udmattelse.

Sammenhæng mellem opførsel og trin med dårligere ydelse

De ovenfor nævnte eksempler på opførsel forekom ikke altid ensartet eller i et regelmæssig mønster, efterhånden som hypoxiske virkninger viste sig. Man kan
 20 ikke betragte disse som repræsentanter på voksende grad af hypoxisk nedbrydning. Når man husker, at beskrivelsen er stereotyp, kan man imidlertid benytte genkendelige tegn på hypoxisk nedbrydning, nemlig således:

25

Beskrivelse af tilpasningstrin

I. Ingen øjensynlig afvigelse fra normalitet. Dyret bruger korte almindelige skridt til at
 30 holde sig a'jour med hjulets hastighed. Dyret tilbringer det meste af tiden i bunden af hjulet, går eventuelt et kort stykke op ad forsiden af hjulet eller kører et kort stykke tilbage med hjulet, før det går ned til bunden igen.

II. Let, men tydelig påvirket. Går ikke godt nok, så det let følger med hjulets rotation. Kan tilpasse sig ved at springe eller skiftevis gå og springe.

5

III. Tydelig locomotoriske mangler. Kører tilbage og tumler ofte i hjulet, men orienterer sig i hjulets retning og lander og prøver stadig at gå eller springe.

10

IV. Kan hverken gå eller springe med hjulet, men kan stadig i det store hele orientere sig i hjulets retning. Kan glide på bugen langs bunden af hjulet for at undgå at tumble.

15

V. Kan ikke mere orientere sig i retning af hjulet, men kan stadig holde hovedet oppe og holde fast i hjulets overflade. Tumler eventuelt hele tiden eller glider på ryggen eller siden, idet det af og til griber i overfladen.

20

VI. Fuldstændig hjælpeløs og kan ikke benytte benene til støtte. Bevidstløs eller nær bevidstløs.

25

Resultater/oversigt

Oversigt over enkelte påvirkninger med hypoxiske blandinger under carbondioxid

30 En grafisk oversigt over resultaterne af de enkelte afprøvninger med hypoxiske atmosfærer uden carbondioxid vises i figur 2. Disse resultater kan beskrives på følgende måde:

Kontrol med indånding af luft: almindelig gang
35 forekom (a) ved en hver 15 minutters episode med indånding af luft før hypoxi og (b) i hele 60 minutters

(15+45 minutters) perioden for kontrolgruppen, der indåndede luft. Der forekom ingen udmattede eller tydelig påvirkede dyr her i forbindelse med tvungen gang i luft.

5 12% O₂, 0% CO₂: Fjorten ud af de seksten forsøgsdyr kunne fuldende gangforsøget i 45 minutter uden besvær. To af dyrene standsede gangen en gang imellem, hvorved de tumlede. Dette syntes mere at have forbindelse med at klamre sig til hjulet end med en synderlig
10 nedgang i koordineringen, hvad angår gang. Man fjernede intet dyr fra beholderen. Virkningerne var betydelig større med 10, 8 og 5% O₂.

 10% O₂, 0% CO₂: ti ud af seksten forsøgsdyr fuldendte den 45 minutter lange forsøgsperiode med hypoxi
15 med koordineret gang og spring. Seks dyr afbrød gangen, hvorved de tumlede. Tre af dyrene opgav anstrengelserne og blev fjernet (efter 15, 24 og 29 minutter i hypoxien).

 8% O₂, 0% CO₂: kun et ud af seksten dyr kunne gå
20 de 45 minutter til ende. Man fjernede 15 på grund af ukoordineret tumling efter mellem 7-26 minutter med hypoxi.

 5% O₂, 0% CO₂: Alle 16 forsøgsdyr tumlede ukoordineret rundt og blev fjernet indenfor 3 minutter med
25 hypoxisk påvirkning.

Oversigt over virkningerne af hypoxi med carbondioxid

Virksomheden af 5% CO₂ tilsætning var ikke ensartet ved de forskellige anvendte grader af hypoxi. Dette
30 kunne ventes, siden (a) graden af hypoxi fra kraftig til moderat var overordentlig stor og (b) de stimulerende virkninger af carbondioxid på åndedrættet kunne medføre destraktioner hos rotterne selv ved svag hypoxi.

35 10% O₂, 5% CO₂. Ukoordineret gang (tumling) udviklede sig mindre hurtigt og hos færre dyr, når man

tilsatte carbondioxid end ved 10% O₂ alene. Imidlertid var tre af de seksten dyr efter 23 minutters gang under hypoxisk påvirkning med carbondioxid tilstrækkeligt ukoordineret til at blive fjernede. Det samme antal
5 blev til slut fjernet ved 10% O₂ uden CO₂. En grafisk oversigt over resultaterne af afprøvningerne med denne hypoxiske atmosfære vises i figur 4.

8% O₂, 5% CO₂. Der udvikledes manglende koordinering så tidligt som 2-8 minutter efter forsøgets begyndelse hos omtrent halvdelen af de 16 forsøgsdyr, ligesom ved 8% O₂ uden CO₂. Som forsøget skred frem syntest det, at tumling hos de øvrige rotter udviklede sig hurtigere end uden tilsat carbondioxid, men denne forskel var ikke signifikant. En rotte døde pludselig,
15 gående i sit sidste forsøg i 8% O₂ med CO₂ efter 8 minutters hypoxi. Man anser, at dette dødsfald forekom for hurtigt til, at det kun skyldtes omgivelserne. Man kunne imidlertid ingen forklaring finde ved en overfladisk patologisk undersøgelse, og man kunne heller ikke
20 finde nogen tidligere defekter. En grafisk oversigt af resultaterne af afprøvningen med denne hypoxiske atmosfære vises i figur 3.

5% O₂, 5% CO₂: Hastigheden for inaktivering af rotter med tilsat CO₂ var ikke særlig forskellig fra
25 den voldsomme inaktivering (mindre end 3 minutter) ved denne kraftige hypoxi alene. Man lod ikke rotterne blive i den meget hypoxiske atmosfære, når de havde mistet koordineringen. En grafisk oversigt af resultaterne af prøver med denne specifikke hypoxiske atmosfære vises i figur 5.
30

Forklaringer

Flammer i de fleste stoffer slukkes ved oxygentryk, der er i stand til at opretholde bevidsthed og
35 koordineret fysisk virksomhed i anvendelige perioder. En ekstrem hypoxi (5% O₂) gav for lille "tid med an-

vendelig bevidsthed" til at tillade undvigelse og kan næppe overvindes i rimelig grad ved tilsætning af carbondioxid (se figur 5).

Forsøgene viser, at ved mindre alvorlig hypoxi skulle tilsætning af CO_2 forbedre en opretholdelse af koordineret opførsel samt fysisk udholdenhed. Man mener, at meget høje niveauer af carbondioxid vil være skadelige, selv uden hypoxi. Dette blev ikke undersøgt ved de ovenfor givne forsøg.

Det synes at være fornuftigt at forbedre forsøgsproceduren for små dyr ved at forfine prøveapparatet, så man fjerner kunstige effekter (ridning med hjulet), ved at sætte hastigheden for ændring af gasser op, og ved at bestemme virkningen på forskellige funktioner (gangundgåelse) ved moderat hypoxi.

Eksisterende data for mennesker viser gavnlig virkning af CO_2 under hypoxi og retfærdiggør, at man forbedrer målingerne på dyr for at kunne planlægge eventuelle relaterede forsøg med mennesker.

20

Eksempel II

Forsøgsapparater og fremgangsmåde

25 Apparat: trædemølle - kammer til påvirkning

For at formindske sideeffekter på grund af, at dyrene tager fat i hjulakslen, i perforationer eller i trådnettet på gangoverfladen, fjernede man disse tidligere defekter ved at udvikle en ny forbedret roterende trædemølle.

Den roterende trædemølle til eksempel II blev fremstillet af klart plexiglas uden en indre aksel, med glatte indre sider og med en almindelig ru gangoverflade i stedet for et trådnet som vist i figur 6. Den indre diameter af trædemøllen var 24,8 cm med en bredde på 9,5 cm til opnåelse af et rumfang på ca. 4600 cm^3 .

Man kunne fjerne den ene side af hjulet, så man kunne sætte dyr ind og fjerne dem samt rense apparatet. Motoren kunne køre i den modsatte retning, så man efter behag kunne ændre rotationsretningen til kontrol af koordineringen hos forsøgsdyret. På dette trin var hjulet enkelt, så man kunne holde nøje øje med hver enkelt dyr, indtil man kunne foretage forbedringer i bestemmelse af hypoxiske virkninger.

10 Gastilførsel

Gastilførsel og udblæsning var i det hule nav i trædemøllehjulet, hvorved man kunne opnå en hurtig udskiftning af gas af forskellig sammensætning og kunne undgå en stor beholder, der skulle indeholde trædemøllen. En håndbetjent to-vejs ventil kontrollerede, om man indførte luft eller en gasblanding i trædemøllen, se figur 7. Gas under tryk blev leveret fra cylindre med en regulator og flowmeter i hver gastilførselslinie til kontrol af gasstrømmen.

20 Gassammensætningen i hjulet blev kontinuert kontrolleret for indhold af O_2 og CO_2 , idet man udtog gas fra det indre af hjulet ved hjælp af et prøverør anbragt i det hule nav, og derefter førte man gassen gennem CO_2 og O_2 analysatorer som anvendt i eksempel I, se 25 figur 6.

Hastighed for udskiftning af gasser

Halveringstiderne for udskiftning af gasblandingerne i hjulet blev bestemt ved forskellige hastigheder for nitrogenflow i et luftfyldt hjul. Strømmen og tilsvarende halveringstide for udvaskning af gas i det 4500 cm^3 hjulbeholder var som følger.

23

	<u>Flow (l/m)</u>	<u>Halveringstid (sek.)</u>
	10	28
	20	17
	30	13
5	40	11
	50	10

Man valgte en udskyldningsflow på 30 liter/minut til forsøg med dyr, da der herved var en kort halveringstid og en temmelig god gasøkonomi. Under den senere forsøgsperiode reducerede man flow til 10 l/minut.

Forsøgsdyr

I dette eksempel benyttede man "Long Evans rotter" af hankøn. Man betragtede dem mere egnede end Sprague Dawley rotter til forsøg med arbejde. Rotterne vejede i begyndelsen 180-200 g.

Som tilvænnning til forsøget fik hver rotte en træningsperiode på 30 minutter og en på 40 minutter i den roterende trædemølle under indånding af luft. Under træning og forsøgsperioder med indånding af luft observerede man hele tiden hver rotte, så man kunne sammenligne dens normale opførsel i luft med dens opførsel under påvirkning af hypoxi.

25

Gasblandinger

Man benyttede en række på otte gasblandinger i eksempel II med den forbedrede roterende trædemølle. Disse gasblandinger er opregnet i den følgende tabel.

30

Blandinger af O₂ i N₂ med og uden tilsat carbon-dioxid.

<u>Gas nr.</u>	<u>Kodebetegnelse</u>	<u>% O₂</u>	<u>% CO₂</u>
1	6- 0	5,9	0
2	6- 5	6,4	5,2
3	6-10	6,0	10,2
5 4	8- 0	8,0	0
5	8- 5	8,1	5,5
6	8-10	8,3	10,4
7	10- 0	9,7	0
8	12- 0	11,9	0

10

Man udvalgte partialtrykkene for oxygen, så de kunne krydsrelateres med resultaterne fra eksempel 1. Man valgte den højere værdi på 6% oxygen i stedet for 5% oxygen, der førte til en meget hurtig kollaps i eksempel 1.

15

Man udvalgte koncentrationerne af carbondioxid, så man fik 0% carbondioxid, et tolerabelt niveau (5% CO₂), og et tydelig og forhøjet niveau (10%) til undersøgelsen af vekselvirkningen med hypoxi.

20

Rækkefølge og varighed af forsøgene

Til undersøgelse af det forbedrede prøvesystem benyttede man seks rotter hver for sig ved hvert forsøg med gas. Man benyttede fem af disse dyr under alle prøvebetingelser. Et af dyrene døde tidligt under forsøgene med 6% O₂ og 10% CO₂ og blev erstattet med et andet.

25

Man anbragte dyrene i trædemøllen i 5 minutter, hvor de gik i luft, før de blev udsat for hypoxi. Overgangen til hypoxiske blandinger var pludselig, hvorefter man benyttede stabilt hypoxi/hypoxi med tilsat carbondioxid. Man udførte kontinuert direkte observation under et 40 minutters forsøg med udsættelse på prøvegassen eller i det mindste, til dyret var fuldstændigt hjælpeløst. Man ændrede nogen gange retningen af hjulets rotation, så man kunne bestemme, om rotten

30

35

havde en respons herpå. Denne fremgangsmåde blev benyttet, når dyret ikke gik (f.eks. gled eller tumlede).

Arten af hypoxisk respons

5

Apparatets indflydelse på responserne

Responserne på hypoxi var ikke væsentlig forskellige i det oprindelige (eksempel 1) og det forbedrede roterende trædemøllesystem med undtagelse af, at 10 man næsten kunne eliminere ridning med hjulet (mindre mulighed for at gribe fat).

Sammenhæng mellem opførsel og trinnene for inhabilitet

En forfinet beskrivelse af dyrenes responser på 15 hypoxi og carbondioxid på baggrund af observationerne i eksempel 1 og 2 førte til, at man definerede følgende fem trin for totalkompetence:

Trin 1 (niveau 1): Normal gangopførsel. Dyret kan let holdes i position i hjulet uden nogen form for 20 glidning.

Trin 2 (niveau 2): Der forekommer nogen abnormiteter, men opførslen er meget funktionel. Dyrene kan have noget besvær med at følge med hjulets rotation, hvilket kan føre til rodden hopper fra bagsiden til 25 forsiden af hjulet. Anden abnorm opførsel såsom drejning og fastholdelse ved akselåbningen kan demonstreres. Rotten kan skiftevis gå normalt og til en vis grad unormalt.

Trin 3 (niveau 3): Der er en voksende abnorm og 30 i mindre grad funktionel opførsel. Bagbenene glider typisk, rodden kan hoppe svagt og kan i korte perioder glide fuldstændig. Rotten synes at være vågen og giver hurtig reaktion på en ændring i hjulets rotation. Dette trin skelnes i det væsentlige fra trin 4 ved, at der er 35 en jævn kontinuert aktivitet, men ikke typisk gang. Dette trin benyttedes som et tydeligt tegn på en opførsel

sel under normalen.

Trin 4 (niveau 4): Rotten glider først og fremmest rundt. Den kan opvise tilfældige formålstjenlige bevægelser, såsom at bevæge forbenene. Dyret er stadig vågent, men reagerer langsomt på ændringer i hjulets rotation. Rotten tumler eller ruller hjælpeløst nogen gange, men viser stadig en vis grad af frivillige bevægelser.

Trin 4 (niveau 5): Fuldstændig mangel på respons. Rotten er bevidstløs eller næsten bevidstløs og foretager ingen frivillige bevægelser.

Man noterede, hvor længe hver rotte skulle udsættes for de forskellige gasblandinger for at nå til de forskellige trin.

15

Resultater/oversigt

Total

En grafisk oversigt af resultaterne af de enkelte afprøvninger med hypoksiske atmosfærer med og uden carbondioxid ses i figuren 8-10. En beskrivelse af resultaterne er som følger:

Påvirkning med luft

Under træningen indåndede rotterne normal luft (21% O₂, 0% CO₂). Alle rotterne gik normalt i løbet af træningsperioderne på 30 minutter og 40 minutter. Hvis de hoppede, var det altid kraftigt og koordineret.

30 Påvirkning med hypoxiske blandinger uden carbondioxid

12% O₂, 0% CO₂: Alle rotterne gik normalt de første syv minutter. Fire ud af seks rotter nåede niveau 2 (let men tydelig påvirkning under kontinuert gang) inden for 15 minutter, de andre to rotter efter 26 og 40 minutter. Alle seks rotter var ved niveau 2 efter de 40 minutter uden decideret opførsel under normalen.

10% O₂, 0% CO₂: Alle seks rotter nåede niveau 2 (en vis unormal men stadig funktionel opførsel) inden for 3 minutter af påvirkningen. I løbet af 13 minutter nåede fem ud af de 6 rotter niveau 3 (tydelig mangel på koordinering) og 3 nåede niveau 4 (perioder med i det væsentlige fuldstændig ukoordinering) i løbet af 24 minutter. En rotte var stadig på niveau 2 og to var ved niveau 3 ved forsøgets afslutning.

8% O₂, 0% CO₂: Efter 1,5 minut havde alle seks rotter nået niveau 2 og efter 5 minutter var alle tydelig ukoordinerede i niveau 3. Det tog yderligere 3-14 minutter for rotterne at nå næsten fuldstændig mangel på koordinering (niveau 4). Alle rotter fuldførte forsøget på 40 minutter, men i niveau 4.

6% O₂, 0% CO₂: niveau 2 (tydelig men let påvirkning) blev nået af alle seks rotter inden for 1 minut og 10 sekunder. Efter 2,5 minutter var de alle i niveau 3 og efter 16 minutter var fem ud af seks rotter i niveau 4, hvorimod den sidste rotte nåede dette niveau efter 26 minutter. Alle rotter forblev her under resten af forsøget på 40 minutter. Efter fornyet indånding af luft var rotterne vågne i løbet af 1-3 minutter, men bevægede sig ikke aktivt rundt i længere perioder (mere end 5-10 minutter).

25

Påvirkning med hypoxiske blandinger med tilsat carbon-dioxid

8% O₂, 5% CO₂: Alle rotterne var i niveau 2 inden for 4 minutter. Efter 3,5-11 minutter var de alle i niveau 3 og 2 rotter fortsatte i dette niveau i resten af forsøget på 40 minutter. De andre fire rotter nåede niveau 4 efter 11-19,5 minut og forblev her i resten af forsøget på 40 minutter.

8% O₂, 10% CO₂: Efter 1,5-4,5 minutter var alle rotter i niveau 2 (tydelig men let påvirkning). Fire af de seks rotter var i niveau 3 efter 13-21 minutter. Tre

af rotterne blev i niveau 3 under hele forsøget, hvori-
mod de andre tre nåede niveau 4 efter 16, 28 og 36 mi-
nutter og forblev der. En rotte blev kun påvirket i 24
minutter (fjernet under niveau 3), fordi den hele tiden
5 stak hovedet i udblæsningsrøret og blokerede strømning
af gas, hvorefter den sandsynligvis engang imellem har
kunnet indånde stueluft.

6% O₂, 5% CO₂: Efter mindre end 2 minutter var
alle seks rotter i niveau 2 (tydelig men lille påvirk-
10 ning). Efter 3,6 minutter havde alle nået niveau 3
(tydelig mangel på koordinering). Rotterne nåede alle
niveau 4 mellem 4-23 minutter efter forsøgets begyndel-
se og sluttede forsøget på 40 minutter i niveau 4. In-
den for 1-2 minutter efter de var anbragt i deres bur,
15 bevægede de sig igen rundt, så snart de kunne gå, bevæ-
gede de sig aktivt omkring.

6% O₂, 10% CO₂: Alle seks rotter var i niveau 2
efter 1 minut. Efter 3 minutter havde alle seks rotter
nået den tydelige mangel på koordinering i niveau 3.
20 Efter 9 minutter var alle rotterne i niveau 4. Efter
17-35 minutters påvirkning var alle rotterne døde. Før
døden indtrådte forekom 1-13 minutter besværligt
åndedrag. En grov autopsi af fire af rotterne viste
ingen forudgående patologiske grunde til døden. Man an-
25 tog, at døden skyldtes den voldsomme påvirkning af
kraftig hypoxi og kraftig hypocapni.

I figur 11 vises overgangen til trin 3 for hvert
forsøg med 6 og 8% O₂.

30 Fortolkning

Anvendelsen af den roterende trædemølle af ple-
xiglas uden en overflade, hvortil forsøgsdyrene kunne
holde fast, gjorde påvisningen af de tidlige trin af
hypoxi lettere. Det anvendte gåhjul i sin nuværende
35 form forekommer velegnet, og man kan opnå signifikante
resultater med færre dyr end med tidligere trædemøller.

Den anvendte skala for inddelingen af koordineret fysisk aktivitet synes at give en anvendelig talmæssig vurdering af hypoxisk virkning hos et lille antal dyr. Man kunne påvise en konsistent forværring i ydeevne, 5 efterhånden som man satte koncentration af O_2 ned fra 12 til 10 og til 8 og 6%.

Ild i de fleste materialer vil slukkes ved partialtryk for oxygen, der er i stand til at opretholde bevidsthed og koordineret fysisk aktivitet i længere 10 varig nyttige perioder, særlig under tilstedeværelse af carbondioxid.

Hvis man således betragter resultaterne fra eksemplerne 1 og 2 sammen, er de et tegn på at:

15 En petroleumsflamme slukkes ved oxygenkoncentrationer, hvor rotter kan opretholde normal aktivitet. Flammen slukkes på mindre end 20 sekunder i oxygenkoncentrationer med eller uden carbondioxid på mindre end 12 vol%.

20 Anvendelsen af 5-6% O_2 uden tilsat CO_2 giver en meget kort tid (mindre end 5 minutter) til foretagelse af fornuftige handlinger og gav et uacceptabelt hurtigt tab af funktionel opførsel.

25 Anvendelse af ca. 8% O_2 med eller uden tilsat CO_2 synes at være det laveste niveau for hypoxisk påvirkning, der kan tillades ved situationer, hvor man må undslippe eller afværge handlinger.

30 Området mellem 8-12%'s O_2 synes at være det mest sandsynligt nyttige med eller uden CO_2 , imidlertid vil tilsætning af 5% carbondioxid gøre tolerancen overfor hypoxi mere langvarig. Tilsætning af carbondioxid til 8 vol% oxygen synes at svare til en 10 vol% oxygenatmos- 35 fære uden carbondioxid.

Kombinationen af dyreforsøg og tidligere forsøg med mennesker angiver som nævnt eksistensen af en vekselvirkning mellem oxygen, carbondioxid, blodcirkulation i hjernen, oxygenering af hjernen og bevidst aktivitet. Disse vekselvirkninger fører til, at tilsætning af carbondioxid til en atmosfære, der i sig selv har en for lav oxygenkoncentration til at opretholde et nytigt bevidsthedsniveau, kan forbedre graden af iltning af hjernen uden vækst i oxygenkoncentrationen i atmosfæren.

Rækkefølgen af vekselvirkende begivenheder, der påbegyndes af et fald i koncentrationen af oxygen i atmosfæren inkluderer ifølge studier hos mennesker (a) et fald i oxygenets partialtryk i lungeblod og arterieblod, (b) en hypoxisk stimulering af åndedraget af de "karotide legemschemoreceptorer", (c) et lavere CO₂-indhold i blodet, (d) en delvis modvirkning af stimulering af åndedraget forårsaget af hypoxien, (e) en delvis udvidelse af karrene i hjernen og (f) delvis modvirkning af den forbedrede blodgennemstrømning i hjernen på grund af den sammentrækkende virkning af det lavere indhold af carbondioxid i arterieblodet.

Resultatet af denne rækkefølge er, når der ikke sættes carbondioxid til atmosfæren, en jævn nedgang i oxygeneringen af hjernen med følgende nedgang i metabolismen i hjernen og nedsat bevidsthed, hvis niveauet for indåndet oxygen er lavt nok.

Når man tilsætter ikke toksiske mængder carbondioxid til den hypoxiske atmosfære, vil en yderligere rækkefølge omfatte: (a) en vækst i partialtrykket for carbondioxid i blod i lunger og arterier, (b) en yderligere stimulering af respirationen på grund af stimulering af respirationsmekanismerne af carbondioxid, (c) en forbedret oxygenkoncentration i lungeblod og arterieblod på grund af den forbedrede respiration, (d) en yderligere udvidelse af blodkarrene i hjernen på grund

af virkning af carbondioxid, hvilket medfører oxygenering og forbedret hjernemetabolisme og (e) en vækst i bevidstheden.

Det ønskede resultat er slukning af flammer, idet personer i nærheden skal opretholde bevidsthed og evne til at foretage en bevidst og fornuftig mental og fysisk aktivitet, så de kan undslippe eller deltage i redningsarbejdet.

Rækkefølgen af de fysiologiske mekanismer er relevant, hvad angår hele området af koncentrationer for atmosfærisk oxygen og carbondioxid, der nævnes i denne ansøgning. Under kraftigere tilstande med hypoxi og/eller mere ekstrem indånding af carbondioxid kan der opstå voldsomme skadelige virkninger af den alvorlige hypoxi og/eller hypercapni, trods eksistensen af de anførte nyttige mekanismer.

Disse bestemmelser understøtter derfor forudsætningerne for, at anvendelsen af en atmosfære med en oxygenkoncentration i området 8-15 vol%, foretrukken 10-12 vol% og en carbondioxidkoncentration i området 2-5 vol%, vil slukke brande og alligevel opretholde liv, ikke bare opretholde liv, men ved lave oxygenniveauer fremme bevidsthed og opmærksomhed. Som det kan ses, er opfindelsen et anvendeligt alternativ med en væsentlig forbedring, hvad angår forhindring af ild og slukning af ild i afgrænsede områder.

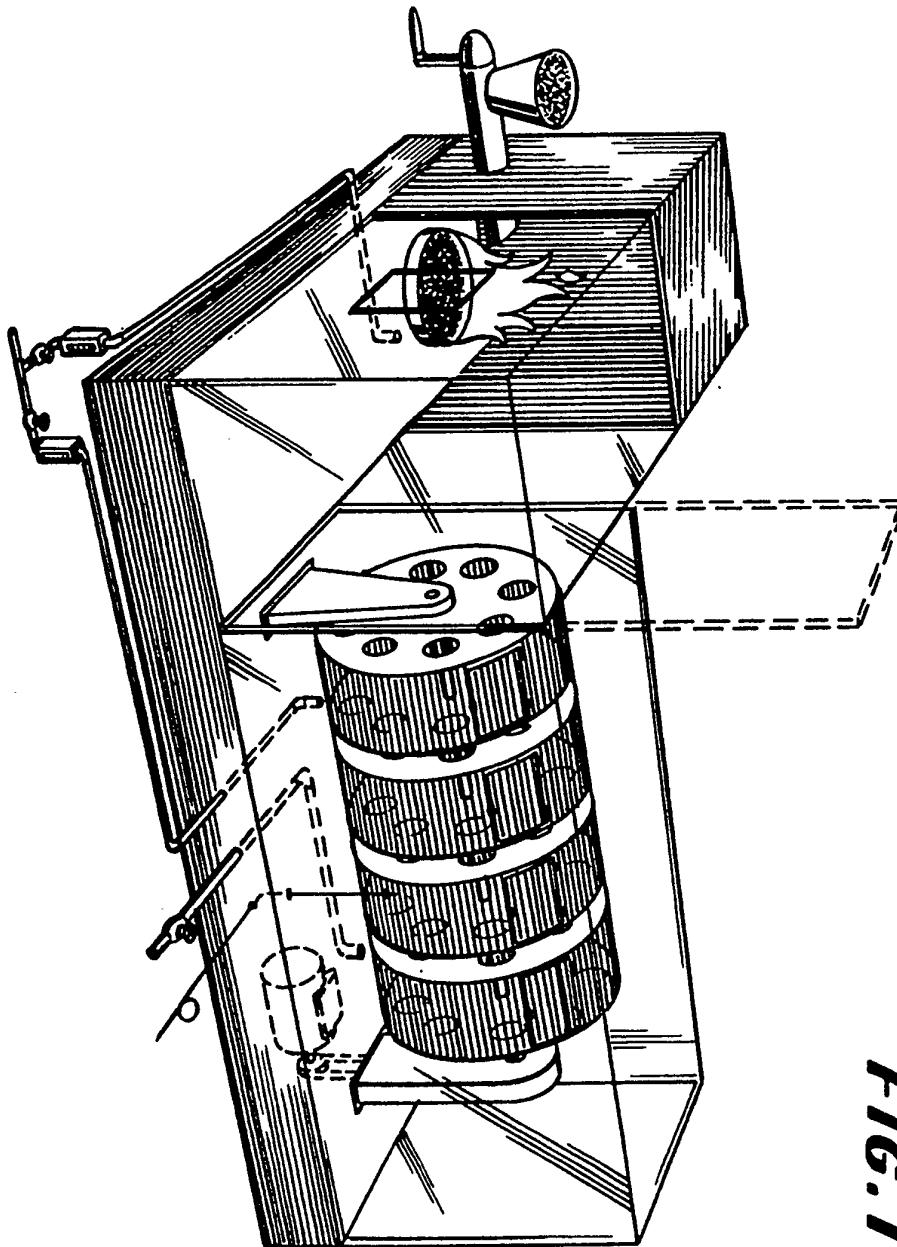
P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til slukning af ild i et afgrænset luftfyldt område, hvorved man i det afgrænsede område indfører en slukkende gas, der omfatter carbon-
dioxid og en inert gas, til nedsættelse af oxygenind-
5 holdet i det afgrænsede område til en koncentration på
8-15 vol%, således at luftsammensætningen i det afgræn-
sede område ikke støtter forbrænding, men imidlertid
stadig muliggør opretholdelse af liv hos pattedyr, især
mennesker, k e n d e t e g n e t ved, at man benytter
10 en slukkende gas med et tilstrækkeligt carbondioxidind-
hold til, at carbondioxidindholdet i det afgrænsede om-
råde efter indførelse af den slukkende gas i det af-
grænsede område forøges til en koncentration på 2-5
vol%, hvilken koncentration vil forøge blodgennemstrøm-
15 ning af hjernen og oxygentilførsel til hjernen, og der-
ved opretholde bevidsthed uden fremkaldelse af inhabi-
literende dyspnø.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at den inerte gas udvælges blandt ni-
20 trogen, helium og blandinger deraf.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at oxygenindholdet i det afgrænsede
område nedsættes til en andel på 10-12 vol%.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e -
25 t e g n e t ved, at den slukkende gas yderligere om-
fatter en polyatomig gas med høj varmekapacitet.



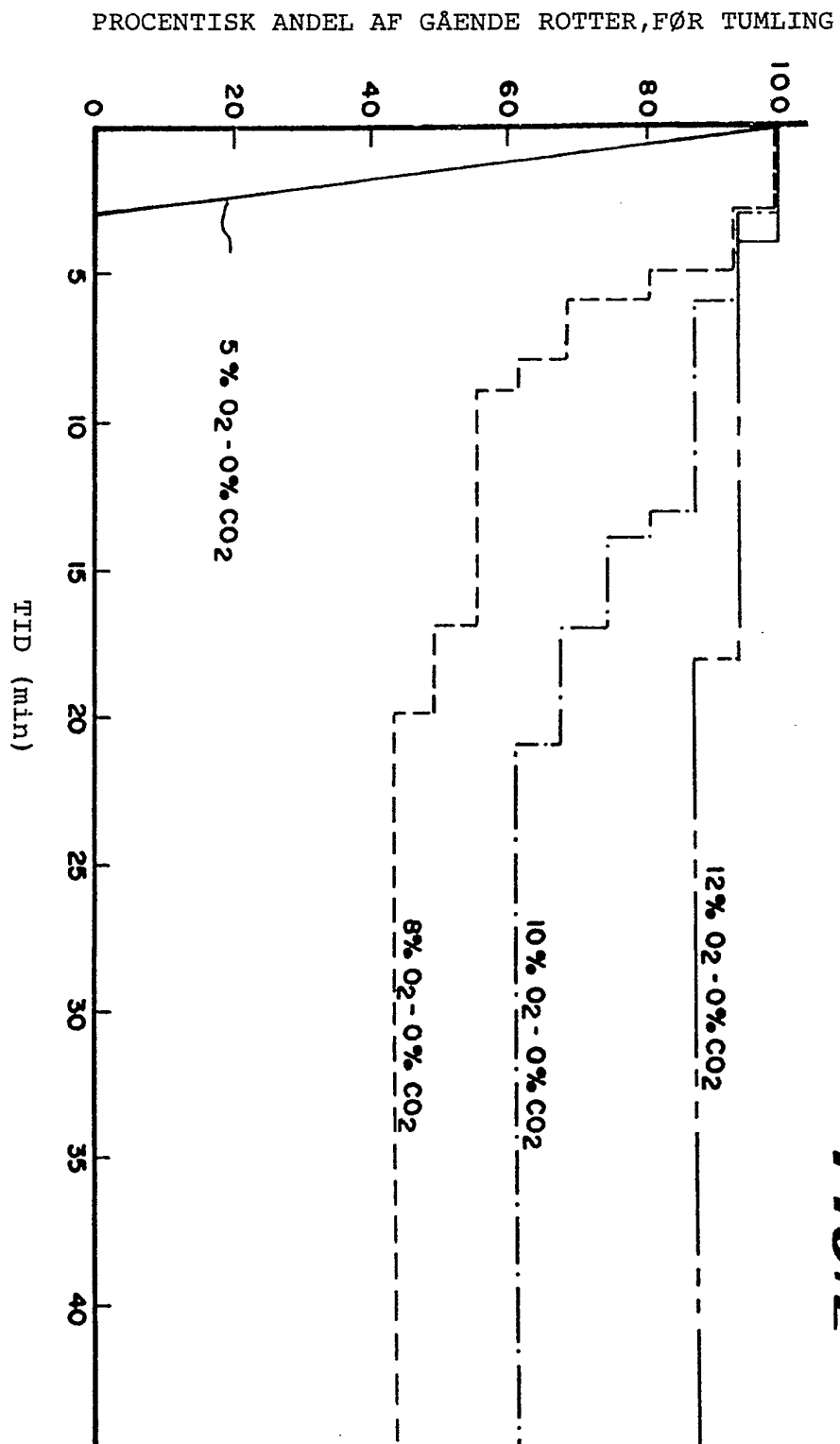


FIG. 2

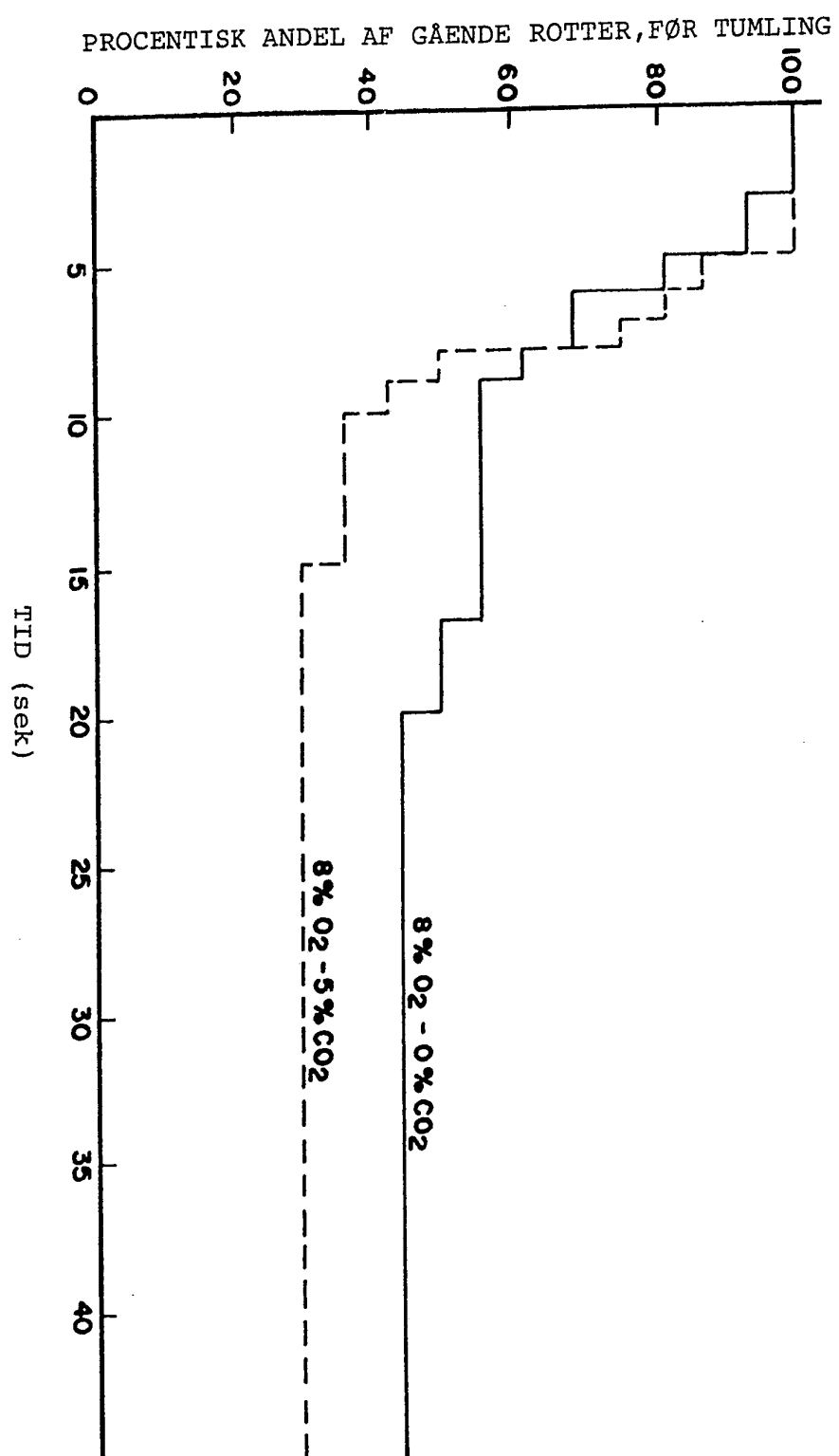
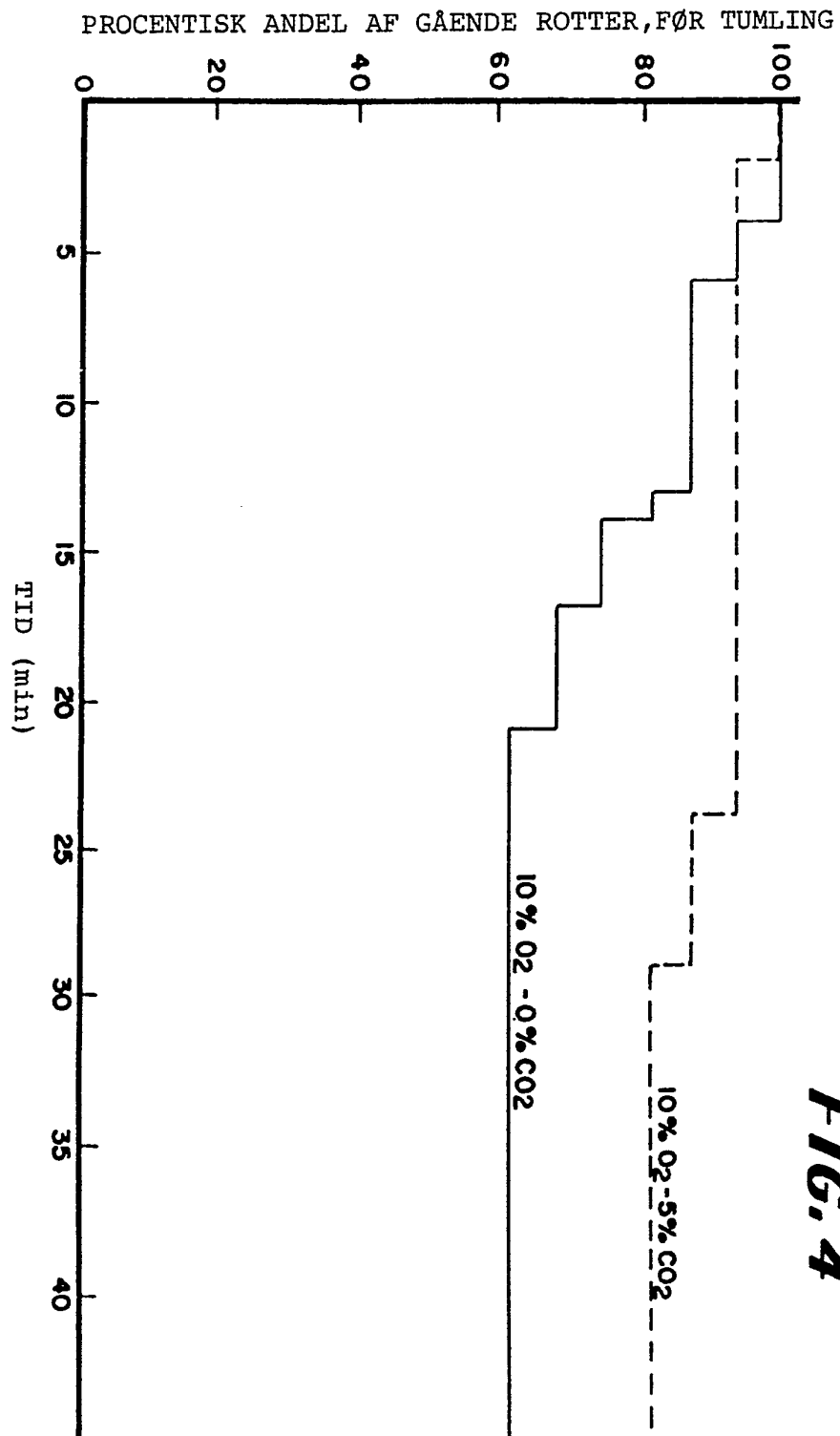


FIG. 3

**FIG. 4**

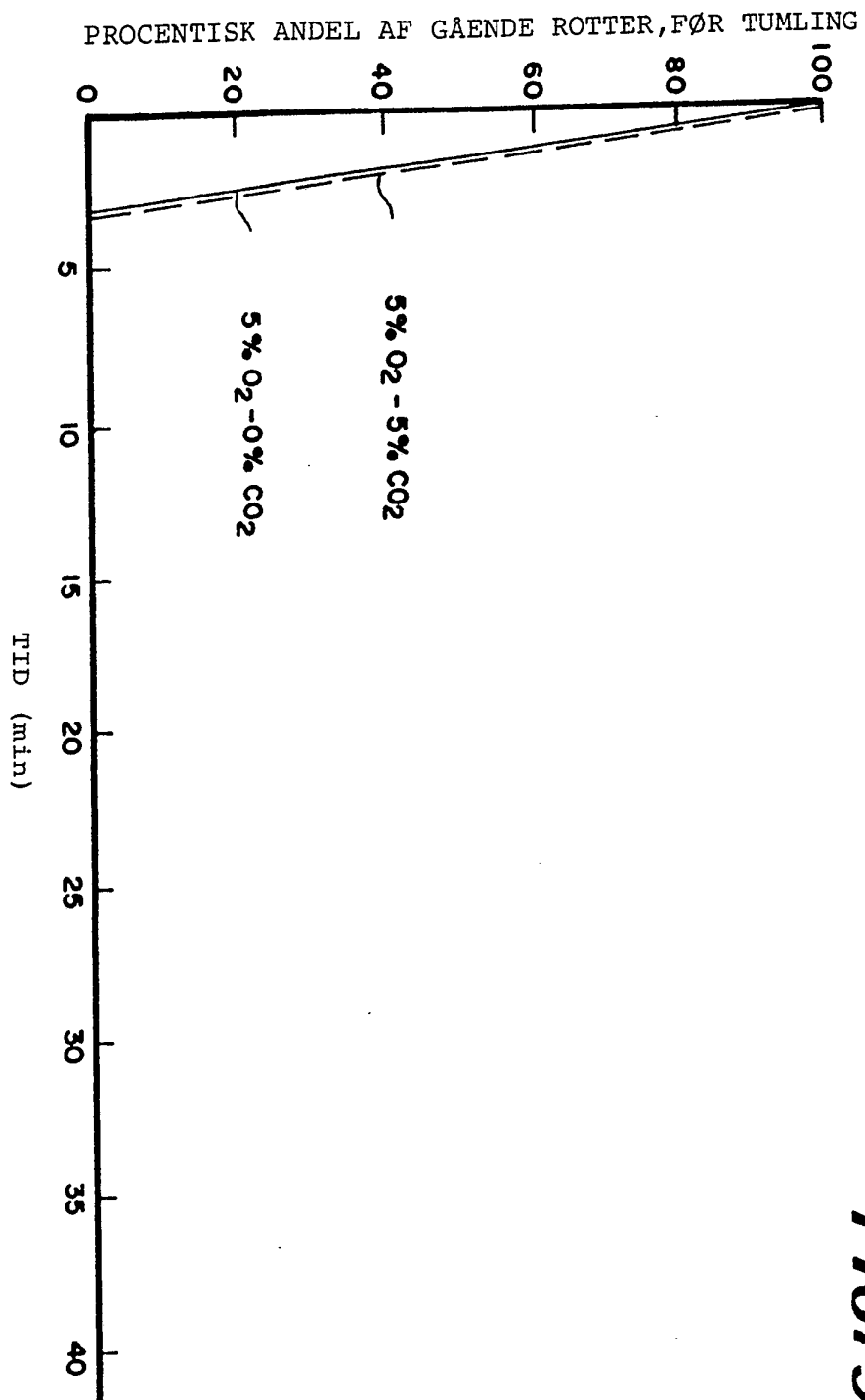
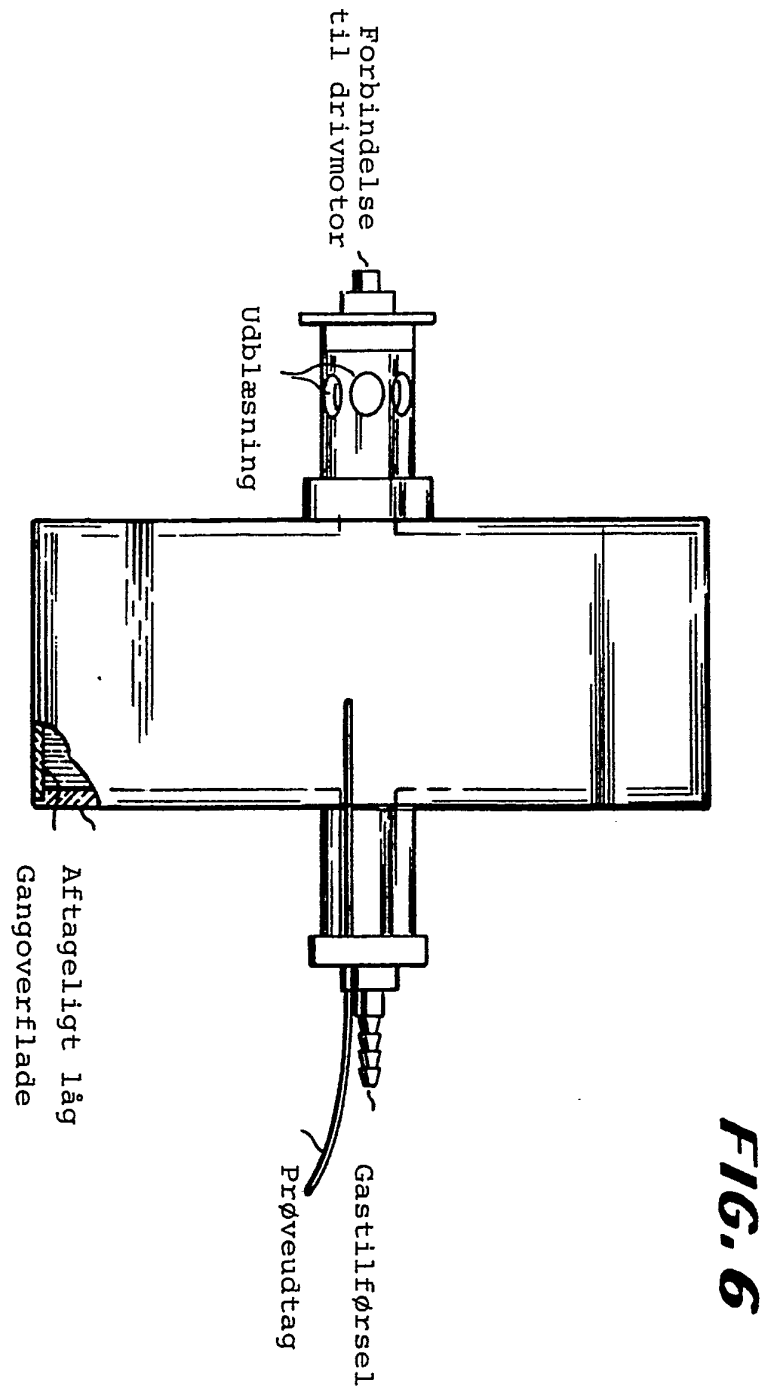


FIG. 5



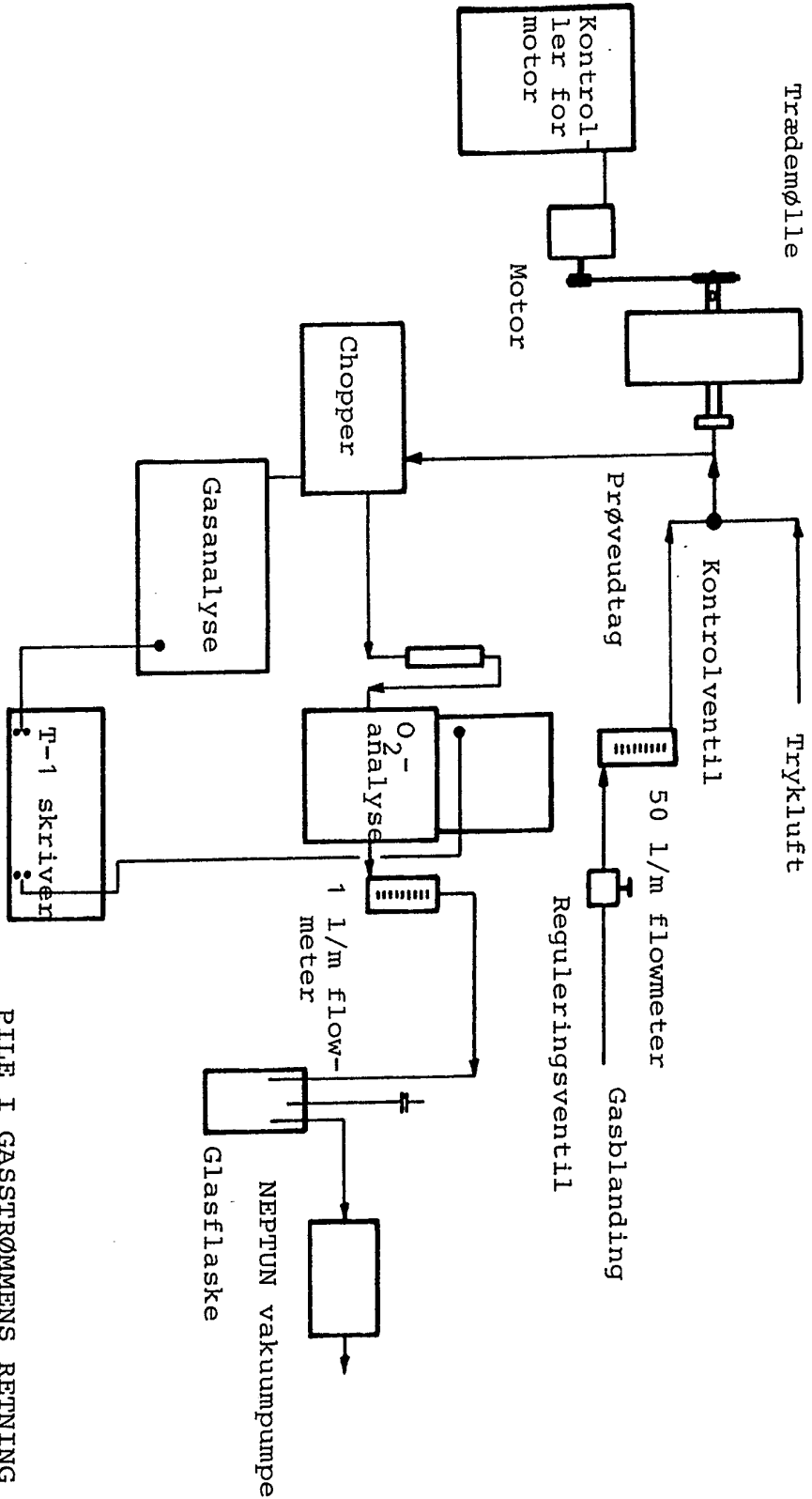
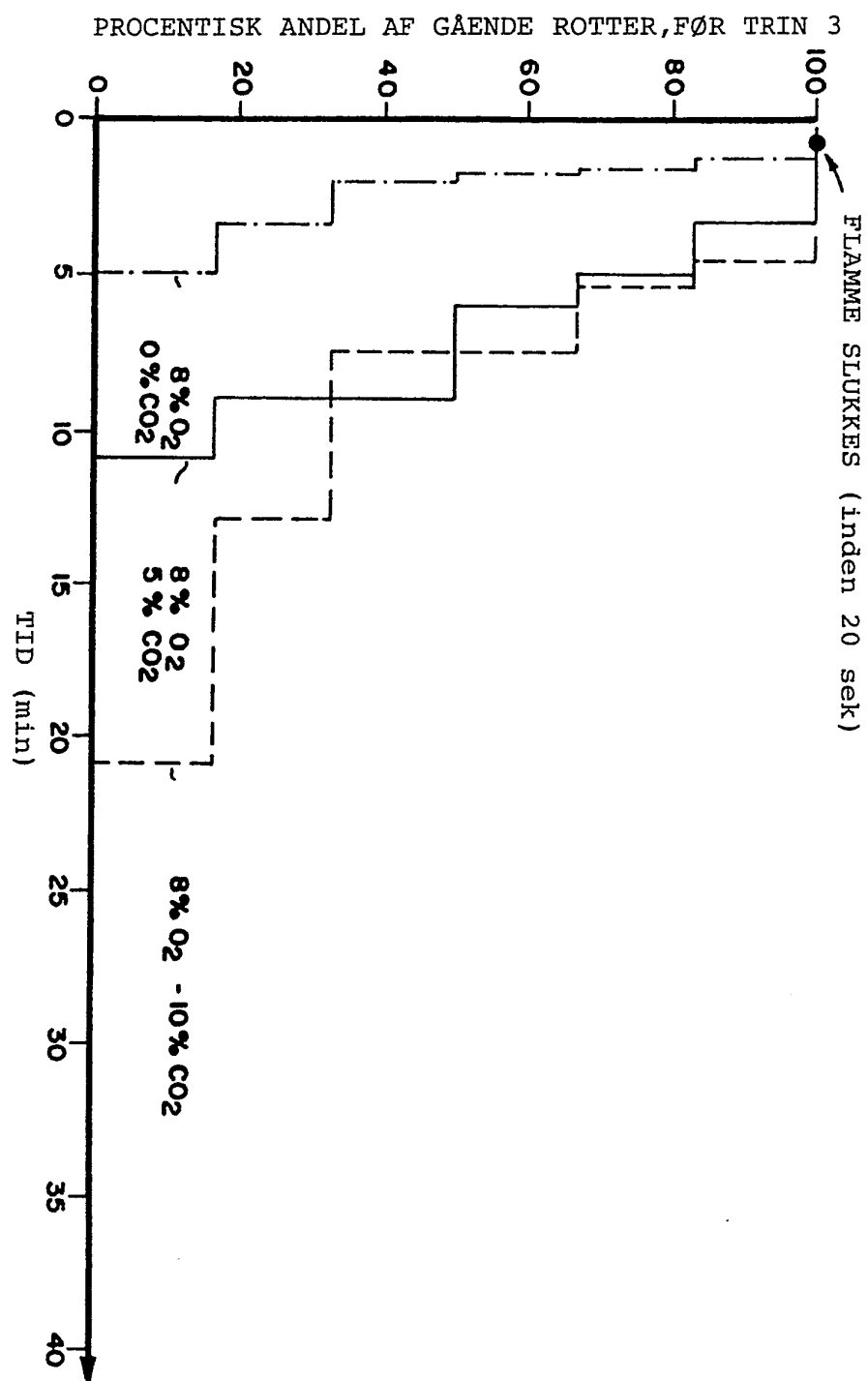
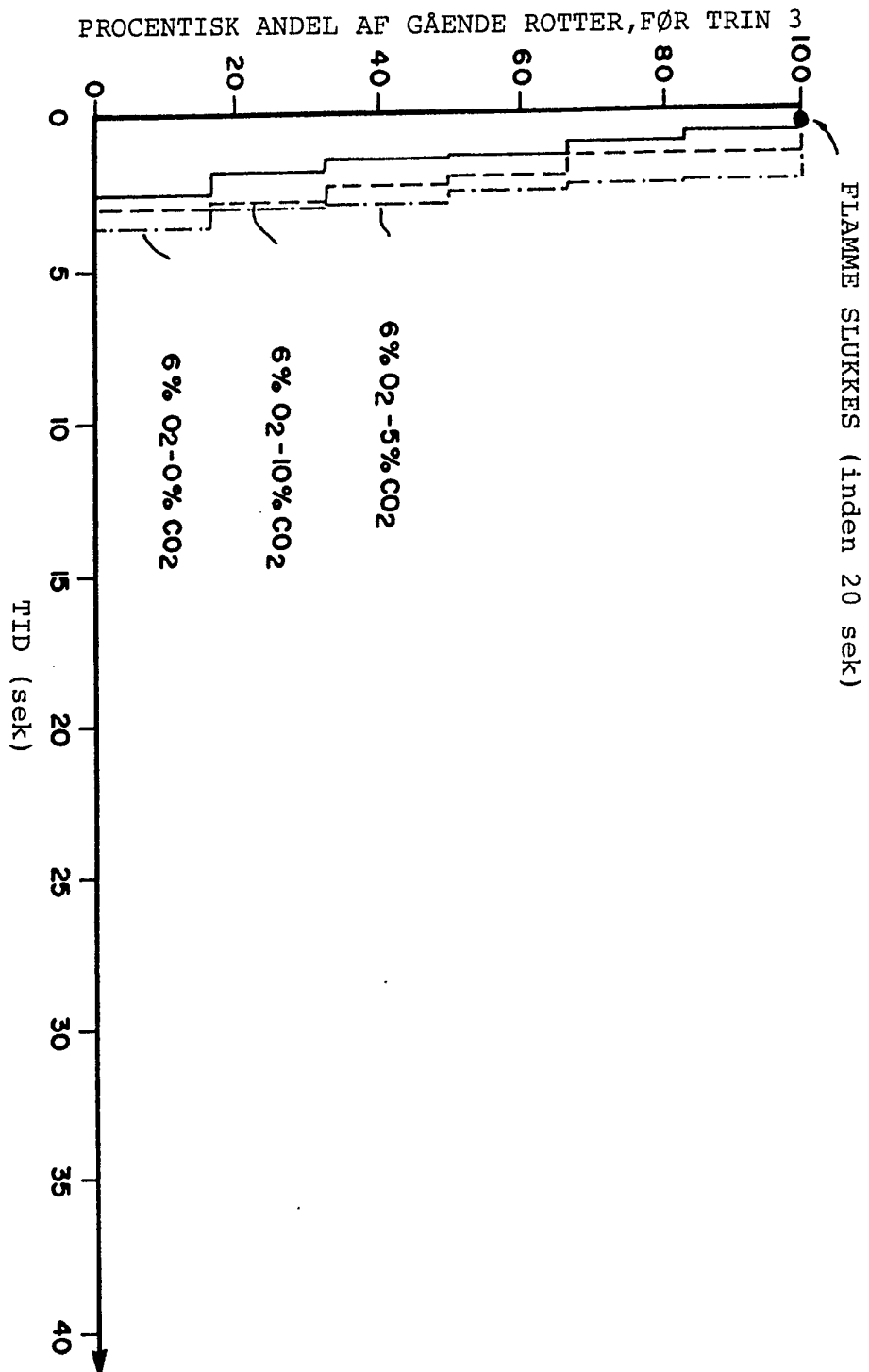


FIG. 7

PILE I GASSTRØMMENS RETNING

**FIG. 8**

**FIG. 9**

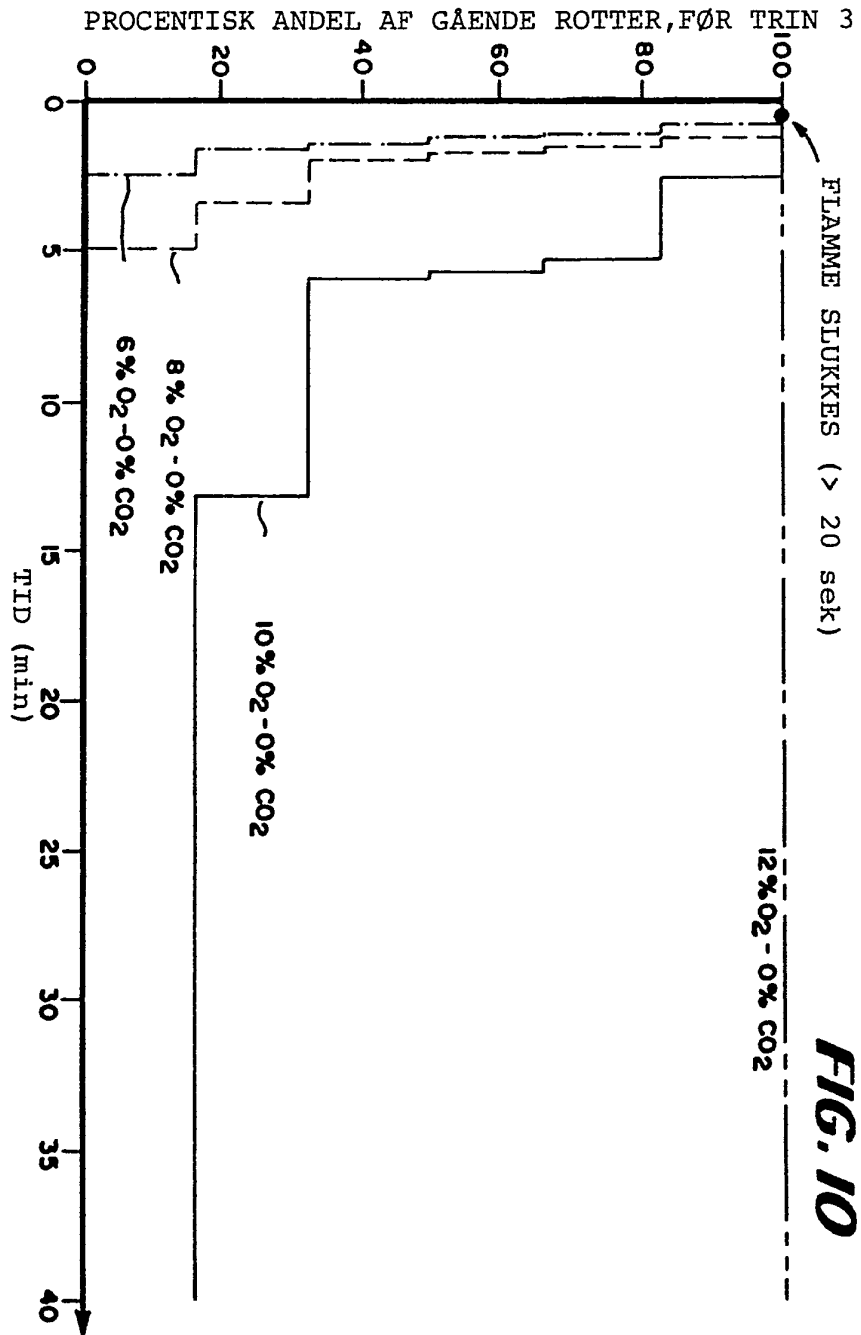


FIG. 11

