

---

---

# Indsats

Vejrtrækningen · Røggasser · Kroppens reguleringsmekanismer

---



## **Indsats**

Vejrtrækningen · Røggasser · Kroppens reguleringsmekanismer

Forfattere: Rene Kofod, Uffe Fast, Brian Thøste Christensen, Martin Sørensen,  
Henrik Peder Pedersen, John Clausen, Michael W. Rasmussen

Illustrationer

og billeder: Rene Kofod, Henrik Bitsch Hansen, Keld Jakobsen

Copyright ©: Beredskabsstyrelsen

Forsidefoto: Henrik Bitsch Hansen

Opsætning: Rosendahls-Schultz Grafisk a/s

Udgivet af: Beredskabsstyrelsen

Uddannelse

Datavej 16

3460 Birkerød

Telefax: 45 90 60 60

E-mail: udd@brs.dk

Oplag: 2000 eksemplarer

1. udgave, 2. oplag

Tryk: Rosendahls-Schultz Grafisk a/s

B: 2168

ISBN: 978-87-91590-53-5



---

---

# Indsats

Vejrtrækningen · Røggasser · Kroppens reguleringsmekanismer

---

---

# Indholdsfortegnelse

<b>Introduktion</b>	3
<b>Vejrtrækningen og kredsløbet</b>	4
Indledning	4
Luftvejenes anatomi	4
Næse	4
Mund	5
Svælg	5
Luftrør	6
Bronkier	6
Alveoler	6
Vejrtrækningen	6
Luftforbrug og forhold for røgdykkeren	7
Den atmosfæriske luft	8
Det iltfattige rum	9
Åndedrætsluften mellem alveoler og indermaske	9
Kend dit åndedræt	10
Kredsløbet	12
Hjertet	14
<b>Røggasser er farlige at indånde</b>	15
Generelt	15
Sammendrag af brandrøg	15
Måleenhed for grænseværdier	17
Atmosfærisk luft	19
Carbondioxid – CO <sub>2</sub>	19
Carbonmonoxid – CO	21
Nitrose gasser – NO og NO <sub>2</sub>	22
Svovldioxid – SO <sub>2</sub>	24
Hydrogencyanid – HCN	25
Hydrogenchlorid – HCl	25
Omregningstabel	27
<b>Kroppens reguleringsmekanismer</b>	28
Legemstemperatur	28
Reguleringsområder	28
Grænsen for præstation	29
Kroppens reaktioner på fysisk behandling	30
Oxygenbehov	30
Næringsstoffer og energiindtag	30
Kroppens reaktioner på temperatur	32
Temperatursænkning	32
Tiden	32
Væskebalance	33
Væsketab – dehydrering	34
Hvordan skal brandmanden reducere risikoen for dehydrering og varmekollaps?	36
<b>Stikordsregister</b>	37

---

# Introduktion

Redningsberedskabets personel udsættes ofte for ekstreme arbejdsmæssige forhold. Det er vigtigt for den enkelte at mærke, hvor ens fysiske grænser ligger.

Emnehæftet her er en samling af tre emner, nemlig Vejrtrækning og kredsløbet, Røggasser er farlige at indånde og Kroppens reguleringsmekanismer.

Forståelsen af kroppens funktioner samt de farer den kan udsættes for på et skadested, er centrale temaer i dette emnehæfte.

# Vejrtrækningen og kredsløbet

## Indledning

Kendskab til luftvejenes opbygning og funktion er grundlæggende for forståelsen af vejrtrækningens funktion og dermed også forståelsen af de påvirkninger, der vedrører dette organsystem. Luftvejenes anatomi begynder ved næseborene og mundåbningen og ender i alveolerne.

## Luftvejenes anatomi

Luftvejene består af følgende dele:

- Næse og næsehule
- Mund og mundhule
- Svælg
- Luftrør
- Bronkier
- Lunger

### Næse

#### Slimhinde

Slimhinden i næsehulen er forsynet med talrige blodårer og er foldet over nogle bruskfremspring. Det bevirker, at den luft, der indåndes gennem næsen, føres henover et stort areal slimhinde i næsehulen.



Næsehulen med bruskfolderne, ganen, svælget, tungen og halshvirvelsøjlen

I næsehulen sker følgende:

- Under passagen opvarmes luften
- Indåndingsluften fugtes med vand, til den er mættet med vanddamp
- Lugten registreres
- Småpartikler filtreres fra

## Mund

En del af luften indåndes gennem munden, da modstanden er mindre.

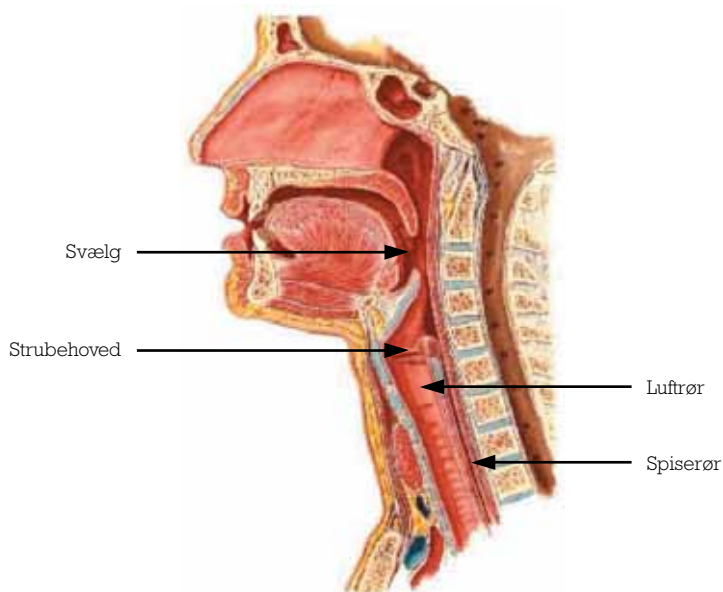
**Mindre effektiv indånding**

I mundhulen sker følgende:

- Under passagen sker en vis opvarmning
- Småpartikler filtreres fra
- Smagen registreres

Processerne i mundhulen er mindre effektive end i næsehulen.

## Svælg



Svælg, strubehoved, luft- og spiserør

Indåndingsluften passerer efter passagen gennem næse eller mund ned gennem svælget, hvor transportvejen i begyndelsen er fælles med maden. Opvarmningen fortsætter, og yderligere vanddamp tilføres, såfremt luften ikke er mættet. I svælget deles transportvejen i spise- og luftrør. Strubelåget lukker indgangen til luftrøret under synkebevægelsen.

**Opdeling i spise- og luftrør**

Under passagen ned bagerst i svælget passerer luften gennem strubehovedet.

I strubehovedet findes stemmebåndene, der er flade hvide bånd. Lyddannelse sker, når udåndingsluften passerer gennem en åbning mellem stemmebåndene, hvorved disse sættes i svingninger.

Lydfrekvensen ændres fra lave til høje toner ved, at stemmebåndene henholdsvis afslappes og spændes.

**Stemmebåndene**

## Luftrør

Når luften har passeret struben, strømmer den ned gennem luftrøret, der er konstant udspilet, idet opbygningen består af bruskringe, der hindrer sammenklapning.

**Fimrehår** På luftrørets inderside og langt ud i bronkierne findes der tætsiddende celler med små fimrehår, der er delvis indlejret i et lag sekret. Mellem disse celler findes der andre, der producerer slimen. Indåndingen er ikke en jævn strøm, men består snarere af lufthvirvler med hovedretning mod lungen. Under luftens passage gennem luftrøret under indåndingen fanges der en del småpartikler i slimlaget.

Fimrehårene laver konstant en slags cirkulære piskebevægelser, der bevirker, at slimlaget vedvarende transporteres mod svælget, hvor slimen hostes op, hvorefter den synkes eller spyttes væk. Denne transport af slim medvirker til at beskytte lungerne for småpartikler m.v.

**Mindre partikler i luftvejen** Generelt kan man sige, at jo mindre partiklerne er, jo længere ud i luftvejen transporteres de, før de fanges af slimen. Fimrehårene ødelægges ved indånding af røg eller andre luftvejsirriterende stoffer, og samtidig øges slimproduktionen.

## Bronkier

Nederst deler luftrøret sig i to hovedbronkier – en til venstre og en til højre lunge. Bronkierne deler sig igen og igen til mindre forgreninger, der kaldes bronkioler, som til sidst ender i små lungeblærer, der kaldes alveoler.

## Alveoler

**Lille sæk** Alveole kommer af græsk og betyder *lille sæk*. Alveolerne, der er lufttransportens endestation, findes i tusindvis.

**Udveksling** Hver alveole omkranses af små blodårer, og det er her, blodet optager indåndingsluftens oxygen og afgiver carbondioxid.

## Vejrtrækningen

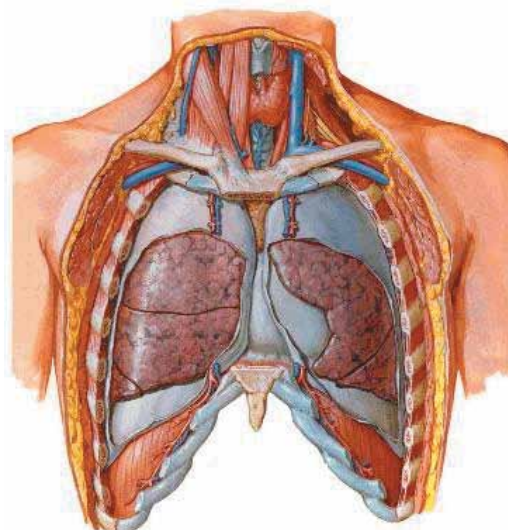
Vejrtrækningsorganerne har følgende opgaver:

- Ilte blodet
- Skaffe kroppen af med den carbondioxid, der er produceret i forbindelse med forbrændingen i cellerne.
- Medvirke til kroppens temperaturregulering

**Det autonome nervesystem** Åndedrættet tilhører det autonome nervesystem og styres fra åndedrætscentret, som er placeret i den forlængede rygmarg. Åndedrætscentret påvirkes af blodets indhold af carbondioxid. Det betyder, at hvis indholdet af carbondioxid i blodet stiger, vil vejrtrækningsfrekvensen automatisk øges.

Luften i lungerne udskiftes ved hjælp af åndedrættet.





Brystkassen og lungerne

Indånding sker ved, at mellemgulvet, der adskiller brysthulen fra bughulen, sænkes mod bugen. Dette sker ved at mellemgulvsmusklen trækker sig sammen. Samtidig trækker de ydre ribbensmuskler sig sammen, og brystkassen hæves. Herved øges brysthulens rumfang, hvilket skaber et undertryk. Da lungerne er ophængt i brysthulen på en sådan måde, at de følger brystkassens bevægelser, udvides lungerne, og der strømmer luft ind gennem de øvre luftveje. Dette kaldes en aktiv proces, da udvidelsen foretages på grund af aktivering af muskler.

### Mellemgulvet

### Aktiv proces

Udånding sker ved, at mellemgulv og ribbensmuskler afslappes. Herved hvæles mellemgulvet og brystkassen sænkes. Brysthulens og lungernes rumfang formindskes og alveolerne presses sammen, og luften åndes ud. Dette kaldes en passiv proces, da det er de spændte musklers og lungers elasticitet, der medfører, at brystkassen sammentrækkes, hvorved der dannes et overtryk, og udånding finder sted.

### Passiv proces

Som nævnt styres vejrtrækningen automatisk. Vi kan dog med viljens kraft bevidst trække vejret hurtigere eller langsommere og mere eller mindre dybt i en periode. Dette er blandt andet vigtigt under røgdykning.

En voksen person i hvile trækker normalt vejret ca. 12 – 16 gange i minuttet. Ved hver indånding strømmer der ca. 0,5 liter (500 ml) luft ned i lungerne, hvilket giver et luftforbrug – lungeventilation – på seks til otte liter i minuttet.

### Vejrtrækning i hvile

## Luftforbrug og forhold for røgdykkeren

Fysisk aktivitet medfører større oxygenbehov i muskelcellerne. Hermed udskilles der også mere carbondioxid, og hermed øges vejrtrækningsfrekvensen. Udover at vejrtrækningsfrekvensen stiger, øges også åndedrætsdybden pr. indånding.

Det samlede luftforbrug stiger voldsomt ved øget fysisk aktivitet og kan hos yngre personer komme op på ca. 100 liter pr. minut.

**Luftforbrug** Som gennemsnitstal for luftforbrug for personer kan nævnes:

- Luftforbrug i hvile 10 liter / minut
- Luftforbrug ved let arbejde 30 liter / minut
- Luftforbrug ved hårdt arbejde 60 liter / minut

Ovennævnte gennemsnitstal skal tages med forbehold, da det er individuelt fra person til person. Den enkelte røgdykker skal være opmærksom på sit eget forbrug i forskellige situationer. Et røgdykkerhold bør sammensættes af personer, der har et nogenlunde ensartede forbrug. Derved udnytter man bedst begges personers luft (indsatstid).

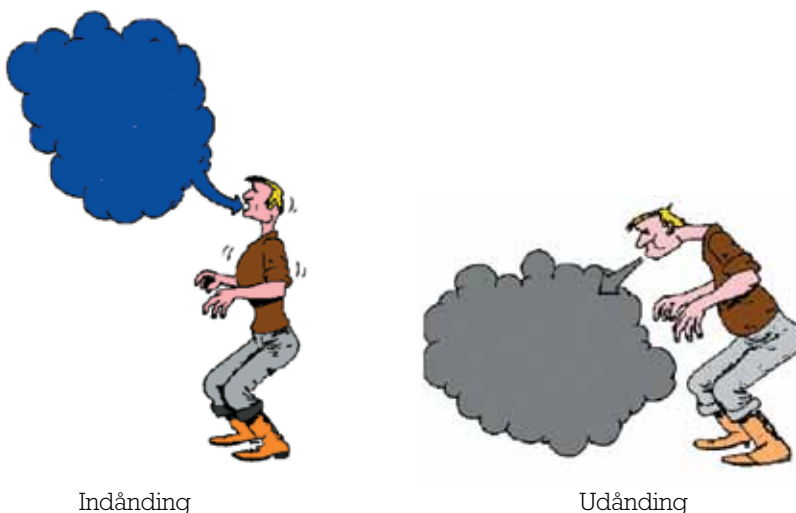
## Den atmosfæriske luft

**Luftens sammensætning**

Den atmosfæriske luft, vi indånder, består af:

- 21 % oxygen
- 78 % nitrogen
- 1 % argon, carbondioxid, vanddamp m.v.

Til en vis grad sørger naturen for at holde balance i sammensætningen af den atmosfæriske luft. Ved mennesker og dyrs stofskifte forbruges oxygen, og der udskilles carbondioxid. Planter optager carbondioxid og danner i stedet oxygen.



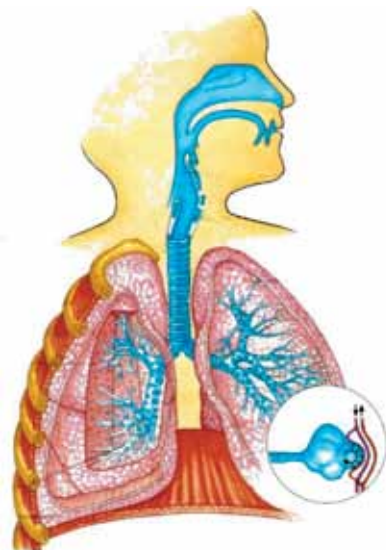
**Forskellen på indåndings- og udåndingsluften**

Den atmosfæriske indåndingsluft indeholder ca.:	Udåndingsluften indeholder ca.:
21 % oxygen (ilt) 78 % nitrogen (kvælstof) 1 % argon, vanddamp mv.	17 % oxygen 78 % nitrogen 4 % carbondioxid 1 % argon, vanddamp mv.

## Det iltfattige rum

Det *iltfattige rum* indeholder den luft – ca. 150 ml – som befinder sig i luftvejene mellem næsen og alveolerne. Denne luftmængde udåndes ikke og har derfor nedsat iltindhold. Ved den almindelige vejtrækningsproces er dette uden betydning.

**Luft med nedsat iltindhold**



Det iltfattige rum – markeret med blå – består af mundhule, næsehule, svælg, luftrør, hovedbronkier og de større bronkiegrene

## Åndedrætsluften mellem alveoler og indermaske

Ved en normal indånding vil en voksen person indånde ca. 500 ml luft. Dette indebærer dog ikke, at al luften ender i alveolerne, da kun ca. 350 ml deltager aktivt i oxygenforsyningen.

Ved udåndingens afslutning er der ca. 150 ml, som befinder sig i luftvejene mellem næsen og alveolerne. Denne luft har været brugt i lungerne, og har derfor et oxygenindhold på kun ca. 17 % og et carbondioxidindhold på ca. 4 %.

**Røgdykkernes indånding**



Røgdykkermaske og et nærbillede af indermaske, som er taget ud af røgdykkermasken

**Det iltfattige rum øges** Røgdykkermasken øger det iltfattige rums samlede rumfang. For at gøre forøgelsen mindre indbygges en indermaske i røgdykkermasken. Det iltfattige rumfang øges hermed kun med indermaskens rumfang. På trods heraf må røgdykkeren alligevel indånde en større mængde luft for at opnå samme resultat som uden maske.

For at sikre, at det iltfattige rum bliver så lille som muligt, er det af afgørende betydning, at indermasken slutter tæt om næse og mund, og at envejsventilerne virker.

## **Kend dit åndedræt**

Røgdykkerens fysiske og psykiske tilstand har stor betydning for luftforbruget under indsats.

**Vægtforøgelse** Alene indsatsdragten og trykløftsapparatet andrager en mervægt på op til 20 kg. Det betyder, at en person, der vejer 80 kg, under indsats vejer ca. 100 kg. Denne mervægt belaster røgdykkeren, således at den reelle fysiske formåen nedsættes med ca. 20 % af det normale. Det vil sige, at røgdykkeren bruger 20 % af sin energi alene på at medbringe sit udstyr.

**Oxygenoptagelsen** En røgdykker i god fysisk form er i stand til at optage mere oxygen i blodet og udnytter derfor indåndingsluften bedre end en røgdykker i dårlig fysisk form. En god fysisk form medvirker også til, at ens psyke styrkes. Man føler et større overskud til at løse de fysiske opgaver og er dermed også bedre i stand til at tackle de psykiske påvirkninger, man udsættes for.

I forbindelse med stor fysisk aktivitet eller ved voldsom psykisk påvirkning kan røgdykkeren påvirkes således, at åndedrætsfrekvensen stiger mere end det reelle behov, og situationen kan udvikle sig til en selvforstærkende ond cirkel. Det kaldes hyperventilation.

**Uddannelse og træning** I forbindelse med røgdykkerens uddannelse og træning skal der trænes i at bringe åndedrættet i balance eller tilbage til normaltilstanden for den pågældende situation.

For at undgå, at ovennævnte situation udvikler sig, bør røgdykkeren forsøge at få kontrol over sit åndedræt ved at foretage rolige, langsomme og dybe vejtrækninger.

Følelsen af, at apparatet ikke giver tilstrækkelig luft, har de fleste røgdykkere på et eller andet tidspunkt oplevet. Røgdykkeren skal vide, at apparatet kan yde alt det, der er behov for – op til 300 liter/min – og at man skal forsøge at bringe åndedrættet i balance ved at bruge ovennævnte metode.

**Åndedrætsfrekvensen** Åndedrætsfrekvensen signalerer også en hel del om personens aktuelle tilstand. Hvis man under indsats fornemmer, at ens makker pludselig begynder at trække vejret unormalt hurtigt, kan dette være et klart signal om, at den

fysiske og psykiske tilstand skal bringes under kontrol, eksempelvis ved at personen nedsætter arbejdstempoet.

Som nævnt har vægten af indsatsdragt og trykluftsapparat, de psykiske påvirkninger og den fysiske aktivitet stor indvirkning på røgdykkerens luftforbrug.

Den samlede indsats tid er afhængig af luftforbruget, idet den til rådighed værende samlede luftmængde jo alene består af indholdet i den eller de trykflasker, man har på sit apparat.

**Den samlede indsats tid**

Det er derfor af stor betydning, at røgdykkeren gør følgende:

- 1) Begrænser den fysiske aktivitet til netop det, der er nødvendigt for at udføre opgaven. *Skynd dig langsomt.*
- 2) Bevarer roen i kritiske situationer og derved forsøger at begrænse de psykiske påvirkninger. *Stress øger vejrtrækning.*
- 3) Sørger for at vedligeholde sin fysik gennem regelmæssig træning. *Overskud.*

**Tre vigtige faktorer**

Det iltfattige rum øges ved brug af maske. Ved hård fysisk aktivitet, hvor røgdykkeren forbruger mere oxygen og producerer en større mængde carbon-dioxid, har det stor betydning, at det iltfattige rum er så lille som muligt.

Når mængden af affaldsstoffer – herunder carbondioxid – stiger i blodet, vil det betyde øget vejrtrækningsfrekvens. Hvis den stiger, uden at åndedrætsdybden øges, kan det betyde, at der ikke udskiftes tilstrækkelig luft under vejrtrækningen til at opveje rumfanget af det iltfattige rum på grund af indermasken.

**Affaldsstoffer i blodet**

Hver indånding vil derfor give mindre udskiftning af luft i alveolerne, hvorfor carbondioxidet ikke ventileres bort i samme grad, som hvis man ikke havde maske på. Det bevirker, at carbondioxidindholdet i blodet stiger.

Det vil igen øge vejrtrækningsfrekvensen, og røgdykkeren kan nu være på vej ind i en ond cirkel, hvor vedkommende til sidst føler sig utilpas og svimmel, hvilket kan medføre, at røgdykkeren bliver bange for, at apparatet ikke kan levere tilstrækkelig luft.

**Ond cirkel**

Følelsen af mangel på luft kan bevirke, at røgdykkeren fristes til at rive masken af.

Såfremt røgdykkeren har disse symptomer, bør han for en kort stund afbryde den igangværende fysiske anstrengelse og koncentrere sig om at få åndedrættet i ro. Det gøres ved at tage nogle dybe vejrtrækninger.

**Holde en kort pause**

Selv den mest erfarne røgdykker kan komme ud for, at carbondioxidindholdet i blodet stiger så meget, at det eksempelvis giver symptomerne øget vejrtrækning og svimmelhed.

Er man kendt med symptomerne fra sin uddannelse, øvelser eller tidligere indsætter, er risikoen for at gå i panik mindre.

## Kredsløbet

Kredsløbet består af blodet, blodkar og hjertet.

### Den totale blodmængde

Den totale blodmængde hos et voksent menneske er på 5 – 6 liter afhængig af personens vægt. Blodet består af 60 % plasma og 40 % blodceller.

Blodet består primært af røde blodlegemer, som transporterer oxygen, hvide blodlegemer, som deltager i immunforsvaret og blodplader, som medvirker til, at blodet størkner.

### Hæmoglobin

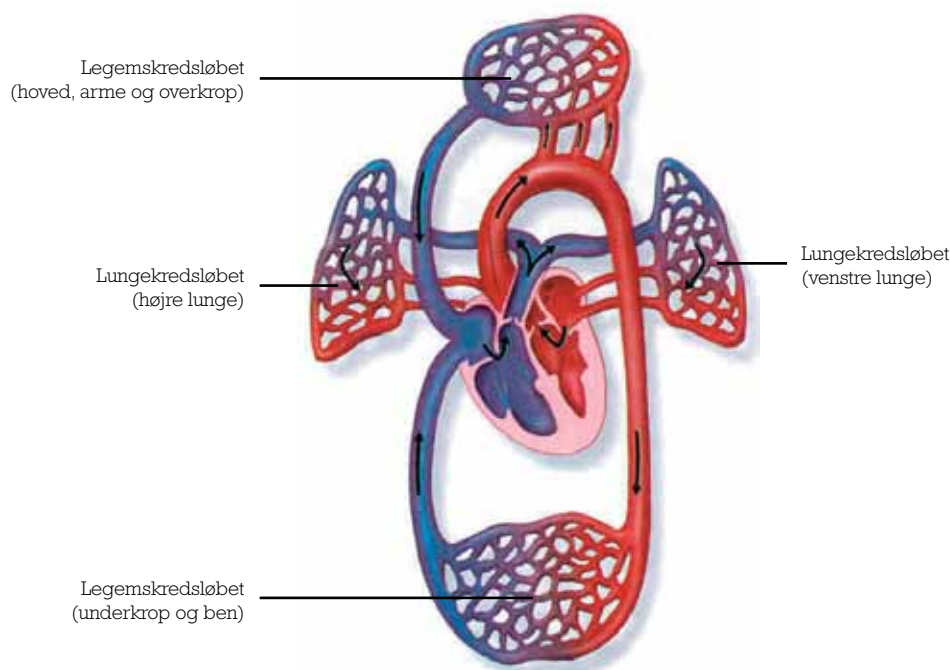
De røde blodlegemer indeholder et rødt jernholdigt proteinstof, som kaldes hæmoglobin.

Når blodet passerer tæt forbi alveolerne i lungerne, vil hæmoglobinet binde oxygen fra indåndingsluften og senere aflevere oxygen til musklerne.

Udover evnen til at binde oxygen kan hæmoglobin også binde carbonmonoxid. Det gør hæmoglobinet ca. 300 gange lettere, end det binder oxygen.

### Carbonmonoxid i indåndingsluften

Dette bevirker, at hvis der er carbonmonoxid i indåndingsluften, vil det være den, der binder sig til blodet i stedet for oxygen. Det medfører, at der opstår oxygenmangel i cellerne. Huden bliver lyserød på grund af carbonmonoxid-indholdet i modsætning til almindelig oxygenmangel, hvor huden bliver blålig eller bleg.



Venstre hjertehalvdel pumper det iltede blod (rød) ud i legemet, og højre hjertehalvdel pumper returblodet (blå) op til lungerne

Blodkarrene, som udspringer fra hjertet og forgrener sig ud til alle kroppens dele, hedder pulsårer eller arterier. Hver gang hjertet slår, pumpes en vis blodmængde ud i arterierne. Denne trykbølge af blod bevirker, at årerne udvider sig, hvilket kan mærkes som et pulsslæg.

### Pulsårer

Trykket i arterierne kaldes blodtrykket. Dette tryk er størst tæt ved hjertet og aftager, jo længere væk blodet bevæger sig.

Arterierne forgrener sig til stadig finere kar, og de fineste kar hedder hårkarnettet eller kapillærene. De danner et fint netmønster med vægge så tynde, at oxygen ved diffusion kan trænge fra blodet over i cellerne og affaldsstofene fra cellerne til blodet.

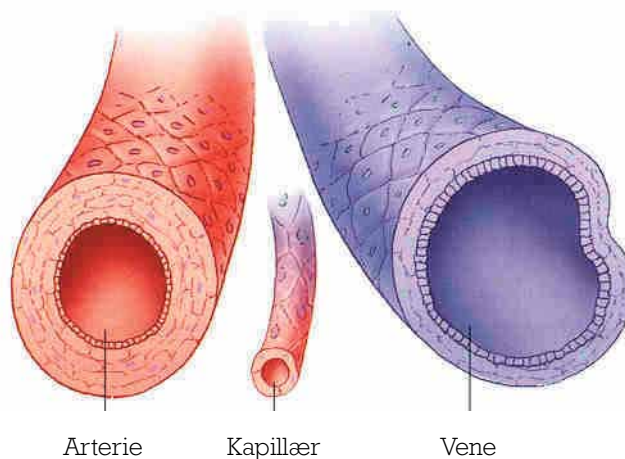
### Kapillærene

Fra kapillærene transporteres blodet i returårerne eller venerne tilbage til hjertet. Blodtrykket er nu meget lavt, og blodet føres tilbage til hjertet ved, at venepumpesystemet, der er muskulaturens tryk på blodårerne under arbejdet, sammenpresser venerne, hvorved blodet presses mod hjertet.

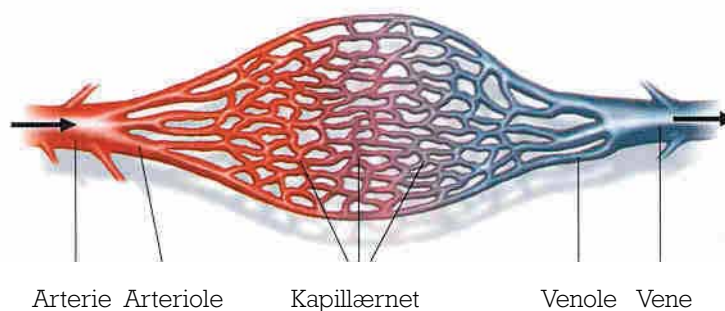
### Venerne

For at sikre, at blodet ikke løber i den forkerte retning, er der i venerne anbragt veneklapper, der virker som envejsventiler. Klapperne åbner for blodstrømmen mod hjertet, men forhindrer, at blodet kan løbe i den modsatte retning.

### Envejsventiler



Blodets vej gennem blodkarrene





## Hjertet

Hjertet, der er placeret i brysthulen, er legemets cirkulationspumpe, der sørger for, at blodet pumpes ud i legems- og lungekredsløbet.

Hjertet er opbygget af hjertemuskelatur og består af fire kamre, som ved hjælp af små elektriske impulser trækker sig sammen, og derved presser blodet ud i kredsløbet.

### Slagvolumen og pulsfrekvensen

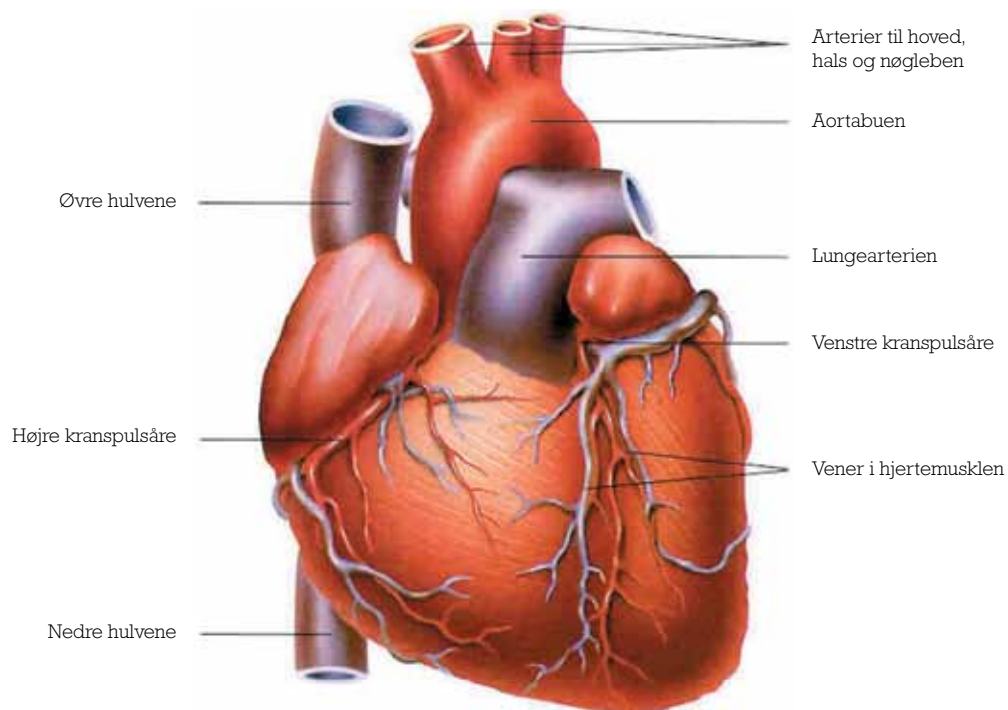
En voksen person presser ca. 70 ml blod ud pr. hjerteslag – slagvolumen. Pulsfrekvensen i hvile er 60 – 80 slag pr. minut, hvilket svarer til, at hjertet pumper den samlede blodmængde på ca. 6 liter rundt i kroppen hvert minut – minutvolumen.

Til trods for, at der er flere faktorer, der letter hjertets arbejde ved hårdt fysisk arbejde, må hjertet rent faktisk arbejde 8 – 10 gange hårdere ved maksimal belastning end ved hvile.

### Røgdykkerindsats

Vi vil sjældent i hverdagen belastes så meget, at hjertet må arbejde maksimalt. Ved en hård røgdykkerindsats i varmt miljø vil vi dog ofte komme i en sådan situation.

Da hjerte- og karsygdomme må betegnes som en folkesygdom, er det derfor af største betydning, at den enkelte røgdykker sikrer sig, at vedkommende er rask og i god fysisk form, så han er i stand til at klare de øgede belastninger.



Hjertet – legemets cirkulationspumpe



# Røggasser er farlige at indånde

## Indledning

Det er ikke muligt kortfattet og fuldstændigt at beskrive alle de gasser og dampe, en røgdykker kan blive udsat for.

Materialsammensætningernes mangfoldighed gør det vanskeligt at bestemme, hvilke stoffer der indgår i en brand, og hvilke giftstoffer der udvikles.

Derfor anlægger en røgdykker fuld åndedrætsbeskyttelse.

**Fuld åndedræts-  
beskyttelse**








Dette kapitel beskriver nogle af de kemiske forbindelser, der udvikles ved en brand og førstehjælp til forgiftede personer.

## Sammensætning af brandrøg

Brandrøgens sammensætning er afhængig af mange faktorer, bl.a. den kemiske sammensætning af det brændende materiale og de omstændigheder, hvorunder branden finder sted – f.eks. oxygenkoncentrationen og luftfugtigheden.

Ved at tage udgangspunkt i de grundstoffer, der indgår i den kemiske sammensætning, kan der opstilles en liste over mulige gasser i brandrøg.

**Grundstoffer**

	<b>Papir og træ</b>	CO, CO <sub>2</sub> , tjære, sod, vanddamp, eddikesyre
	<b>Kul og koks</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp
	<b>Benzin</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp
	<b>Brændselolie</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp, svovldioxid
	<b>Plastik</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp, svovldioxid, saltsyre, ammoniak, nitrøse gasser, eddikesyre, hydrogencyanid, phosgen m.fl.
	<b>Tekstiler samt kunststoffer i boliger</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp, hydrogencyanid m.fl.
	<b>Gummi</b>	CO, CO <sub>2</sub> , sod, vanddamp, svovldioxid, isopren m.fl.

Mulige gasser og partikler i brandrøg

Gasser der kan forekomme i brandrøg ved brand i materialer, som indeholder grundstofferne:

Carbon – C, hydrogen – H og oxygen – O:

Eksempel på materiale	Indeholder grundstofferne	Mulige omdannelsesprodukter ved oxidation
Organisk materiale som f.eks. træ, papir, kul, koks, gummi, benzin, plast: Feks. polyethylen, polypropylen og polyester	Hydrogen – H	Vanddamp
	Carbon – C	Carbonmonoxid – CO Carbondioxid – CO <sub>2</sub>

Carbon og hydrogen

Gasser der kan forekomme i brandrøg ved brand i materialer, som indeholder andre grundstoffer udover carbon, hydrogen og oxygen:

Eksempel på materiale	Indeholder grundstofferne	Mulige omdannelsesprodukter ved oxidation
Plast: Feks. polyamid, NPK-gødning – spaltes ved opvarmning Ammoniak	Nitrogen – N	Nitrogenoxid – NO Nitrogendioxid NO <sub>2</sub> Under ét: Nitrøse gasser
Plast: Feks. polyurethanskum og polyacrylonitril	Nitrogen – N i form af nitril (-CN)	Hydrogencyanid – HCN, der dog i sig selv er brændbart.
Gummiprodukter, der er vulkaniseret med svovl, f.eks. bildæk.	Svovl – S	Svovldioxid – SO <sub>2</sub> Svovltrioxid – SO <sub>3</sub>
Plast: Feks. polyvinylchlorid – PVC, neopren.	Chlor – Cl	Hydrogenchlorid – HCl Phosgen – COCl <sub>2</sub>

Nitrogen, svovl og chlor

Udover disse omdannelses- eller reaktionsprodukter ved oxidation, vil der også være uomsatte og delvist omsatte stoffer til stede som f.eks. eddikesyre, tjære og sod. Sidstnævnte to stoffer er dog ikke til stede som gasser, men som partikler.

Hydrogencyanid eller phosgen, kan omdannes ved en yderligere reaktion med oxygen.

## Måleenheder for grænseværdier

Ved bestemmelse af de kemiske forbindelsers giftvirkninger anvendes forskellige måleenheder.

I forbindelse med gasser og dampe anvendes:

- ppm, *parts per million* = *dele pr. million*, svarende til antal kubikcentimeter forureningsstof pr. kubikmeter luft **ppm**

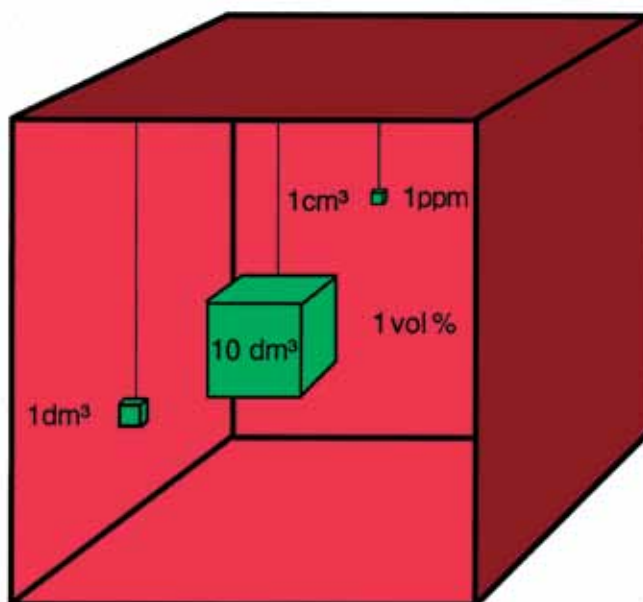
**Gasser** • Vol % (volumenprocent)

- 1 Vol % = 10.000 ppm
- 1 ppm = 1/10.000 vol %

I forbindelse med brandrøgspartikler og støv anvendes:

**Partikler** • mg/m<sup>3</sup>, milligram forureningsstof pr. kubikmeter luft

For at give en bedre forståelse af disse forskellige benævnelser er de tegnet ind på nedennævnte figur.



**Kasse på 1 m<sup>3</sup>** Den store kasse skal anskueliggøre 1 m<sup>3</sup>.

Inde i kassen er tegnet en kasse, der er benævnt 10 dm<sup>3</sup>. Denne kasse svarer til en hundrededel af en m<sup>3</sup> og benævnes 1 vol %.

En lidt mindre kasse er benævnt 1 dm<sup>3</sup>, hvilket svarer til en tusindedel af en m<sup>3</sup>.

Den mindste kasse er benævnt 1 cm<sup>3</sup>, svarende til en milliontedel af en m<sup>3</sup>. Denne benævnes også ppm, *parts per million*.

Grænseværdier fremgår af *Arbejdstilsynets vejledning – Grænseværdier for stoffer og materialer*.

Grænseværdier angiver normalt stoffets tidsvægtede gennemsnitskoncentration af et stof eller materiale i den luft, der indåndes på arbejdspladsen for en ottetimers arbejdsdag.

## Grænseværdier

Selv om den tidsvægtede gennemsnitskoncentration ikke overstiger grænseværdien, må koncentrationen i en tidsperiode på højst 15 minutter dog aldrig overskride 2 x grænseværdien.

I *Indsatskort for kemikalieuheld* angives en IDLH-værdi. Det betyder *Immediately Dangerous to Life and Health concentrations*. Dette svarer til den danske betegnelse, *Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred*, som angives i ppm eller mg/m<sup>3</sup>.

## IDLH-værdi

Det angiver den maksimale koncentration, som man kan flygte fra inden for 30 minutter uden åndedrætsbeskyttelse og uden, at der opstår flugthindrende symptomer, som f.eks. alvorlig øjenirritation eller varige mén.

## Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred

## Atmosfærisk luft

Sammensætning af atmosfærisk luft:

Stof	Vol % – volumenprocent
Nitrogen – N <sub>2</sub>	78,08
Oxygen – O <sub>2</sub>	20,95
Argon – Ar	0,93
Carbondioxid – CO <sub>2</sub>	0,03
Øvrige stoffer	0,01

Denne sammensætning ændres i forbindelse med dannelse af røggasser.

## Carbondioxid – CO<sub>2</sub>

Den er en ubrændbar og lugtløs gas, der er ca. 1,5 gange tungere end luft. Den fortættes til en klar væske under normale temperaturforhold ved et tryk på ca. 55 bar.

Ved en øget arbejdsindsats forbruger organismen mere oxygen og danner mere carbondioxid. Hjernens åndedrætscenter reagerer reflektorisk på den forhøjede mængde carbondioxid ved at øge vejrtrækningerne således, at carbondioxidprocenten i lungerne holdes konstant.

F.eks. vil en 2 % tilstedeværelse af carbondioxid i indåndingsluften bevirke, at åndedrætsintensiteten øges med 50 %. Er der 3 % carbondioxid i indåndingsluften, vil åndedrættet blive fordoblet. Indeholder indåndingsluften 5 % carbondioxid, vil åndedrættet reflektorisk stige til det tredobbelte af det normale.

Carbondioxids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
5.000	9.000	Grænseværdi
20 – 40.000	36.500-73.000	Hovedpine og hurtigere vejrtrækning
40.000	73.000	Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred
50 – 70.000	91.500-128.000	Hovedpine, rødme, sved, øresusen, hjertebanken, uro og åndedrætsbesvær
80 – 100.000	146.000-183.000	Svimmelhed, mathed, forvirrethed og åndedrætsbesvær
>100.000	>183.000	Irritation af svælg, bevidstløshed og eventuelt krampe
>200.000	>366.000	Dødeligt i løbet af få minutter

Carbondioxid fortrænger luftens oxygen.

Carbondioxids giftvirkninger indtræder, selv om oxygenindholdet i indåndingsluften er normalt eller endog større end 21 %. Er oxygenindholdet lavere, vil giftvirkningerne indtræde tidligere.

#### Carbondioxid på ethvert brandsted

Carbondioxid forekommer stort set på ethvert brandsted. Herudover vil man kunne træffe den i virksomheder, hvor et CO<sub>2</sub>-sprinkleranlæg er eller har været i gang – f.eks. i trykkerier, maskinrum i skibe, transformerrum, lager- rum for lakker m.m. samt lagerrum i skibe, hvor frugt og lignende modnes. Gassen forekommer ligeledes i brønde, hvor carbondioxid fra jordlagene – ved atmosfærisk lavtryk – trænger ud i brønden. I små lukkede rum, hvor kulsyresneslukkere har været anvendt, kan der også være en høj koncentration af carbondioxid.

Førstehjælp:

#### Carbondioxid-forgiftet person

En carbondioxidforgiftet persons ansigtsfarve kan være fra blussende rød og svedende til let grålig. Den forgiftede skal omgående have frisk luft og forholde sig fuldkommen i ro. Er den forgiftede bevidstløs, gives trinvis førstehjælp.

## Carbonmonoxid – CO

Den er en farveløs, brændbar gas uden lugt eller smag, der er en smule lettere end atmosfærisk luft og med en antændelsestemperatur på 700° C.

Carbonmonoxids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
25	29	Grænseværdi
1.000	1.200	Ved udsættelse i to timer indtræder bevidstløshed.
1.200	1.400	Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred. Hovedpine, træthed, svimmelhed og hjertebanken samt åndedrætsbesvær.

CO opstår sammen med CO<sub>2</sub>

Carbonmonoxid påvirker blodets oxygenbærende evne.

Da carbonmonoxid ofte forekommer sammen med carbondioxid, der som nævnt kan forøge åndedrætsfrekvensen, er der en øget risiko for, at en endnu større mængde carbonmonoxid indåndes med det resultat, at carbonmonoxidforgiftningen kan indtræde hurtigere, end det ellers ville være tilfældet.

Svage, umiddelbare og udratiske symptomer fra en akut forgiftning forsvinder relativt hurtigt, når den forgiftede kommer ud i frisk luft. Det tager dog forholdsvis lang tid at befri blodet for den ophobede carbonmonoxid. Det betyder, at der kan opstå en livstruende forgiftning, hvis man udsættes for to eller flere relativt ufarlige doser med korte mellemrum. Det skyldes, at de røde blodlegemer, som normalt optager oxygen i lungerne, ca. 300 gange lettere binder sig til carbonmonoxid.

*Udvaskningen* af carbonmonoxid fra blodet sker ganske langsomt – typisk flere dage.

Udvaskning

Førstehjælp:

En carbonmonoxidforgiftet person vil ofte have lyserød hud og læber og se påfaldende rask ud. Den forgiftede skal snarest muligt bringes ud i frisk luft af hensyn til oxygentilførslen. Der skal hurtigst muligt behandles med oxygen. Den forgiftede skal være i absolut ro og sikres mod afkøling.

Er den forgiftede bevidstløs gives trinvis førstehjælp samt oxygentilførsel. Personen skal i alle tilfælde under lægebehandling.

Carbonmonoxid-forgiftet person

## Nitrøse gasser – NO og NO<sub>2</sub>

### NPK-kunstgødning

Nitrøse gasser opstår, når f.eks. salpetersyre reagerer kemisk med metaller, ved brand i nitrocellulose, ved elsvæjsning samt ved eksplosion i sprængstoffer. På brandsteder, hvor der er oplagret kunstgødning af typen NPK – nitrogen, phosphor og kalium – kan der dannes nitrøse gasser, idet NPK-gødningen spaltes ved opvarmning til ca. 60° C.

Nitrøse gasser kan udover at være rødbrune også have en lysere, gråhvid farve.



Nitrøse gasser udvikles, fordi salpetersyre angriber køretøjernes metalliske overflader.



Et forsøg med opvarmning af NPK gødning (NPK 21-3-10 m. Mg, S, B) afgiver her hvide røggasser.



## Nitrogenoxid – NO

Nitrogenoxid er en farveløs gas med en stikkende lugt. Nitrogenoxid påvirker blodets oxygenbærende evne.

En farveløs gas

Nitrogenoxids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
25	31	Grænseværdi
100	125	Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred.

Nitrogenoxid reagerer med luftens indhold af ozon under dannelse af nitrogendioxid – reaktionen forløber meget hurtigt.

Luftens indhold af ozon

Nitrogenoxid reagerer også – langsommere – med luftens oxygen under dannelse af nitrogendioxid. Jo højere koncentrationerne er af nitrogenoxid, desto hurtigere er reaktionen med oxygen.

## Nitrogendioxid – NO<sub>2</sub>

Nitrogendioxid er en gul væske med et kogepunkt på 21° C eller en rødbrun gas med en stikkende lugt.

En gul væske

Nitrogendioxids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
0,39	0,75	Lugtgrænse
2	4	Grænseværdi
10 – 20	19-38	Irritation af øjne og næse
20	38	Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred.
100	190	Lungeødem efter ca. 60 minutter evt. med dødeligt forløb
250	480	Lungeødem efter mindre end fem minutters udsættelse

Nitrogendioxid påvirker de nedre luftveje

Indånding af relativt små mængder nitrøse gasser giver ingen umiddelbare eller kun svage symptomer. Selv om den forgiftede har symptomer som hoste, irritation af øjne og luftveje efter at have indåndet en dosis nitrøse gasser, kan disse hurtigt forsvinde ved ophold i frisk luft.

Symptomer

**Lungeødem**

Efter 4 – 24 timer kan påvirkningen af forgiftningen imidlertid udvikle sig, da der ved indånding dannes syre, som ødelægger vævet og giver syreætsning. Symptomerne kan pludselig vende tilbage med stærk hoste, åndedrætsbesvær og uregelmæssig puls. Der er fare for forsinket lungeødem. Den forgiftede kan glide over i bevidstløshed og derefter dø. Derfor skal personer med selv svage symptomer på eller ved mistanke om forgiftning indbringes til sygehus til observation.

Førstehjælp ved indånding af nitrøse gasser:

**NO og NO<sub>2</sub>-forgiftet person**

Den forgiftede skal bringes i frisk luft og være i absolut ro samt sikres mod afkøling.  
 Hurtig lægebehandling er absolut påkrævet.  
 Er den forgiftede bevidstløs gives trinvis førstehjælp.

## Svovldioxid – SO<sub>2</sub>

**Farveløs, ikke brændbar gas**

Svovldioxid er en farveløs ikke brændbar gas, der er ca. to gange tungere end luft og med en stikkende lugt. Den er opløselig i vand og fortættes til en farveløs væske ved et tryk på ca. to bar. Koncentreret svovldioxid forekommer hovedsageligt i den kemiske industri.

Svovldioxids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
0,5	1,3	Grænseværdi.
1,1	3	Lugtgrænse
5	13	Irritation af øjne, næse og svælg. Øget puls og åndedræt.
50	133	Øjen- og luftvejsirritation. Krampe i stemmelæberne kan medføre kvælning.
100	270	Det umiddelbare farlige niveau i luft for liv og helbred

Svovldioxid virker irriterende på de øvre luftveje. Efter indånding er der risiko for akut lungeødem og kemisk lungebetændelse

**Symptomer**

Symptomerne ved indånding er hoste, åndedrætsbesvær, hovedpine og svimmelhed. Fråde om munden og blålig misfarvning af hud og slimhinderne.

Førstehjælp:

Den forgiftede skal anbringes i frisk luft og være i absolut ro samt sikres mod afkøling. Ved bevidstløshed gives trinvis førstehjælp samt oxygentilførsel. Hurtig lægebehandling er påkrævet.

**SO<sub>2</sub>-forgiftet person**

## Hydrogencyanid – HCN

Hydrogencyanid er en farveløs, meget flygtig væske, der også går under navnet blåsyre. Dampene er lige så tunge som luft. Den er yderst brandfarlig, også når den er opløst i vand. Hydrogencyanid omdannes ved reaktion med luftens oxygen.

**Farveløs, flygtig væske**

Antændelsestemperaturen er 538° C.

Hydrogencyanid anvendes til bekæmpelse af rotter og andre skadedyr i skibe, lagerbygninger m.v. Endvidere til kemiske synteser og til metalbehandling.

Hydrogencyanid dannes, når cyanider som f.eks. kalium- eller natriumcyanid udsættes for luftens fugtighed eller for syre. Det kan endvidere dannes ved brand i visse nitrogenholdige organiske forbindelser, f.eks. skumplast og andre plastmaterialer.

Hydrogencyanids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
0,6	0,7	Lugtgrænse
5	5,6	Grænseværdi.
50	56	Det umiddelbare farlige niveau i luft for liv og helbred
100	112	Livsfarlig efter 30 – 60 minutter
300	337	Dødelig efter få minutter

NB. Indtagelse af 1 – 3 mg (HCN) per kilo legemsvægt er dødeligt

Hydrogencyanid påvirker kroppens udnyttelse af oxygen. Ved mindre koncentrationer opstår hovedpine, svimmelhed, åndedrætsbesvær og angstfølelse. Ved alvorlig forgiftning: Mavesmerter, opkastning, hjertebanken, kvælningss fornemmelse, kramper og bevidstløshed.

**Symptomer**

Ved indånding af dampe i større mængder opstår øjeblikkelig kramper, og bevidstløshed indtræder. Det er dødeligt i løbet af 5 – 15 minutter.

Hydrogencyanid kan trænge gennem huden.

## Førstehjælp

### HCN-forgiftet person

Den forgiftede må ikke berøres direkte, men kun af personer iført fuld åndedrætsbeskyttelse og gummihandsker.

Den forgiftede skal anbringes i frisk luft og omgående bringes under lægebehandling. Kunstigt åndedræt må ikke gives ved mund til næse-metoden, men kun ved brug af ventilationsmaske. Oxygenbehandling skal gives hurtigst muligt.

## Hydrogenchlorid – HCl

### En farveløs, ikke brændbar gas

Hydrogenchlorid er en farveløs, ikke brændbar gas med en stikkende lugt. Den dannes ved brand i chlorholdige materialer og er let blandbar med vand under dannelse af saltsyre.

Hydrogenchlorid giver syreætsning.

Hydrogenchlorids virkninger ved forskellige koncentrationer er følgende:

ppm	mg/m <sup>3</sup>	Virkninger
0,3 – 4,7	0,5-7,1	Lugtgrænse
5	7,6	Grænseværdi
35	53	Irritation af svælg ved kortvarig indånding
50	76	Det umiddelbare farlige niveau i luft for liv og helbred
50 – 100	76-152	Uudholdeligt efter ca. 60 minutter
1.000 – 2.000	1.520-3.035	Dødelig ved indånding i få minutter.

### Symptomer

Hydrogenchlorid virker irriterende på de øvre luftveje. Efter indånding er der risiko for akut lungeødem.

Ved brand i materialer indeholdende fluor, brom eller jod kan der på tilsvarende måde dannes hydrogenfluorid, hydrogenbromid eller hydrogeniodid.

Førstehjælp:

### HCl-forgiftet person

Den forgiftede anbringes i frisk luft. Ved behov gives oxygenbehandling.

Den forgiftede skal under lægebehandling.

## Omregningstabel

Det umiddelbart farlige niveau i luft for liv og helbred – anført som IDLH-værdier omregnet fra ppm til volumenprocent og til mg/m<sup>3</sup> ved 20° C:

Stof	IDLH – ppm	IDLH – vol %	IDLH – mg/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub>	40.000	4,0000	73.000
CO	1.200	0,1200	1.400
NO	100	0,0100	125
NO <sub>2</sub>	20	0,0020	38
SO <sub>2</sub>	100	0,0100	270
HCN	50	0,0050	56
HCl	50	0,0050	76

# Kroppens reguleringsmekanismer

## Legemstemperatur

**Kernetemperaturen** Menneskets indre temperatur – legemstemperaturen eller kernetemperaturen – er ca. 37° C i hvile. Under arbejde stiger den til et højere niveau, der reguleres efter arbejdets intensitet, og den er uafhængig af temperaturen i omgivelserne.

Legemstemperaturen har betydning for kroppens evne til at udføre arbejde. Jo højere temperaturen er, jo hurtigere forløber alle processer i kroppen. Der er dog en grænse for, hvor høj en temperatur kroppens celler kan tåle, og denne grænse ligger nær de legemstemperaturer, der kan forekomme ved hårdt arbejde i varmt miljø.

**Varmekollaps og hedeslag** Er temperaturen over 40° C, kan det medføre træthed og i værste fald varmekollaps og hedeslag. Ved temperaturer omkring 41 – 42° C og derover destrueres proteiner – æggehvide-stoffer – i cellerne, kroppens funktioner ophører, og personen dør.

Temperaturen på kroppens overflade er afhængig af omgivelserne og påklædningen. Ved hjælp af beklædning tilstræber man, at hudens temperatur holdes på et niveau, hvor man føler sig behagelig tilpas. Mennesker foretrækker normalt, at hudens overfladetemperatur er 33 – 34° C i hvile, og gradvis lavere jo hårdere arbejde man udfører – ned til ca. 28° C.

## Reguleringsområder

**Hjernestammen** Menneskets legemstemperatur reguleres fra et center i den øverste del af hjernestammen.

Reguleringen sker på grundlag af oplysninger, som centret får fra temperatursanserne i huden og fra temperaturen af det blod, der gennemstrømmer centret. Blodets temperatur oplyser centret om legemets gennemsnitstemperatur, medens hudens temperatur indirekte oplyser om omgivelsernes temperatur.

Kroppens muligheder for at foretage temperaturregulering er især følgende:

- Tre måder krops-temperaturen måles på**
1. Stråling fra kroppens overflade til den omkringliggende lavere lufttemperatur
  2. Ledning, når legemets overflade er i direkte kontakt med en koldere overflade – f.eks. den kolde seng om aftenen, som er dejlig varm om morgenen
  3. Fordampning via hudens svedkirtler

Hvis omgivelsernes og luftens temperatur er høj – højere end hudens temperatur – bliver det vanskeligt for organismen at komme af med den varme, der dannes på grund af stofskiftet, og legemstemperaturen vil begynde at stige.

## Svedkirtler

Centret vil i en sådan situation søge at øge varmeafgivelsen. Det sker især ved at åbne blodkarrene i huden, hvorved den bliver varm og rød, og varmeafgivelsen ved stråling øges. Svedkirtlerne i huden stimuleres til at danne og afgive sved på hudens overflade. Svedens fordampning forøger legemets varmeafgivelse betydeligt og er derved med til at regulere temperaturen.

Under arbejde sker varmereguleringen stort set efter de samme retningslinier, som er beskrevet ovenfor.

Hvis omgivelsernes og luftens temperatur er lav, vil varmetabet fra overfladen forøges, og dette bevirker et fald i legemstemperaturen. Dette søger centret at modvirke på to måder.

For det første har centret mulighed for at holde legemstemperaturen ved at sende impulser til skeletmuskulaturen, således at der opstår kulderystelser, der øger varmeproduktionen.

## To måder at øge kropstemperaturen på

For det andet ved at udsende impulser til hudens kar – gennem det autonome nervesystem – der får karrene til at trække sig sammen. Herved hæmmes blodgennemstrømningen i huden. Der kommer mindre varmemængde til huden, der bliver bleg og kold.

Centret har således en slags termostatfunktion.

## Grænser for præstation

Der er fysiske grænser for, hvor meget varme der kan afgives til omgivelserne, og når disse grænser overskrides, stiger legemstemperaturen over den regulerede temperatur, så den svarer til arbejdspræstationen.

En røgdykkers arbejde er fysisk hårdt og udføres under forhold, hvor legemstemperaturen ikke kan indstilles på et niveau, der svarer til arbejdet, fordi varmeafgivelsen til omgivelserne ikke kan følge med. Derfor vil legemstemperaturen være stigende og kan på et tidspunkt nå farlige høje værdier. Denne temperaturstigning skal foregå så langsom som muligt, så den tid, hvor røgdykkeren kan arbejde, bliver så lang som mulig. Den enkelte røgdykker skal kende kroppens signaler og lære at lystre disse.

## Kropstemperaturstigning



Kropstemperaturen ved varme (t.v.) og kolde (t.h.) omgivelser

## Kroppens reaktioner på fysisk belastning

### Oxygenbehov

#### Oxygenoptagelsen

I hvile har vores muskler ikke et særligt stort behov for oxygen, men behovet stiger kraftigt ved fysisk arbejde. Det sker for at skaffe tilstrækkelig energi til muskelarbejdet. Forsøg har vist, at oxygenoptagelsen pr. minut kan hæves fra 1,5 ml til op imod 150 ml pr. kilo kropsvægt.

For at få så stor en mængde oxygen ud til de arbejdende muskler er det nødvendigt, at flere forskellige mekanismer hjælper til.

Følgende mekanismer fremmer den øgede oxygentransport:

- Pulsens stiger – øget pulsfrekvens
- Hjertet pumper mere blod pr. slag – øget slagvolumen
- Blodet omfordeles fra fordøjelsessystemet til musklerne
- Bedre udnyttelse af de røde blodlegemer – hæmoglobin
- Blodtrykket stiger

#### Mælkesyre

Mælkesyre dannes primært, når muskler arbejder uden tilstrækkelig tilførsel af oxygen. Mælkesyre er et affaldsprodukt fra energiproduktionen i musklerne. Når der dannes mælkesyre, skyldes det, at kroppens puls og åndedræt ikke når at stige tilstrækkeligt, inden musklerne kommer i oxygenunderskud. Dette er også en situation, som sportsfolk kender til.

Ophobning af mælkesyre i musklerne kan ske ved indsats med høj arbejdsintensitet eller under stressede arbejdsvilkår. Denne stress kan forårsage utilstrækkelig vejtrækning og dermed utilstrækkelig oxygenoptagelse.



## Næringsstoffer og energiindtag

I forbindelse med fysisk aktivitet kan oxygenforbruget til forbrænding af næringsstoffer i kroppen stige voldsomt.

Den energi, der udvikles ved forbrænding af næringsstoffer, benyttes i de kemiske processer, der finder sted i cellerne, for at få musklerne til at arbejde samt til dannelse af restprodukter i form af vand og varme. I hvile producerer kroppen ca. 70 W, der bl.a. medvirker til at opretholde kroppens temperatur på 37° C. Varmeudviklingen kan dog stige helt op til 1000 W ved hårdt fysisk arbejde.

Mangel på kulhydrat – brændstof – i kroppen kan også medføre, at røgdykkerens præstationsevne falder betydeligt. Kulhydrat er kroppens mest tilgængelige brændstof, og i forbindelse med hårdt fysisk arbejde – eventuelt i et varmt miljø – har forsøg vist, at forbrændingen i cellerne ændres efter 30 – 60 minutter fra kulhydrat- til fedtforbrænding.

Fedt er et energirigt brændstof, men vanskeligere for cellerne at anvende, og derfor formindskes røgdykkerens præstation. Den samme situation opstår hos sportsfolk, der f. eks. løber lange distancer, når de overgår fra kulhydrat- til fedtforbrænding.

## Næringsstoffer

## Kulhydrater

## Fedt



Røgdykkere trænes i varmt miljø i blandt andet overtændingscontainere

## Kroppens reaktioner på temperatur

### Varmekollaps

Den ovenfor nævnte energiudvikling betyder, at kroppens temperatur kan stige med en grad for hver 5 – 8 minutters arbejde, hvis kroppen ikke samtidigt afgiver varme til omgivelserne. Denne ophobning af varme kan medføre, at kroppen ved fortsat arbejde bliver udsat for varmekollaps inden for ca. 20 minutter.

Det er samspillet mellem kroppens varmeproduktion og evne til at regulere varmen, der er afgørende for, om legemstemperaturen kan holdes konstant.

Gennem øvelser, indsats og fysisk træning kan røgdykkeren forbedre sin evne til at arbejde under øget legemstemperatur.

### Temperatursænkning

#### Sved

En forudsætning for, at kroppen kan modstå høje varmepåvirkninger, er først og fremmest en tilfredsstillende svedproduktion. Denne produktion er forskellig fra person til person.

Sveden i sig selv indebærer ingen større temperatursænkende effekt, det er først, når sveden fordampes, at effekten opnås. Denne fordampning vil dog blive besværliggjort, hvis den omkringliggende luft indeholder høj fugtighed.

#### Vanddamp

Det kendes af røgdykkere fra situationen, hvor de trænger ind i en bygning for at foretage slukning. I begyndelsen er luften rimelig tør, men når der åbnes for strålerøret, og vandet omdannes til vanddamp, stiger luftfugtigheden voldsomt. Dette indebærer, at røgdykkerens evne til at modstå varmen pludselig nedsættes.

Fordampning via luftvejene spiller også en vis rolle i temperaturreguleringen. Ca. 2 – 5 % af den totale afkøling sker via luftvejene. Det kan være den eneste afkøling, brandmanden får i forbindelse med røgdykning.

### Tiden

#### Varmebelastningen

Risikoen for, at røgdykkeren havner i en situation, hvor varmebelastningen er stor, skyldes ofte flere faktorer, men tiden har en stor indflydelse. Lange indsatser øger risikoen for varmekollaps hos røgdykkere.

Under en langvarig røgdykkerindsats skal såvel røgdykkerne som holdlederen derfor være opmærksomme på eventuelle symptomer på for stor varmebelastning. Hvis de mærker, at en røgdykker optræder unormalt – f. eks. ikke reagerer på opkald eller svarer usammenhængende – skal de straks tage affære og få holdet ud, inden der opstår en farlig situation på grund af en røgdykkers manglende evne til at tænke klart.

Ved total varmekollaps vil der ud over symptomerne utilpashed, kvalme, svimmelhed og hovedpine nu opstå langt alvorlige symptomer i form af blodtryksskud, ophør af svedproduktion samt bevidstløshed.

Røgdykkeren befinder sig nu i en tilstand, hvor han er afhængig af hjælp fra sine kolleger. Hvis han ikke hurtigt bringes ud i det fri, vil hans legemstemperatur stige yderligere, hvilket i yderste konsekvens kan medføre døden. Eftersom svedproduktionen er ophørt, vil kroppen efterhånden få samme temperatur som omgivelserne.

**Svedproduktion stopper**

Så snart røgdykkeren er bragt ud i det fri, skal apparatet aftages, og indsatsdragten løsnes eller aftages, hvorved kropstemperaturen sænkes. Det er vigtigt at røgdykkeren indtager væske. Hvis personen er bevidstløs, skal der ydes trinvis førstehjælp.

## Væskebalance

Ved væskebalance forstås legemets evne til at skabe ligevægt mellem væskeindtagelse og væsketab.

Der er en sammenhæng mellem lang indsatsid og alvorlige varmesymptomer. I den tid en røgdykker er i indsats, må han modvirke en temperaturstigning ved at svede og fordampe mest mulig sved. Denne ofte store fordampning af sved kan medføre, at røgdykkerens væskebalance kommer i underskud, hvilket igen medfører fare for helbredet.

**Indtage væske**

Ved slutningen af en længerevarende indsats kan væsketabet andrage en anseelig størrelse, hvilket medfører, at arbejdsevnen falder, samtidig med at risikoen for varmekollaps stiger.

Forsøg har vist, at arbejdsevnen falder med minimum 25 % ved væsketab på kun 2 % af kropsvægten.

Ved lange og meget varme indsats er vil væsketabet komme betydelig over de 2 %, hvilket medfører, at kroppen ikke kan opretholde blodtrykket. Dette påvirker blandt andet hjernen, og røgdykkeren kan pludselig blive bevidstløs. Det kan være vanskeligt at afgøre, om bevidstløsheden skyldes væskemangel eller varmekollaps, idet det oftest skyldes en kombination af begge faktorer.

**Lange, varme indsats er**

Idrætsudøvere ved, at væskebalancen er af stor betydning for præstationsevnen. Det væsketab, der er i forbindelse med fysisk aktivitet, må erstattes ved indtagelse af væske.

Røgdykkerens problem er dog ofte, at det ikke er muligt at kompensere for væsketabet i forbindelse med indsats af længere varighed.

Den væske, som en røgdykker skal indtage, bør være køligt vand. Det kan ikke anbefales, at der indtages kulhydratholdige væsker, da det kan øge risikoen for mavekrampe eller kvalme. Ved indsats under en times varighed kan det heller ikke anbefales, at der indtages forskellige kulhydrat- eller saltholdige drikke. Salt behøves normalt ikke på dette stadie, og kulhydrater kan modvirke hurtig væskeoptagelse fra tarmen.

**Drik køligt vand**

**Almindelig forplejning** Ved længerevarende indsatser er der ud over væske også behov for almindelig forplejning, herunder kulhydrat- og saltholdige produkter.

Røgdykkere, som har udført hårdt fysisk arbejde i længere tid, kan på grund af varme, væsketab og mælkesyreophobning miste helt op til 75 % af deres normale ydeevne.

Røgdykkere skal derfor træne under realistiske forhold, så de kender kroppens reaktioner.

### **Væsketab – dehydrering**

Det sker ofte, at brandmænd får ubehag efter en indsats, hvor de har udført hårdt fysisk arbejde. Dette skyldes blandt andet væsketab – dehydrering – i kroppen.



Røgdykker genetablerer væskebalancen og tilfører luft til huden efter en indsats

---

**Hårdt fysisk arbejde** Når brandmænd udfører hårdt fysisk arbejde i forbindelse med brand- og redningsindsatser, er de altid iklædt en tung og isolerende indsatsdragt, der beskytter dem imod varmepåvirkninger udefra. Det betyder samtidigt, at kroppen kun er i stand til at afgive varme til det lille rum, der er inde i dragten. Derved ophobes der varme i kroppen, hvilket medfører, at kroppen forsøger at kompensere yderligere ved at svede endnu mere. Herved opstår der et større væsketab, der kan medføre dehydrering af kroppen.

Ved dehydrering har kroppen mistet en relativ stor mængde væske, som tages fra cellerne og blodbanen. Derved mindskes kroppens evne til at arbejde.

Kroppen består af ca. 67 % vand og 33 % fast stof. Vandet fordeler sig med 65 % i cellerne, 25 % i vævene mellem cellerne, og 10 % udgør blodplasmaet.

En tommelfingerregel er, jf. *Ildrættens Træningslære* udgivet af Danmarks Idrætsforbund, at præstationen falder med ca. 10 %, for hver 1 % væske man mister. Det vil sige, at et væsketab på 5 % er lig med præstationstab på 50 %.

### Væsketab ift. arbejdsevne

*Et eksempel:*

En brandmand, der vejer 90 kg, mister 2 liter væske under en røgdykning. Hvor meget er hans arbejdsevne reduceret med, ved arbejdets ophør?

*Udregning:*

Væskeindhold i kroppen	90 kg legemsvægt x 67 % vand = 60 liter
Væsketab	$\frac{2}{60}$ liter x 100 % = 3,3 %
Reduktion af arbejdsevne	3,3 % væsketab x 10 = 33 %

### Udregning

Andre undersøgelser fra bl.a. Sverige viser, at et væsketab svarende til to procent af legemsvægten betyder en reduktion af arbejdsevnen på 25 %. Dette skal sammenholdes med en finsk/tysk undersøgelse, der viser, at brandmandens udrustning – ca. 25 kg – beslaglægger ca. 25 % af arbejdsevnen.

Et resultat af røgdykkerforsøg i Sverige, hvor der deltog 27 brandingeniørstuderende, der alle havde bestået de fysiske krav, der stilles til en brandmand i Sverige, viste følgende gennemsnit:

### Forsøg

	Gennemsnit	Interval
Røgdykkertid	29 min.	18 – 37 min.
Vægttab	1,8 kg	0,8 – 4,0 kg
Luftforbrug	45 liter/min.	31 – 65 liter/min.
Væsketab	4 %	2 – 10 %
Arbejdsreduktion	40 %	17 – 97 %

## Hvordan skal brandmanden reducere risikoen for dehydrering og varmekollaps?

### Nogle forholdsregler

#### Til daglig

- Holde sig i en god fysisk form
- Undgå overvægt. Overvægt svarer til lille hudoverflade i forhold til vægt
- Opretholde væskebalancen i det daglige. Drikke 2 – 4 liter om dagen
- Drikke vand på vej ud til indsatsen – ca. ½ liter

#### Under indsats

- Tilføre luft til huden ved at lukke dragten op, når det er sikkerhedsmæssigt forsvarligt
- Drikke væske – vand – mellem røgdykningerne – minimum ½ liter
- Holde pause mellem røgdykningerne – minimum ½ time

#### Efter indsats

- Tilføre luft til huden ved at lukke dragten op.
- Drikke væske – f.eks. 2 liter med ca. 0,6 liter pr. time



Hårdt fysisk arbejde i indsatsdragt øger risikoen for ophobning af varme og dehydrering og kræver væske

Hvis brandmænd følger ovennævnte få gode råd, nedsættes risikoen for, at de lider overlast i forbindelse med indsatser i varme miljøer eller ved indsatser i kemikalieindsatsdragt.

Brandmænd med alvorlige symptomer på dehydrering eller varmekollaps bør omgående bringes på hospital.

---

# Stikordsregister

## A

Affaldsprodukt 30  
Affaldsstoffer 11  
Aktiv proces 7  
Alveoler 6  
Arbejdsevnen 33  
Arterier 13  
Atmosfærisk luft 19  
Autonome nervesystem 6

## B

Bevidstløshed 24  
Blodplader 12  
Blodtrykket 13  
Blåsyre 25  
Brandrøgen 15  
Bronkier 6  
Bronkioler 6  
Brysthullet 7  
Brystkassen 7  
Brændstof 31  
Bughulen 7

## C

Carbon 17  
Carbondioxid – CO<sub>2</sub> 19  
Carbondioxidforgiftet person 20  
Carbondioxidforgiftet person 21  
Carbonmonoxid – CO 21  
Chlor 17  
Chlorholdige materialer 26  
Cirkulationspumpe 14  
Cyanider 25

## D

Den atmosfæriske luft 8  
Det farlige niveau 19

## E

Energiindtag 31  
Energiproduktionen 30  
Ervejsventiler 10

## F

Fedtforbrænding 31  
Fimrehår 6  
Fordampning 28

## G

Grænseværdier 17, 18, 19

## H

Hedeslag 28  
Hjerte- og karsygdomme 14  
Hjertet 14  
Hovedbronkier 6  
Hudens overfladetemperatur 28  
Hvide blodlegemer 12  
Hydrogen 17  
Hydrogenbromid 26  
Hydrogenchlorid – HCl 26  
Hydrogencyanid –HCN 25  
Hydrogenfluorid 26  
Hydrogeniodid 26  
Hyperventilation 10  
Hæmoglobin 12, 30  
Hårdt arbejde 28

## I

IDLH-værdi 19  
Iltfattige rum 9  
Immunforsvaret 12  
Indermaske 9  
Indsatstid XX  
Indåndingsluften 19

## K

Kaliumcyanid 25  
Kapillærerne 13  
Kemisk lungebetændelse 24  
Kernetemperaturen 28  
Kredsløbet 12  
Kulderystelser 29  
Kulhydrat 31  
Kulhydratforbrænding 31

## L

Ledning 28  
Legemstemperatur 28  
Luftforbrug 8  
Luftforbrug for personer 8  
Lufrør 6  
Luftvejenes anatomi 4  
Luftvejenes opbygning 4  
Lungeblærer 6  
Lungeødem 24  
Lydfrekvensen 5  
Lyserød hud 22

**M**

Mellemgulvet 7  
Mellemgulvsmusklen 7  
Mervægt 10  
Metalliske overflader 22  
Mund 5  
    Smagen 5  
    Småpartikler 5  
Mælkesyre 30

**N**

Natriumcyanid 25  
Nirogen 17  
Nitrogendioxid – NO<sub>2</sub> 23  
Nitrogenoxid – NO 23  
Nitrøse gasser – NO og NO<sub>2</sub> 22  
NPK-gødning 22  
NPK – nitrogen,  
    phosphor og kalium 22  
Næringsstoffer 31  
Næse 4  
Næsehule 4  
    Lugten 4  
    Småpartikler 4

**O**

Ond cirkel 11  
Ophobede carbonmonoxid 21  
Oxygen 17  
Oxygenbehov 30  
Oxygenbærende evne 23  
Oxygenoptagelsen 30  
Oxygentilførsel 21  
Ozon 23

**P**

Passiv proces 7  
ppm, parts per million 17  
Pulsfrekvens 14, 30  
Pulsårer 13

**R**

Reflektorisk 19  
Ribbensmuskler 7  
Røde blodlegemer 12

**S**

Salpetersyre 22  
Salt 33  
Slagvolumen 14  
Slagvolumen 30  
Slimlaget 6  
Spaltes 22  
Stemmebåndene 5  
Stikkende lugt 23  
Strubehovedet 5  
Strubelåget 5  
Stråling 28  
Svedkirtlerne 29  
Svedproduktion 32  
Svovl 17  
Svovldioxid – SO<sub>2</sub> 24  
Svælg 5  
Syreætsning 24

**T**

Temperaturregulering 28  
Temperatursænkning 32  
Termostatfunktion 29  
Trinvis førstehjælp 22

**U**

Udvaskningen 21

**V**

Vanddamp 33  
Varmeafgivelsen 29  
Varmebelastningen 32  
Varmekollaps 28, 32, 33, 36  
Varmt miljø 28  
Vejrtrækningsfrekvensen 6  
Vejrtrækningsorganerne 6  
Veneklapper 13  
Venepumpesystemet 13  
Venerne 13  
Væsketab – dehydrering 34

**Å**

Åndedrætscenter 19  
Åndedrætscentret 6  
Åndedrætsintensiteten 19  
Åndedrætsfrekvensen 10









**Beredskabsstyrelsen**

Datavej 16  
3460 Birkerød

[www.brs.dk](http://www.brs.dk)