

Dansk Sportsdykker Forbund

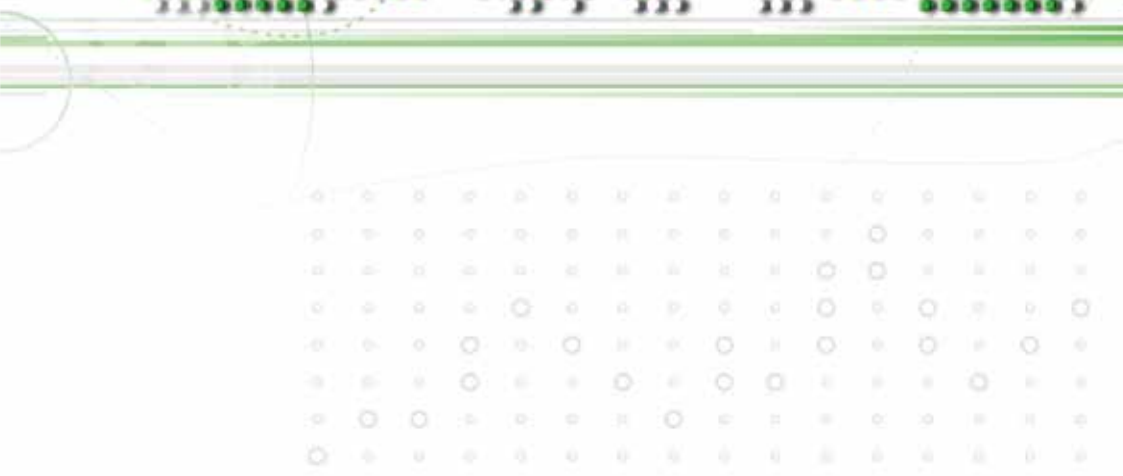
NITROXHÅNDBOGEN

10 12 14 16 18 20 22 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70



13% nitrogen-21%oxygen





NITROX HÅNDBOGEN

Retningslinier for dykning med Nitrox

Dansk Sportsdykker Forbund 2015
6. Udgave

Copyright © Dansk Sportsdykker Forbund · Tegninger: Hans Ole Herbst, Jan Rasmussen & Mogens Braae
Foto: Jan Rasmussen, Mogens Braae, Lars Norup og Jan Borris
6. udgave 1. oplag · Oplag: 300 · Omslag & Grafisk tilrettelægning: Hovmark Reklamebureau · Tryk: Holbæk kontorforsyning · 978-87-90305-38-3

Forord

Denne lærebog blev oprindeligt skrevet som en fælles nordisk lærebog i CMAS nitrox-dykning, med udgangspunkt i nitrox materiale produceret af den finske CMAS Advanced Nitrox Instruktør Jorma Poikolainen.

På CMAS Nitrox niveau anvendes nitrox inden for sportsdykning for at gøre dykningen sikrere eller for at opnå længere bundtider på moderate dybder (20-30 m).

På CMAS Advanced Nitrox niveau anvendes nitrox primært til at afkorte dekompressionstider ved dekompressionsdykning. Kurserne kræver megen viden og disciplin af dykkeren, hvilket kun opnås gennem uddannelse. Vi kan derfor ikke anbefale nitroxuddannelse ved selvstudium, men henviser til Dansk Sportsdykker Forbund.

Alle retningslinier i denne lærebog følger CMAS standarderne og er derfor anerkendt i hele verden. I denne danske udgave af bogen har vi tilføjet Dansk Sportsdykker Forbunds retningslinier for nitroxdykning i bilag 6. CMAS's standarder for nitroxdykning findes på CMAS website www.cmas.org

Bemærk:

Hvis man deltager på et CMAS Nitrox kursus, er det ikke nødvendigt at læse kapitlet "Advanced Nitrox". Hvis man derimod deltager på et CMAS Advanced Nitrox kursus, er det nødvendigt at læse hele bogen.

Kommentarer til Nitroxhåndbogen eller andre af DSF's undervisningsmaterialer kan sendes til: tu-bog@sportsdykning.dk

Forfattet og bearbejdet af:

Jan Rasmussen

Mogens Braae

Lars Norup

Jan Borris

Nicholai Vesterlørke

Indhold

Forord	4
Indledning	8
Hvad er nitrox og hvorfor anvender vi det ?	8
Nitroxens historie	9
GRUNDLÆGGENDE NITROXTEORI	11
Totaltryk og partialtryk	12
Nitrogenets virkninger	14
Oxygenets virkninger	14
Oxygenets indvirkning på åndedrætsorganerne	15
Oxygenets indvirkning på centralnervesystemet	16
Forgiftningssymptomer fra centralnervesystemet	17
OXYGENEKSPONERINGEN	21
Partialtryksgrænsen og blandingens maksimale anvendelsesdybde	22
Eksempel:	23
Oxygendosis tabel	24
Eksempel:	25
Overfladetiden	26
Eksempel:	27
Dykning på forskellige dybder	28
Eksempel:	28
NITROX OG DEKOMPRESSION	29
Equivalent Air Depth (EAD) - Ækvivalent luftdybde	30
Eksempel:	30
Planlægning af dekompression ved anvendelse af ækvivalent luftdybde	31
Planlægning af dekompression med Bühlmanns dekompressionstabeller	32
Baggrund	32
Forudsætninger	32
Anvendelse	32
Forsiden	33
Bagsiden	34
Eksempel 1, Dykning uden trin-dekompression	35
Eksempel 2, Dykning med trin-dekompression	38
Eksempel 3, Dykning med accelereret trin-dekompression	39
Dykkecomputere	40

PLANLÆGNING AF DYKKET	41
MOD	43
BAR	43
N ₂	44
O ₂	44
Eksempel på planlægning af almindelig nitroxdykning	45
ANALYSE OG MÆRKNING AF GASSER	49
Oxygens fysiske egenskaber	50
Oxygenservice	50
Mærkning	51
Oxygenanalysator	52
FREMSTILLING AF NITROX	53
Blanding med partialtryk fyldemetoden	54
Kontinuerlig blanding	56
Kend dit fyldeanlæg	57
ADVANCED NITROX	58
Dekompression og inerte gasser	60
Gastransport i kroppen	60
Væstyper	63
Problemet med gasbobler	67
Dekompressionsmodeller	68
Accelereret dekompression	76
Kropsoxygenforgiftning og OTU beregning	77
Redundans - dublering af vitalt udstyr	79
Gasadministration	80
1/3 reglen	80
Eksempel på planlægning af nitroxdykning med accelereret dekompression	80
Dykkets udførelse	84
Flasker	86
Afbalanceringsystemer	87
Regulatorer	89
Dekoflasker	91
Dekobøje og linespole	92
Andet udstyr	92
Lygter	93
Karabinhager	93
Skriveplader	94
Dykkecomputere	94

Farvemærkning og mærkning af udstyr	95
Flasker	95
Konfiguration	96
Praktisk dykning	98
Hvordan man foretager dyk med accelereret dekompresion i praksis	98
I overfladen	98
Luftstop eller freeflow	99
Dobbeltflasker	99
Enkeltflaske	100
Ponyflaske	100
Dekoflaske	100
Hvilken gas har man i øvrigt på en ponyflaske?	100
Nødplaner	101
Dykkerfærdigheder	101
Rutine og erfaring	101
Træningsprogram – selvredning	103
Regulatorskift og ventil shut down	104
Af- og påtagning af maske	105
Anvendelse af linespole og dekebøje	106
Betjening af dekoflaske	108
Gasskifte	108
BILAG	109
BILAG 1. Terminologi	110
BILAG 2. OXYGENS PARTIALTRYKTABEL	114
BILAG 3. ÆKVIVALENT LUFT DYBDE (EAD)	116
BILAG 4. NOAA OXYGENDOSISTABEL	118
BILAG 5. CNS % pr. minut tabellen	118
BILAG 6. DSF retningslinier for Nitroxdykning	120

Indledning

Hvad er nitrox og hvorfor anvender vi det ?

Nitrox er en blanding af oxygen og nitrogen. For at kunne holde liv i dykkeren skal nitroxblandingen indeholde mindst 16% oxygen (ved havets overflade). Mere end 50% oxygen kan betyde komplikationer for dykkeren. Luft indeholder ca. 21% oxygen - det kaldes normoxiske omgivelser. Til dykkeformål anvendes oxygenberiget luft, som regel med et oxygenindhold på mellem 25% og 40%, dog kan højere oxygen indhold anvendes ved dekompression.

Der er mange fordele ved at dykke med nitrox. De fleste fordele opnås når man ved nitroxdykning anvender mindre nitrogen i åndingsgassen end der er i atmosfærisk luft. Det betyder, at man optager mindre nitrogen i vævene under dykket. Set i relation til luftdykning, kan man derved vælge blandt en række fordele. Man kan anvende nitrox som en sikker gas – altså dykke som man plejer ud fra en lufttabel og opnå en mindre risiko for trykfaldssyge. Man kan også vælge at dykke lidt længere tid uden at dekompression bliver nødvendigt, eller opnå en mindre mætning, der derved bevirker kortere overfladetider. Hvis man vil dykke dekompressionsdykning, kan man ved nitroxdykning afkorte dekompressionstiderne, fordi man er mindre mættet af nitrogen eller også kan man anvende en meget oxygenrig nitroxblanding som dekompressionsgas (hotmix), der kan afkorte ens dekompressionstider. Disse fordele skyldes den lavere nitrogenmængde i åndingsgassen. Samtidig kan man ikke undgå en forøgelse af oxygenmængden, hvilken kun har én umiddelbar fordel, den lidt dystre, at man ved et respirationsstop efter et nitroxdyk har større chance for at undgå hjerneskade, hvis man bliver genoplivet – altså en større chance for at slippe helskindet fra en dykkerulykke.

Nitroxens historie

Nitrox har en lang historie. Den franske kemiker Antoine Lavoisier beviste som den første i 1773, at oxygen er livsvigtig for overlevelsen, og allerede året efter forstod den engelske fysiker Reddoes den oxygenberigede lufts betydning inden for lægevidenskaben.

I 1878 blev den oxygenberigede luft taget i brug inden for forskning i hyperbar medicin. Da publicerede Paul Bert forskningsresultater, som var baseret på mere end 600 nitrox-forsøg. De højtflyvende ballonrejsende anvendte allerede på det tidspunkt nitrox som åndingsgas. Paul Bert forstod som den første, at et for stort oxygenindhold i gassen bevirkede en forgiftningstilstand, som gav epilepsilignende symptomer. Han opdagede endvidere, at et for stort oxygenindhold over en længere periode gav anledning til væskeansamlinger i lungerne, hvilket besværliggjorde vejtrækningen.

I de følgende årti koncentreredes forskningsarbejdet om at finde den bedste gasblanding. Målet var at finde frem til den gasblanding, der gav de færreste forgiftningssymptomer, og som samtidigt mindskede faren for dekompressionssyge.

Forskerne opdagede, at jo mere oxygen, der var i gasblandingen, desto tidligere og på lavere vand optrådte forgiftningssymptomerne. Man opdagede, at ligesom for nitrogenets vedkommende var symptomernes styrke afhængig af både dybden og dykertiden.

Et åbent system (SCUBA) muliggør ånding under vandoverfladen, men taber samtidigt den udåndede gas i vandet - efter udånding indeholder gassen stadig ca. 16% oxygen. Som åndingsgas er luft billig og andre gasser betydeligt dyrere. En dyr åndingsgas kan kun anvendes effektivt med et halvlukket- eller et lukket kredsløbsapparat. Ud over at de cirkulerer åndingsgassen, kan de mest avancerede systemer ydermere ændre gasblandingens sammensætning i forhold til dybden. Dykkeren kan med et sådant apparat ånde en mere oxygenrig blanding på det lave vand, hvor der dekomprimeres. På denne måde kan gasblandingens effektivitet maksimeres.

Dette princip blev opfundet allerede i 1700 tallet, da den britiske dykker Henry Fleuss over en årrække udviklede et dykkeapparat, i hvilket der anvendtes en åndingsgas med 50-60% oxygen. Det første dyk med apparatet i 1879 varede i omkring en time. Efter at Fleuss havde forsikret sig om apparatets gode egenskaber fik han Siebe-Gorman, en af dykkerbranchens ældste firmaer, til at udvikle systemet.

Den tyske teknologi skred også hurtigt fremad, og i 1912 udviklede Westfalia Maschinenfabrik og Dräger selvstændige dykkesystemer, i hvilke en blanding af oxygen og luft anvendtes som åndingsgas. I mellemkrigstiden udviklede Siebe-Gorman forskellige nitroxgassystemer, således at dekompressionstiden kunne mindskes.

Under anden verdenskrig benyttede både de britiske og de italienske kampdykkere sig af halvlukkede og lukkede systemer under operationer, hvor sporene, dvs. boblerne, efter dykkerne skulle minimeres. Disse systemer øgede også dykketiden væsentligt, og da oxygenindholdet var begrænset til 60% mindskedes også risikoen for oxygenforgiftning mærkbart. Oxygenforgiftning havde været det største problem for de lukkede kredsløbsapparater, idet man med oxygenapparaterne (100% oxygen) ikke kunne dykke dybere end 6-10 m uden risiko for oxygenforgiftning. De nyudviklede nitroxapparater tillod dykkerne at dykke til 30 m.

På baggrund af Royal Navys forskningsarbejde havde man i 1942 opdaget, at oxygenens partialtryk ikke måtte overskride 2,0 bar. Dybere eller mere tidskrævende dyk forårsagede forgiftningssymptomer hos dykkerne. Flådens dykkere begyndte at tale om den mystiske "oxygenetrold", som lurede i dybet og angreb dykkere, der gik dybere end grænserne.

På baggrund af nyere forskningsarbejde er denne grænse blevet sænket. Første skridt var NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Administration) i USA, der anbefalede en grænse på 1,6 bar for alle ikke-dekompressionsdyk. Den britiske HSE (Health and Safety Executive) sænkede grænsen yderligere i 1993, og anbefalede en grænse på 1,5 bar for alle former for dykning. NOAA's arbejde er respekteret over hele verden, og NOAA har endvidere produceret dekompressionstabeller til nitroxblandinger med 32% og 36% oxygen, med hvilke partialtryksgrænsen på 1,6 bar nås på henholdsvis 40 og 36 meter. NOAA publicerede også en tabel, hvor man kan finde oxygenens partialtryk i kroppen som funktion af tiden. I denne tabel defineres også den maksimalt tilladelige oxygenbelastning i minutter pr. dag.

Nu i det 21. århundrede er den oxygenberigede luft, nitrox, en stadig mere anvendt gasblanding inden for alle former for dykning, både videnskabelig, militær og sportsdykning. De fleste dykkerorganisationer underviser i dag dykkere i anvendelse af nitrox.

GRUNDLÆGGENDE NITROXTEORI



Nitrox er en blanding af nitrogen og oxygen. Luft er nitrox, med ca. 21% oxygen og ca. 78% er nitrogen. Ca. 1% er andre gasser, som kuldioxid og inerte gasser som helium og argon. Luft, eller nitrox med 21% oxygen kalder man en normoxisk gas dvs. en normal oxygenblanding.

Til dykkerbrug er nitrox oxygenberiget luft. Dette er baggrunden for at nogle organisationer omtaler den som Enriched Air Nitrox, EANx. Dette er luft der er tilsat oxygen. Da NOAA udviklede sine egne standarder i 70'erne, anvendte de nitroxblandinger, der indeholdt 32% eller 36% oxygen, disse standardblandinger omtales ofte i litteraturen som NOAA I (NN32) og NOAA II (NN36) blandinger.

At ændre oxygenens andel er meget simpelt, men for at påfyldning og anvendelse af gasblandingerne skal være sikker, må to grundlæggende forhold tages i betragtning. For det første skal udstyr, der bruges nitrox være beregnet til dette, og for det andet må man kende til oxygenets giftvirkning.

Totaltryk og partialtryk

Nøglen til at undgå oxygenets giftighed er at forstå begrebet partialtryk. Med partialtryk forstås det deltryk, som hver delgas i gasblandingen bidrager med til det totale tryk. Luft består af flere gasser, som alle består af gasmolekyler i konstant bevægelse. Når disse molekyler kolliderer med omgivelserne, dannes der et tryk mod omgivelserne. Ved havets overflade er trykket ca. 1 bar. I denne gasblanding har hver gas sit eget tryk, og når disse lægges sammen fås 1 bar.

For dykkeren er det vigtigt, at det totale tryk øges med dybden pga. det hydrostatiske tryk (trykket som skyldes vandets tyngde), med 1 bar for hver 10 meters dybde.

Som formel kan dette skrives således:

$$p = D/10 + 1$$

hvor p = trykket i bar og D = dybden i meter.

Andelen af det totale tryk for en given gas er direkte afhængig af gassens procentandel. Oxygenets andel af luften er ca. 21%, så dens trykandel bliver 21% af det tryk, som skyldes molekylerne bevægelse. Denne 21%’s andel af 1 bar er 0,21 bar - dette er oxygenets partialtryk ved havets overflade. Hvis vi anvender luft og dykker til 10 meter (2 bar), er oxygenets partialtryk $0,21 \times 2 = 0,42$. På 20 meter (3 bar) er oxygenets partialtryk $0,21 \times 3 = 0,63$ bar.

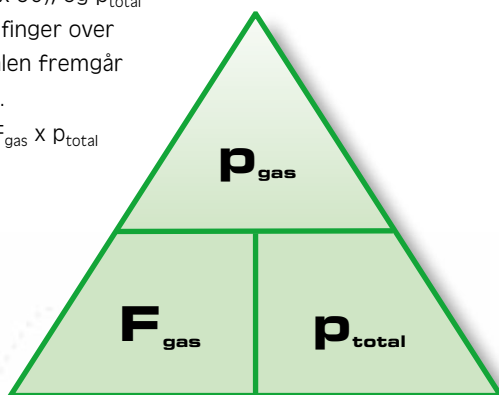
Som symbol for partialtrykket for en given gas anvendes p_{XX} , hvor p kommer af partialtryk og XX er gassens kemiske betegnelse. F.eks. betegnes oxygenets partialtryk med pO_2 .

Hvis den nitrox vi anvender indeholder mere end 21% oxygen er oxygenets partialtryk tilsvarende højere. Nitrox 36, som indeholder 36% oxygen, har ved vandoverfladen et oxygenpartialtryk, pO_2 , på 0,36 bar. På 20 meter (3 bar) er $pO_2 = 3,0 \times 0,36 \text{ bar} = 1,08$ bar.

Giftigheden af oxygen vokser når partialtrykket vokser, og der er en øvre grænse for hvor højt pO_2 vi kan tåle. At kunne regne på partialtryk er derfor en forudsætning for at dykke sikkert med nitrox.

En enkel måde at beregne sammenhængen mellem partialtryk, totaltryk og koncentrationer i gasblandinger er ved anvendelse af det såkaldte tryk-T (også kaldet Daltons diamant):

hvor p_{gas} er gassens partialtryk, F_{gas} er gassens brøkdel i blandingen (f.eks. 0,36 i nitrox 36), og p_{total} er gasblandingens totale tryk. Hold en finger over den ubekendte man skal finde og formlen fremgår af hvad man kan se af trekanten. F.eks. Findes F_{gas} som $p_{\text{gas}}/p_{\text{total}}$ og p_{gas} som $F_{\text{gas}} \times p_{\text{total}}$



Nitrogenets virkninger

Nitrogenets vigtigste virkning inden for dykning kommer af at gassen optages i vævet. Jo højere trykket er, jo mere optages der. Nitrogenet forsvinder ud af kroppen igen uden at forårsage nogen fysiologiske mén, når blot trykket ikke falder hurtigere end gassen kan transporteres ud af kroppen. Hvis trykket synker for hurtigt kan nitrogenet ikke nå at komme ud, og derfor dannes der bobler i vævet og i blodet, hvilket forårsager dykkersyge. Nitrogenet skaber altså et dekompressionsbehov, som mindskes, hvis nitrogenindholdet i åndingsgassen mindskes.

Desuden er nitrogen narkotisk ved pN_2 over ca. 3 bar, svarende til ca. 30 meters dybde, hvis der dykkes med luft: $0,79 \times 4 = 3,16$ bar.

Den menneskelige organisme har ikke anden nytte af nitrogen end at det beskytter os mod oxygens giftige egenskaber. Det bør altid tilstræbes, at have så meget nitrogen i åndingsgassen på en given dybde, at nitrogenets beskyttende virkning bibeholdes samtidigt med, at vi minimerer dets skadelige egenskaber.

Oxygenets virkninger

Mennesket kan ikke leve uden oxygen, men har ligesom resten af dyre- og planteriget tilpasset sig til at leve i en given atmosfære. Ved havets overflade kan vi ånde uden problemer, hvis åndingsgassen indeholder mellem 16% og 50% oxygen. Hvis gassen vi indånder indeholder mindre end 16% oxygen, rammes vi af oxygenmangel, *hypoxi*. Hvis oxygenindholdet er større end 50% rammes vi over tid af oxygenforgiftning, *hyperoxi*.

En overdosis af en hvilken som helst gas påvirker os negativt, og oxygen er ikke nogen undtagelse. I følgende tabel vises grænser for oxygenets partialtryk.

OXYGENETS PARTIALTRYKGRÆNSER VED DYKNING

<0,10	Koma eller død
0,10	Bevidstløshed
0,12	Alvorlige symptomer på hypoxi
0,16	Svage symptomer på hypoxi
0,21	Normal luft
0,35	Normal mætningstilstand under dyk
0,50	Maximal mætningstilstand
1,40	Den anbefalede grænse for sportsdykning.
1,60	Maksimal grænse for sportsdykning ved accelereret dekompression. US Navy's maksimumsgrænse under kontinuert påvirkning.

Ved blandingsgasdykning (heliox og trimix) skal man altid holde øje med om oxygenets partialtryk er tilstrækkeligt højt. Ved nitroxdykning, hvor man dykker med et større oxygenindhold end i luft, er oxygenets partialtryk altid højt nok. Påvirkning af oxygen med højt partialtryk kan føre til symptomer i centralnervesystemet og symptomer i åndedrætsorganerne.

Oxygenets indvirkning på åndedrætsorganerne

Oxygenforgiftning af åndedrætsorganerne eller i hele kroppen skyldes langvarig indånding af oxygen. Symptomerne er typisk en tør hoste, der kan udvikle sig til egentlig åndenød pga. væskeudtrængning i lungevævet. Vitalkapaciteten bliver nedsat, og i alvorlige tilfælde fortykkes alveolevæggene så meget, at gasudvekslingen i alveolerne nedsættes, en tilstand der minder om lungebetændelse, og som uden behandling kan medføre døden.

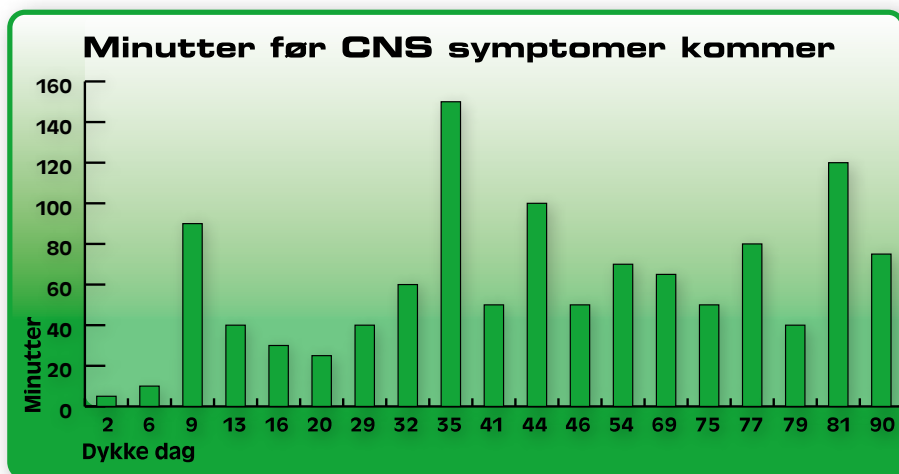
Oxygenforgiftning af hele kroppen er en følge af indånding af en oxygenrig blanding i mange timer, og er normalt ikke et problem inden for sportsdykning. Inden for trykkammerbehandling anvendes oxygenrige gasblandinger for at gøre behandlingen hurtigere og mere effektiv.

Denne belastning måles i OTU (Oxygen Tolerance Unit), hvor én OTU svarer til at man ånder ren oxygen ved overfladen i ét minut. Beregning af OTU-belastningen er ikke relevant ved dykning med maksimalt 40% oxygen, med mindre man dykker i mange timer.

Oxygenets indvirkning på centralnervesystemet

Symptomerne på oxygenforgiftning kan forekomme pludseligt og uden forvarsel. Man kan ikke træne sig op til at tåle mere oxygen. Gentagen påvirkning af høje oxygenpartialtryk medfører at dykkeren får kraftigere symptomer af forgiftningen. Man kan ikke en gang forvente at oxygenets virkning er den samme to dykkedage i træk.

Figuren viser variationen i oxygentolerancen i løbet af 90 dages dykning. Under dykningen i kammer blev der åndet ren oxygen ved en dybde på 21 meter, indtil der kom symptomer på oxygenforgiftning. Der gennemførtes i alt 19 dyk. Oxygenets partialtryk var 3,1 bar. Den gennemsnitlige tid, der gik før symptomerne opstod, var 45 minutter. Bemærk spredningen fra 5 til 150 minutter. (Donald 1947).



Figuren ovenfor illustrerer oxygenets indvirkning på dykkeren under en række på hinanden følgende dyk. Denne stakkels testdykker blev udsat for et oxygenpartialtryk på 3,1 bar indtil symptomerne viste sig. Nogle dage tog det minutter, andre dage timer. Det er ikke muligt at forudsige hvornår symptomerne kommer. Man ved dog, at træthed, anstrengelse, kropstemperatur og væskebalance indvirker kraftigt på, hvornår symptomerne indtræder.

Forgiftningssymptomer fra centralnervesystemet

Når man ånder gasblandinger, er forgiftningssymptomerne som oftest typiske for den gas det drejer sig om. De oxygenforårsagede symptomer fra centralnervesystemet er følgende:

Bevidstløshed

Kramper

Synsforstyrrelser inkl. blænding og tunnelsyn.

Høreforstyrrelser inkl. ringen for ørerne og lydhallucinationer

Åndedrætsforstyrrelser

Kvalme og krampagtig opkastning

Muskeltrækninger, der sædvanligvis først opstår ved læberne eller andre muskler i ansigtet. Dette er nok det mest karakteristiske symptom på oxygenforgiftning

Irritabilitet og adfærdsmæssige ændringer så som forvirring, ængstelse, depression og angst

Svimmelhed

De fleste af disse symptomer, såsom svimmelhed, tunnelsyn og irritation, er almene i forbindelse med forgiftningssymptomer for alle gasser, men muskeltrækninger er et specifikt symptom på oxygenforgiftning.

Hvis der kommer symptomer (bemærk **hvis**, for der kommer ikke nødvendigvis nogen symptomer) bør man straks afbryde dykket, og begive sig mod overfladen hurtigst muligt dog uden at pådrage sig dekompressionssyge. Bemærk, at den oxygen, der er i kroppen, og som giver anledning til symptomerne, fortsat vil være i kroppen i nogen tid og fortsat kunne give anledning til symptomer.

Der optræder ikke nødvendigvis symptomer forud for kramper og bevidstløshed.

Kramper på grund af oxygenforgiftning

Kramperne minder om et epileptisk anfald. Oftest stivner dykkeren først i en bue, åndingen ophører, og bevidstløshed følger hurtigt efter (tonisk tilstand). I denne situation er strubehovedet lukket, og forsøg på at bringe dykkeren til overfladen vil ofte resultere i en massiv alveolesprængning og død.

Den stivnede tilstand varer oftest mellem 30 - 60 sekunder, hvorefter dykkeren går over i den kloniske tilstand, i hvilken sammenhængende og kraftige kramper får dykkeren til at spjætte ukontrolleret. Oftest forbliver dykkerens strubehoved lukket i denne tilstand, som varer i 1 - 2 minutter. Derpå slapper musklerne af, og dykkeren begynder næsten at hyperventilere, fordi der har samlet sig store mængder kuldioxid i musklerne.

På dette tidspunkt er det muligt at bringe dykkeren til overfladen. Man bør forsøge at holde regulatorens mundstykke i dykkerens mund. Dette er det farligste tidspunkt, idet dykkeren både risikerer at drukne og at få en alveolesprængning.

Dykkeren bør hentes til overfladen på en sådan måde, at gassen kan slippe ud både fra lungerne og fra maven. Dette gøres ved at holde dykkerens hoved opad og tilbagebøjet. Ved drukning begynder hjernecellerne normalt at dø ca. 4 minutter efter, at respirationen er ophørt, men da dykkerens væv er mættet af oxygen, idet den anvendte gas var nitrox, er der en mindre risiko for varige skader. Der følger ingen langvarige fysiske skader af kramperne.

Som tidligere nævnt er der ikke nogen skarp grænse for, hvilket oxygenpartialtryk vi kan tåle. Undersøgelser har vist, at risikoen for akut oxygenforgiftning er ekstremt lille, hvis oxygenpartialtrykket ikke overstiger 1,4 bar. DSF anbefaler således, at oxygenpartialtrykket højst er 1,4 bar under dykning, og højst 1,6 bar under dekompressionen, hvor den mindre fysiske aktivitet reducerer risikoen for akut oxygenforgiftning.

Kuldioxidens virkninger

En ophobning af kuldioxid i kroppen kan øge følsomheden overfor oxygen, og derved øge risikoen for oxygenforgiftning. For at undgå ophobning af kuldioxid skal man lade være med at holde vejret eller nedsætte åndingsfrekvensen, og man skal undgå et stresset, overfladisk åndedræt. Ligeledes bør man undgå hårdt arbejde under vandoverfladen, og er hårdt arbejde nødvendigt, så nedsættes oxygenets partialtryk yderligere.

Faktorer som har betydning for transport af gasser i organismen

Det er vigtigt at dykkeren hverken har det for varmt, eller fryser. Hvis man fryser afgasser man langsommere, hvis man har det for varmt øges risikoen for oxygenforgiftning.

Væskemangel er også en faktor der påvirker gastransporten i organismen. Hvis man lider af væskemangel reduceres kapaciteten til at transportere gasser fra vævene under dekompressionen. Kroppen lider mere af væskemangel under vandet end på overfladen, fordi blodplasmaet tilpasser sig til det lavere blodtryk, man har under overfladen.

Det er derfor vigtigt at sørge for den rette væskebalance inden dykket - drik f.eks. en halv liter væske (vand, æblejuice eller sportsdrik) inden dykket. Som det er tilfældet ved almindelig sportsdykning er alkohol ikke foreneligt med nitroxdykning.

Husk at det er specielt vigtigt at tænke på væskebalancen i varmt vejr.



OXYGEN EKSPONERINGEN

A close-up photograph of scuba diving equipment. In the foreground, a black mesh BCD (Buoyancy Control Device) is visible, with its inflator hose and a regulator assembly. The regulator has a silver-colored body and a black mouthpiece. A green BCD inflator knob is partially visible on the left. The background is a blurred gravel surface.

De symptomer, som forårsages af oxygenets indvirkning på centralnervesystemet, skyldes både partialtrykket og eksponeringstiden. Begge disse faktorer bør overvåges, når man dykker med nitrox.

Partialtryksgrænsen og blandingens maksimale anvendelsesdybde

Blandt sportsdykkerorganisationer er der enighed om, at den øvre grænse for oxygen partialtryk under sportsdykning er 1,6 bar. Man bør huske på, at de fleste forskningsresultater har vist at den samme dykker, under nøjagtig ens forhold, kan blive ramt af akut oxygenforgiftning ved meget varierende oxygenpartialtryk. Årsagen til denne variation er ikke kendt. Jo højere oxygen partialtryk, jo større risiko for CNS oxygenforgiftning.

I England har de lokale arbejdsbeskyttelsesmyndigheder sat en grænse på 1,5 bar pO_2 for kontinuerlig påvirkning, selv om NOAA's og US NAVY's grænser er 1,6 bar pO_2 . Uddannelsessystemer som IANTD og TDI anbefaler en grænse på 1,4 bar pO_2 ved krævende dyk i koldt vand eller arbejdsdyk, og 1,6 bar pO_2 ved ikke-dekompressionsdyk i varmt vand.

Dansk Sportsdykker Forbund anbefaler, at der ved dykning ikke overskrides et pO_2 på 1,4 bar. Dog tillades et pO_2 på maksimalt 1,6 bar under dekompression.

Selv en for lille mængde oxygen kan forårsage problemer. Oxygenets minimale partialtryk er 0,16 bar for at undgå problemer med hypoxi dvs. for lidt oxygen. Hvis åndingsgassen indeholder for lidt oxygen, kan dykkeren blive bevidstløs, derefter gå i koma og til sidst dø. Dette kan komme på tale ved dykning med dybdykningsgasser som heliox, heliair eller trimix i nærheden af overfladen.

Til at beskrive den maksimale dybde en given nitroxblanding må benyttes på, bruges begrebet maksimal operationsdybde forkortet MOD. MOD beregnes ved først at udregne det totaltryk, ved hvilket den anvendte gasblandingens oxygenpartialtryk er 1,4 bar. Derefter beregnes den dykkedybde, som svarer til dette totaltryk.

Eksempel:

Hvad er den maksimale operationsdybde for Nitrox 34?

Først udregnes det tilsvarende totaltryk: $1,4 / 0,34 = 4,12$ bar.

Tilsvarende dybde er : $(4,12 - 1) \times 10 = 31,2$ meter.

MOD for Nitrox 34 er afrundet 31 meter.

MOD kan beregnes efter nedenstående formel.

$$\text{MOD (meter)} = \left(\frac{pO_2}{FO_2} - 1 \right) \times 10$$

hvor pO_2 er det maksimale oxygenpartialtryk og FO_2 er oxygenbrøkdelen (decimaltal)

Kontroller altid før et dyk, at oxygenets partialtryk ikke overskrider 1,4 bar på dykkedybden ved at udregne den Maksimale Operations Dybde (MOD) for den nitroxblanding der skal anvendes !

Normalt planlægges dykket nøjagtigt og den maksimale dybde overskrides ikke. På grund af det højere oxygenpartialtryk ved nitroxdykning og den derved øgede risiko for oxygenforgiftning, er den planlagte maksimale dykkedybde vigtigere end ved normal dykning. Den anvendte nitrox's maksimale anvendelsesdybde er som et gulv, der hindrer en i at gå dybere (på samme måde som ved dekompressionsdyk, hvor dekompressionsdybden er et loft, som man ikke må overskride).

Undgå at overskride MOD under dykket!

Oxygendosistabel

Når nitrox anvendes under dykning, betyder den øgede oxygeneksposering at dykkeren er skal følge med i både mængden af nitrogen og oxygen, der ophobes i vævene.

NOAA udviklede i 1970'erne en eksponeringstabel, som giver tidsgrænser for sikker oxygeneksposering ved forskellige partialtryk. Oxygenets giftighed afhænger af partialtrykket og eksponeringstiden, dvs. dykkedybden og dykketiden. Jo længere tid man dykker på en bestemt dykkedybde med en bestemt gasblanding, jo nærmere kommer man grænsen for, hvor symptomerne for oxygenforgiftning kan optræde. Jo højere oxygenpartialtrykket er, jo kortere tid og mindre hyppigt kan man udsætte vævet for oxygeneksposeringen.

NOAA OXYGENDOSISTABEL		
Oxygens Partialtryk pO ₂ (Bar)	Grænsen for et dyk (minutter)	Daglig Maksimum (minutter)
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1,0	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

Den daglige dosis beregnes som summen fra alle dyk mellem klokken 00 og kl 24. Der regnes ikke med afgangning mellem dykkene, og tælleren nulstilles, når man passerer midnat.

I litteraturen kan man også finde andre metoder med hvilke man under dykket løbende kan udregne den samlede oxygendosis. Disse metoder passer godt til brug i nitrox-computere og deciderede oxygendosistabeller.

Når dykkertiden har været kortere end den i tabellen givne maksimumtid, kan oxygendosen udregnes efter følgende formel:

$$\text{CNS\%} = \frac{T_{\text{DYK}}}{T_{\text{MAX}}} \times 100\%$$

I denne formel er T_{DYK} den virkelige dykketid og T_{MAX} er dykkets maksimale tidsgrænse i tabellen ovenfor for det oxygenpartialtryk, som opnås under dykket.

Eksempel:

Vi dykker 60 minutter, hvor det maksimale pO_2 er 1,2 Bar.

Da bliver oxygendosis (CNS%):

$$\text{CNS\%} = \frac{60 \text{ min}}{210 \text{ min}} \times 100 = \text{ca. } 29\%$$

Vi har altså udsat os for en oxygendosis på 29% af det maksimalt tilladte på dette dyk.

Overfladetiden

Kroppen anvender hele tiden det oxygenoverskud som opsamles og prøver at opnå en ligevægtstilstand. **Man antager, at når man indånder luft på overfladen, mindskes det i vævene lagrede oxygens giftige virkning til det halve på 90 minutter.**

Ved beregning af CNS% efter overfladeinterval anvendes en halveringstid på 90 minutter.

Alt oxygenoverskud anses for at være afgivet fra kroppen efter 12 timer.

På basis af dette kan man regne ud, at dykkeren i det forrige eksempel har:

$\frac{29}{2} \% = \text{ca. 15 CNS\% tilbage efter 90 minutter}$
og

$\frac{15}{2} \% = \text{ca. 8 CNS\% tilbage efter 180 minutter}$

Hvis dykkeren skulle dykke efter et overfladeinterval på 3 timer, skal han medregne de 8% som oxygenoverskud i kroppen. Denne mængde skal lægges til den under det nye dyks samlede optagne oxygendosis.

Hvis den optagne oxygendosis under et dyk når 100% af den tilladte dosis for ét dyk, må næste dyk ikke påbegyndes før efter 2 timer.

I denne lærebogs bilag 5 findes en oxygendosistabel der viser CNS% pr. minut ved forskellige partialtryk. Denne tabel gør udregningen af den samlede oxygendosis hurtigere for det maksimale pO_2 . Den dosis, som modsvarer den ønskede dykkertid, beregnes ved at gange dykkertiden med den aflæste tabelværdi.

Eksempel:

Dyk med Nitrox 36 til 27 meter, dykketid 28 minutter. Anvendes tabellerne i bilag 2 og 5, får man $pO_2 = 1,33$ Bar. Dette afrundes for en sikkerheds skyld til 1,35 Bar, hvilket giver en CNS% pr. minut på 0,61% pr. minut. Når dette ganges med tiden, som var 28 minutter, fås $0,61\% \text{ pr. min.} \times 28 \text{ min.} = 17,08 \text{ CNS\%}$, der oprundes til 17,1%.

Dykning på forskellige dybder

Hvis dykkeprofilen ikke er rektangulær kan en nøjagtigere CNS% beregnes ved at udregne den ophobede oxygendosis for hver enkelt dybde.

Eksempel:

Et dyk med Nitrox 28 til 40 meter i 10 minutter og derefter med samme gas 20 minutter på 15 meter vil se ud som følger:

Dybde 1: 40 meter med Nitrox 28 = 1,4 Bar

0,67% pr. min. x 10 min. = 6,7 CNS%

Dybde 2: 15 meter med Nitrox 28 = 0,7 Bar

0,18% pr. min. x 20 min. = 3,6 CNS%

Den totale ophobede CNS% er altså 6,7% + 3,6% = 10,3%.

Tabel fra bilag 5. **CNS % OG OTU PR. MINUT**

P02	Max. tid ved P02	CNS % pr. minut	OTU pr. minut
1,60	45	2,22	1,92
1,55	90	1,11	1,85
1,50	120	0,83	1,78
1,45	135	0,74	1,70
1,40	150	0,67	1,63
1,35	165	0,61	1,55
1,30	180	0,56	1,48
1,25	195	0,51	1,40
1,20	210	0,47	1,32
1,15	225	0,44	1,24
1,10	240	0,42	1,16
1,05	270	0,37	1,08
1,00	300	0,33	1,00
0,95	330	0,30	0,92
0,90	360	0,28	0,83
0,85	400	0,25	0,74
0,80	450	0,22	0,65
0,75	500	0,20	0,56
0,70	570	0,18	0,47
0,65	625	0,16	0,37
0,60	720	0,14	0,27

NITROX OG DEKOMPRESSION



Equivalent Air Depth (EAD) - Ækvivalent luftdybde

Når man under dykket anvender en nitroxblanding, har denne gas altid et højere oxygenpartialtryk end ved dykning med luft på samme dybde. På den anden side betyder dette også, at nitrogenets partialtryk i åndingsgassen er lavere end luftens. For en hvilken som helst åndingsgas, der indeholder nitrogen, kan man beregne den dybde, hvor ånding med luft giver samme nitrogenpartialtryk som på dykkedybden, med den valgte åndingsgas.

Ækvivalent luftdybde (EAD) er altså den dybde, på hvilken man ved at ånde luft, ville få det samme nitrogenpartialtryk, som den valgte åndingsgas giver på den valgte dybde.

Eksempel:

Nitrogens partialtryk p_{N_2} med Nitrox 36 på 24 meters dybde er 2,2 Bar.

Når man ånder luft fås dette p_{N_2} på 18 meters dybde. For Nitrox 36 er Ækvivalent Luft Dybde (EAD) for 24 meter således 18 meter. På 24 meter med Nitrox 36 ånder man altså det samme nitrogenpartialtryk, som hvis man åndede luft på 18 meter.

Da trykfaldssyge forårsages af netop nitrogen, kan man således med denne gas anvende en lufttabel, men ved dykkedybden 18 meter.

GAS Blanding	DYBDE ved $pO_2 = 1,4$ Bar	Ækvivalent Luft Dybde
Nitrox 28	40 meter (40,0)	36 meter (35,6)
Nitrox 32	33 meter (33,8)	27 meter (27,0)
Nitrox 36	28 meter (28,9)	21 meter (20,8)
Nitrox 40	25 meter (25,0)	17 meter (16,6)

Til at bestemme den ækvivalente luftdybde for en åndingsgas kan man enten benytte EAD tabellen (se bilag 3) eller nedenstående formel:

$$\text{EAD} = \frac{(1,0 - F_{O_2}) \times (D+10)}{0,79} - 10$$

Hvor

F_{O_2} = oxygenprocent (som decimaltal)

D = dykkedybde i meter

Planlægning af dekompression ved anvendelse af ækvivalent luftdybde

Ved at anvende en almindelig lufttabel og ækvivalent luftdybde, kan man planlægge dekompression eller højst tilladte dykketid uden dekompression (0-deko-tid). Bestem den ækvivalente luftdybde og derefter de øvrige informationer i lufttabellen.

Metoden kan anvendes med alle lufttabeller.

ÆKVIVALENT LUFTDYBDE

Lufttabel meter	Nitrox blanding																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17	18	18	18	19
15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23
18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25	25	26	26	27
21	21	21	22	22	23	23	24	24	24	25	25	26	27	27	28	28	29	30	30	30
24	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	30	30	31	31	32	33	32	31	
27	27	27	28	28	29	30	30	31	31	32	32	33	34	34	35	34	34			
30	30	31	31	32	32	33	33	34	35	35	36	36	37	37	36					
33	33	34	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	39							
36	36	37	37	38	38	39	40	40	41	42	42									
39	39	40	40	41	42	42	43	44	45											
42	42	43	43	44	45	46	46	47												
45	45	46	46	47	48	49	50													
48	48	49	50	50	51	52														
51	51	52	53	53	54															
54	54	55	56	57																
57	57	58	59																	
60	60	61																		
63	63																			
66	66																			

Røde værdier = pO_2 over 1,4 bar

Tabel fra bilag 3

Planlægning af dekompression med Bühlmann's dekompressionstabeller

Baggrund

Forbundets tabeller er Bühlmann's ZHL16 tabeller, som er udviklet af professor A.A. Bühlmann ved Zürich Universitet i 1986. Disse tabeller er valgt, fordi de er meget anerkendt rundt omkring i verden. Meget dekompressionssoftware tager udgangspunkt i ZHL 16 ligesom de fleste tekniske organisationer anvender tabellerne. Ligeledes anvendes de i mange dykkecomputere.

Forudsætninger

Der skal altid foretages et sikkerhedsstop på tre minutter i 4,5 meters dybde, forudsat der ikke er tvungen trindekompensation.

Opstigningshastigheden er 10 meter pr. minut, og den skal overholdes så nøjagtigt som muligt. Tabellerne tillader maksimalt tre dyk om dagen.

Anvendelse

Anvendelse af disse tabeller forudsætter, at dykkeren har modtaget tilstrækkelig undervisning i dekompressionsteori og praktik, og at dykkeren kender til de fysiologiske problemer i åndingsorganerne og i centralnervesystemet, som forårsages af forøget oxygenindtagelse. Dykning efter disse tabeller kan ikke anbefales til dykkere, der ikke er uddannede nitroxdykkere ved en anerkendt uddannelsesorganisation.

Man vælger tabel efter hvilken gasblanding man anvender. Der er en forside som bruges ved dykning uden dekompression og en bagside som anvendes når man vil udføre dykning med efterfølgende trindekompensation, samt accelereret dekompression.

Forsiden

I tabellens øverste vandrette kolonne finder man den maksimale dykkedybde. Når tider og dybde er sorte holder man sig inde for et maksimalt pO_2 på 1,4 bar, er tider og dybde derimod røde har man overskredet 1,4 bar.

DYKKERTABEL NITROX 36

Bundtid	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	Dykkedybde · Mætningsgruppe						Overfladeinterval	
	25	19	16	16	14	12	11	10							A	00:00 01:59	02:00		
	37	25	20	20	17	15	13	12							B	00:00 00:19	02:00		
	55	37	29	29	25	22	20	18							C	00:00 00:09	03:00		
	81	57	41	41	33	28	24	19							D	00:00 00:09	03:00		
	105	82	59	59	44	35	25	20							E	00:00 00:09	04:00		
	130	111	65	65	51										F	00:00 00:19	08:00		
	154	125	75	75											G	00:00 00:24	12:00		
															H	00:00 01:04	24:00		
															K	01:00 01:59	39:00		
														L	06:00 06:59	48:00			
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A	Meter
												154	130	105	81	55	37	25	12
												137	111	82	57	37	25	19	15
												115	88	59	41	29	20	16	18
												115	88	59	41	29	20	16	21
												91	68	44	33	25	17	14	24
												72	53	37	28	22	15	12	27
												57	42	30	24	20	13	11	30
												47	35	26	21	18	12	10	33
																			36
																			39
																			42
																			45
												Forbelastning						Dybde	

Bevæger man sig fra den vandrette linie med dybder og maksimale bundtider nedad angives udvalgte bundttider (fra overfladen forlades til opstigningen begynder). Man går ned til den nærmeste større tid, hvis man ligger

Forside af Nitrox 36 tabel uden dekompression.

Bevæger man sig fra den vandrette linie med dybder og maksimale bundtider nedad angives udvalgte bundtider (fra overfladen forlades til opstigningen begynder). Man går ned til den nærmeste større tid, hvis man ligger i et interval mellem to af tabellens tider. Når man har fundet sin bundtid, går man vandret ud til højre hvor man finder sin mætningsgruppe udtrykt med et bogstav fra A til L.

Ny mætningsgruppe efter overfladeinterval findes i den integrerede tabel. Man skal blot være opmærksom på, at man kan tale om gentagne dyk helt op til 48 timer efter man har været i vandet sidst. På den anden side kan man også komme ud af mætning på mindre end 12 timer: fra mætningsgruppe D er man f.eks. ude af mætning efter blot 3 timer.

Eksempel 1, Dykning uden trin-dekompression

- 1 dyk, Nitrox 32, dybde 31 meter i 15 minutter

- I Nitrox 32 tabellen går man ind under 33 meter, da det er nærmeste større dykkedybde. Man bevæger sig lodret nedad til man finder 18 minutter og vandret til højre og ser at man nu er i mætningsgruppe C.

DYKKERTABEL NITROX 32

Bundtid	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	Dykkedybde - Mætningsgruppe										Overfladeinterval
	25	19	16	14	12	11	10	10	9													
37	25	20	17	15	13	12	12	12	11													02:00
55	37	29	25	22	20	18	18	18	16													02:00
81	57	41	33	28	24	19	19	19	17													02:00
105	82	59	44	35	25	20	20															02:00
130	111	65	51																			02:00
154	125	75																				02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00

- Overfladeinterval 30 minutter. I overfladeintervaltabellen går man vandret ind ved C og kommer frem til intervallet 00:25 - 02:59, under hvilket man finder den nye mætning på A. I denne tabel kan man også se, at er man i mætningsgruppe C, skal der gå 3 timer før man er helt ude af mætning.

Bundtid	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	Dykkedybde - Mætningsgruppe										Overfladeinterval
	25	19	16	14	12	11	10	10	9													
37	25	20	17	15	13	12	12	12	11													02:00
55	37	29	25	22	20	18	18	18	16													02:00
81	57	41	33	28	24	19	19	19	17													02:00
105	82	59	44	35	25	20	20															02:00
130	111	65	51																			02:00
154	125	75																				02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00
Mætningsgruppe efter overfladeinterval												G	F	E	D	C	B	A				02:00
154	130	105	81	55	37	25																02:00
137	111	82	57	37	25	19																02:00
115	88	59	41	29	20	16																02:00
91	68	44	33	25	17	14																02:00
72	55	37	28	22	15	12																02:00
57	42	30	24	20	13	11																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
47	35	26	21	18	12	10																02:00
40	30	23	19	16	11	9																02:00

- Dansk Sportsdykker Forbund anbefaler, at man benytter de samme ventetider, før man må flyve som ved luftdykning.

- o Hvis man planlægger at dykke næste dyk på en anden gasblanding skal der skiftes til den aktuelle tabel nu. I eksemplet vil man foretage næste dykning til 25 meter på en Nitrox 36 i 15 minutter.

DYKKERTABEL NITROX 36

[illegible]

- o Nu bevæger man sig nedad fra den nye mætningsgruppe, til man møder den vandrette linie hvor dybden på andet dyk står - tallet er forbelastningen i minutter. Hvis den aktuelle dybde ikke er en tabellagt dybde, benyttes den nærmeste lavere tabellagte dybde, da dette er det mest konservative. Altså i dette tilfælde 24 meter, hvilket giver en forbelastning på 14 minutter.

- **2 dyk, Nitrox 36, dybde 25 meter i 15 minutter**

- o I Nitrox 36 tabellen går man ind under 27 meter og aflæser at maksimal bundtid uden trin-dekompression er 35 minutter. Hvis man ikke ønsker trin-dekompression fås en maksimal bundtid på $35 - 14 = 21$ minutter på denne dybde med Nitrox 36. Herefter er man i mætningsgruppe E.

DYKKERTABEL NITROX 36

[illegible]

Eksempel 2, Dykning med trin-dekompression

- **Dyk, Nitrox 36, dybde 25 meter i 60 minutter**
 - o I Nitrox 36 tabellen er den maksimale bundtid uden dekompression 35 minutter, derfor skal man nu bruge bagsiden som indeholder bundtider med trin-dekompression. Man går ind under 27 meter, da det er nærmeste større dykkedybde. Bevæger sig lodret nedad til man finder 60 minutter, bevæger sig vandret til højre og ser, at man skal udføre trin-dekompression i 15 minutter på 4,5 meter. Man skal ikke bruge den grønne kolonne ved almindelig trin-dekompression. Bevæger man sig helt ud til højre kan man se, at man nu er i mætningsgruppe G.

DYKKERTABEL NITROX 36 med dekompression

Dykke- dybde	Bundtid	Dekompressionsstop						Mætnings- gruppe	Dykke- dybde	Bundtid	Dekompressionsstop						Mætnings- gruppe
		Nitrox 36			Nitrox 75						Nitrox 36						
		12	9	6	4,5	6	4,5				12	9	6	4,5	6	4,5	
15	180				1		1	G									
18	100				2		2	C									
21	80				7		6	C									
	90				11		9	C									
24	60				8		7	F									
	70				13		11	C									
	80				17		14	G									
	90				24		20	H									
27	40				5		5	E									
	50				10		9	F									
	60				15		13	G									
	70				22		18	H									
	80				30		25	H									
	90			1	35	1	29	H									
30	30				4		4	E									
	40				9		8	F									
	50				16		13	G									
	60			1	22	1	19	G									
	70			3	30	3	24	H									
	80			5	36	4	30	H									
	90		2	5	44	5	34	K									

Accelereret dekompression skal ske på Nitrox 75 eller højere.

- o Ved gentagne dyk benyttes overfladeintervaltabellen på forsiden, som beskrevet i det forgående eksempel.

Eksempel 3, Dykning med accelereret trin-dekompression

Denne form for trin-dekompression kræver uddannelse og træning som erhverves på et CMAS Advanced Nitrox kursus, og bør ikke udføres uden den fornødne uddannelse!

- **Dyk, Nitrox 36, dybde 25 meter i 65 minutter**
 - o I Nitrox 36 tabellen er den maksimale bundtid uden dekompression 35 minutter, derfor skal man nu bruge bagsiden, som indeholder bundtider med trin-dekompression. Man går ind under 27 meter, da det er nærmeste større dykkedybde. Bevæger sig lodret nedad til man finder 70 minutter, bevæger sig vandret til højre, hvor man skal anvende den grønne kolonne. Her ses at man skal udføre trin-dekompression i 18 minutter på 4,5 meter på en medbragt Nitrox 75 eller højere. Ved accelereret trin-dekompression vil man i praksis skifte til sin dekompressionsgas så snart man kan tåle den, for Nitrox 75 er det 11 meter. Dette for at få den mest effektive afgasing. Man kan således ved meget lange dykninger godt skulle udføre dekompression på to forskellige gasser, idet tabellen kun giver mulighed for accelereret dekompression på 4,5 og 6 meters dybde. Bevæger man sig helt ud til højre kan man se at man nu er i mætningsgruppe H.

DYKKERTABEL NITROX **36** med dekompression

Dyke- dybde	Bundtid	Dekompressionsstop						Mætnings- gruppe	Dyke- dybde	Bundtid	Dekompressionsstop						Mætnings- gruppe
		Nitrox 36			Nitrox 75						Nitox 36						
		12	9	6	4,5	6	4,5				12	9	6	4,5	6	4,5	
15	180				1		1	G									
18	100				2		2	G									
21	80				7		6	G									
	90				11		9	G									
24	60				8		7	F									
	70				13		11	G									
	80				17		14	G									
	90				24		20	H									
27	40				5		5	E									
	50				10		9	F									
	60				15		13	G									
	70				22		18	H									
	80				30		25	H									
	90			1	35	1	29	H									
30	30				4		4	E									
	40				9		8	F									
	50				16		13	G									
	60			1	22	1	19	G									
	70			3	30	3	24	H									
	80			5	36	4	30	H									
	90		2	5	44	5	34	K									
Accelereret dekompression skal ske på Nitrox 75 eller højere																	

o Ved gentagne dyk benyttes overfladeintervaltabellen på forsiden, som beskrevet i foregående eksempel.

Dykkecomputere

Hvilken som helst nitroxblanding kan anvendes sammen med luft-dykkercomputere. På denne måde opnås en fysiologisk fordel, for når man ånder nitrox indeholder åndingsgassen mindre nitrogen end hvis man ånder luft. Bemærk dog, at oxygenets maksimale partialtryksgrænse ikke må overskrides. En normal dykkeplan bør dog laves, og den ophobede oxygendosis (CNS%) bør beregnes.

På markedet findes flere nitroxcomputere og anvendelse af en sådan anbefales idet den samtidig følger med i ophobningen af både nitrogen og oxygen i vævene.

De computere, der er beregnet til nitrox brug har, til forskel fra luftdykkecomputere, en indkodningsfase, hvor computeren indstilles til den anvendte åndingsgas' oxygenprocent. Desuden kan oxygenets maksimale partialtryk indstilles og sammen med det, oftest en alarm.

Da en nitroxcomputer har flere instillingsmuligheder end en normal dykkercomputer, er det vigtigt at man har læst og forstået brugsanvisningen.

Nitroxcomputerens rette brug forudsætter kontrol af oxygenprocenten inden hvert dyk !



En anden mulighed er at benytte et dykkeplanlægningsprogram til PC. Der findes flere forskellige på markedet, f.eks. GAP og VPlanner.

Disse kan beregne dekompressionstider, optimale gasser, gasforbrug samt CNS% m.m.

To forskellige nitroxcomputere

PLANLÆGNING AF DYKKET



Al dykning bør planlægges i forvejen. Når man begynder at dykke med nitrox, er det endnu vigtigere, at man er grundig med planlægningen, da man har fået endnu et element ind i dykningen, der kræver overvejelser, nemlig gasblandingen.

For mange almindelige sportsdykkere begrænser planlægningen sig ofte til et kig i tabellen. Når det drejer sig om nitroxdykning er det vigtigt, at dykningen bliver overvejet og planlagt i den rigtige rækkefølge, således at der bliver sammenhæng i planen. Eksempelvis nytter det ikke, at tabellen giver mulighed for en dykkertid på 50 minutter på en given dybde, mens der rent faktisk kun er gas til 40 minutter. Kort sagt er det vigtigt at sætte struktur på dykkeplanlægningen.

I det følgende introduceres en metode der sikrer at man kommer omkring alle væsentlige aspekter i planlægningen på en hensigtsmæssig måde. Denne metodik gælder uanset om man dykker almindelig nitroxdykning eller nitroxdykning med accelereret dekompression.

Alle dyk skal planlægges ud fra disse fire punkter:

MOD

Find den ideelle nitroxblanding til dykket. Størst fordel opnås ved at man opnår et oxygen partialtryk på 1,4 på maksimal dybden. Omvendt må maksimal operationsdybde ikke overskrides.

BAR

Er der gas nok til at gennemføre dykket ? Når man er tilbage i overfladen, skal der være en reserve på 50 bar eller 1/3 del alt efter typen af dyk, dette er beskrevet i afsnittet om gasadministration, på side 66.

N₂

Hvor lang dykkertid giver tabellen ud fra den valgte blanding og under hensyntagen til den gasmængde der er til rådighed.

O₂

Overskrides den maksimale oxygendosis (CNS%) på 100% ?

MOD

Første skridt er at få valgt den ideelle gasblanding til dykket, hvis dette er muligt. Dvs. at få en nitroxblanding, hvor man på maksimaldybden opnår et pO_2 på 1,4 bar, men IKKE overskrider dette. Det er jo her man får den største effekt af nitrox.

Næste skridt er at få analyseret blandingen og fastlagt MOD. Efter at gassen er analyseret bør dykkeren sikre sig, at blandingen ikke ændres inden dykket. Det er derfor vigtigt også at analysere gassen umiddelbart før dykket.

Ved udregning af maksimal operationsdybde (MOD) sker afrunding til den sikre side, dvs. oxygenprocenten rundes op.

BAR

Dette punkt skal sikre at man har en tilstrækkelig mængde gas til at gennemføre dykket. Når man dykker med nitrox, kan man foretage længere dyk uden dekompression, så flaskernes størrelse kan let begrænse dykkets længde. Nitrox fjerner ikke behovet for at planlægge gasforbruget og medregne reserveåndingsgassen - tværtimod. Ved almindelig nitroxdykning planlægger man at have mindst 50 bar tilbage når dykket er afsluttet. Når der er tale om dekompressionsdykning er dette ikke tilstrækkeligt - se afsnittet om gasadministration s. 66.

Resultatet af dette punkt er at man har fået fastlagt den maksimale dykkertid under hensyntagen til dybde, flaskestørrelse og personligt gasforbrug.

N₂

Ud fra den valgte blanding tidligere i planlægningen skal man nu have fundet den rigtige tabel. Først og fremmest skal besluttes, om der skal anvendes en lufttabel, og så beregnes den ækvivalente luftdybde (EAD), eller om man anvender deciderede nitroxtabeller som dem, der er vedlagt i denne bog.

Hvis der anvendes en nitroxtabel (som normalt giver de længste bundtider/korteste overfladeintervaller, fordi den er lavet til nitrox) skal man finde den tabel, der passer til den valgte blanding. Hvis der ikke findes en tabel, der præcist rammer den valgte blanding, er det vigtigt at runde ned til den nærmeste tyndere blanding.

Eksempel: Ved analysering af flaskens indhold i båden fik man resultatet 34,5%. Man har Nitrox 28, 32, 34, 36 og 40 - tabellerne med. Ved planlægning af dekompressionsbehov er man altså nødt til at anvende tabellen for Nitrox 34.

Nu kan man under hensyntagen til den gasmængde der er til rådighed, som blev fundet under forrige punkt, finde en bundtid i tabellen og se eventuelt dekompressionsbehov.

Ved aflæsning af tabeller sker afrunding til den sikre side, dvs. oxygenprocenten rundes ned.

O₂

Nu skal CNS eksponeringen beregnes. Den kan enten beregnes manuelt, eller man kan anvende CNS% pr. minut tabellen i bilag 5. Ved almindelig nitroxdykning vil man for nemheds skyld regne med samme CNS% pr. minut under hele dykketiden. Ved nitroxdykning med accelereret dekompression vil man beregne CNS eksponeringen for henholdsvis bundtid og hvert af de enkelte dekompressionsstop.

Man skal under dette punkt sikre sig, at NOAAs anbefalede CNS% grænse ikke overskrides.

Eksempel på planlægning af almindelig nitroxdykning

I dette eksempel vil planlægningen blive gennemgået for almindelig nitroxdykning med de fire punkter beskrevet tidligere som udgangspunkt. Ved beregning af gasforbrug på et almindeligt nitroxdyk regnes der med gasforbruget på dykkedybden i hele dykkertiden.

Der foretages 2 dyk, det første til 33 meter og det andet til 27 meter. Mellem de to dyk er der et overfladeinterval på 45 minutter. Til hvert dyk haves en 15 liters flaske fyldt til 210 bar, og gasforbruget er fastsat til 20 l pr. minut ved overfladen.

1. dyk:

MOD: $1,4 / 4,3 = 0,32 \sim \text{NITROX 32}$
 $1,4 / 0,32 = 4,37 \sim \text{MOD 33,7 meter}$

BAR: $160 \text{ bar} \times 15 \text{ l} = 2400 \text{ l gas}$, da man skal have mindst 50 bar i reserve.
 $2400 \text{ l} / (20 \text{ l pr. min} \times 4.3 \text{ bar}) = 27 \text{ min}$

N₂: Nitrox 32 tabellen giver **20 minutters** bundtid uden dekompression, og man ender i mætningsgruppe E. Opstigningstiden er $3 + 3 + 1 = 7$ minutter (3 minutter til 4,5 meter hvor der holdes et 3 minutters sikkerhedsstop, herefter 1 minut til overfladen).
 Dykketid = bundtid + opstigningstid = $20 + 7 = 27$ minutter.

O₂: Faktisk pO₂ på dybden $1,4 \sim 0,67 \text{ CNS\% pr. min.}$
 $27 \text{ minutters dykketid} \times 0,67 = \mathbf{18,1 \text{ CNS\%}}$

2. dyk:

MOD:

$1,4 / 3,7 = 0,37 \sim \text{NITROX 37}$

$1,4 / 0,37 = 3,78 \sim \text{MOD 27,8 meter}$

BAR:

$160 \text{ bar} \times 15 \text{ l} = 2400 \text{ l gas}$, da man skal have mindst 50 bar i reserve.

$2400 \text{ l} / (20 \text{ l pr. min} \times 3,7 \text{ bar}) = \mathbf{32 \text{ min}}$

N₂:

Mætning efter ophold i overfladen:

E $\Rightarrow$ **A** efter 45 minutter ophold i overfladen.

Da man ikke har en Nitrox 37 tabel må der anvendes en Nitrox 36 tabel.

Mætningsgruppe A giver **12 minutters forbelastning**.

Nitrox 36 tabellen giver 35 minutters bundtid uden dekompression, og der endes op i mætningsgruppe **E**.

Da man er forbelastet af de 12 minutter, er den maksimale bundtid $35 - 12 = \mathbf{23 \text{ minutter}}$.

Nitrogentid = bundtid + forbelastning = $23 + 12 = 35 \text{ minutter}$

Man skal ligeledes bruge $3 + 3 + 1 = 7 \text{ minutter}$ på opstigningen. Dykkertiden bliver således $23 + 7 = \mathbf{30 \text{ minutter}}$, hvilket ligger inden for de 32 minutter gasbeholdningen tillader.

O₂:

Faktisk pO₂ på dybden $1,37 \sim 0,67 \text{ CNS \% pr. min.}$

$30 \text{ min dykketid} \times 0,67 = \mathbf{20,1 \text{ CNS\%}}$ for dette dyk

Da opholdet i overfladen er under 90 minutter regner man ikke med halvering af vores CNS % på 18,1 fra forrige dyk.

Total CNS% efter endt dykning er således: $18,1 + 20,1 = \mathbf{38,2 \text{ CNS\%}}$

Følgende grafiske fremstilling beskriver dykket:

Overfladetid 45 min

Mætning: -
CNS%: -

E
18,1%

A
18,1%

E
38,2%

Sikkerhedsstop:

Nitrox 32

4,5 m: 3 min.

Opstigning

til 1. stop:

3 min

Dykkedybde: 33m

pO₂: 1,38 bar

Bundtid: 20 min

Sikkerhedsstop:

Nitrox 37

4,5 m: 3 min.

Opstigning

til 1. stop:

3 min

Dykkedybde: 27m

pO₂: 1,37 bar

Bundtid: 23 min

ANALYSE OG MÆRKNING AF GASSER

ANALYSE OG MÆRKNING AF GASSER

Oxygens fysiske egenskaber

Oxygen er en brandnærende gas. Det betyder at oxygens tilstedeværelse er afgørende for hvordan ting brænder. Vi ved at mange ting brænder særdeles udmærket i almindelig luft. Ved selv en beskeden forhøjelse af oxygenindholdet, i forhold til atmosfærisk luft, vil forbrændingen forløbe væsentligt hurtigere, og materialer der ikke er brandbare i almindelig luft, kan blive brandbare i en oxygenberiget atmosfære. I ren oxygen er selv metaller brandbare ved forhøjede temperaturer.

Nitrox er som bekendt atmosfærisk luft, der er beriget med oxygen. Derfor vil risikoen for brand i udstyr til nitrox være større end i udstyr til atmosfærisk luft.

Oxygenservice

Fordi risikoen for brand er større i udstyr, der anvendes til nitrox, end for udstyr der anvendes til atmosfærisk luft, stilles der krav om, at udstyr der benyttes med nitrox, er i oxygenservice. Ved oxygenservice forstås, at udstyret er designet til brug med oxygen, at materialer er kompatible med oxygen samt at udstyret er rengjort for olierester og andre forureninger.

Kravet om oxygenservice gælder udstyr der kommer i kontakt med højtryksnitrox. Det betyder at på almindeligt udstyr til nitrox skal flasker, flaskeventil, regulatorer, manometerslange og manometer være i oxygenservice.

Efter at udstyr er sat i oxygenservice, skal det sikres at det forbliver i oxygenservice. Almindelig luft fra kompressorer kan indeholde nok olierester, til at de med tiden ophober sig i udstyret. Derfor skal niveauet af olierester i luft der benyttes til nitrox reduceres. Dette sker typisk ved at dobbeltfiltrere luften fra kompressoren. Flasker i oxygenservice må således kun fyldes på anlæg der også er i oxygen service og leverer gas rensat for olierester. Regulatorer i oxygenservice må ligeledes kun benyttes med flasker i oxygenservice. Ud over ovenstående skal udstyret renses (oxygenrengøres) en gang om året for at udstyret forbliver i oxygenservice. Ved mistanke om forurening – f.eks. ved fyldning med luft der ikke er dobbeltfiltreret – skal udstyret ligeledes oxygenrengøres for at være i oxygenservice.

Mærkning

Udstyr der anvendes til nitrox skal være klart mærket. Dette har to formål. For det første skal det sikres, at flasker med nitrox ikke ved en fejl benyttes som var der tale om atmosfærisk luft, da dette kan medføre risiko for akut oxygenforgiftning. For det andet skal det sikres at udstyr, der er i oxygen service, ikke forurenes.

Flasker til nitrox mærkes med et bredt grønt bånd rundt om flasken, hvorpå der med store tydelige bogstaver er trykt: "NITROX", "EANx" eller "ENRICHED AIR NITROX". Ud over dette skal flasken mærkes med en mærkat der angiver dato for sidste oxygenren-gøring. Efter fyldning skal flasken ligeledes mærkes med blandingens oxygenprocent, MOD for blandingen samt mixer/blenderens initialer.



Regulatorer i oxygenservice skal mærkes således at datoen for sidste oxygenrengøring fremgår.

Oxygenanalysator

Nitroxdykkeren har behov for et nyt stykke udstyr - en oxygenanalysator. En oxygen måler er som navnet siger, et apparat der kan måle indholdet af oxygen i en gasblanding.

Det er vigtigt at kende det præcise indhold af oxygen i den nitroxblanding man benytter. For det første for at kunne udregne MOD og udgå oxygenforgiftning. For det andet for at sikre korrekt planlægning af opstigning/dekompression.

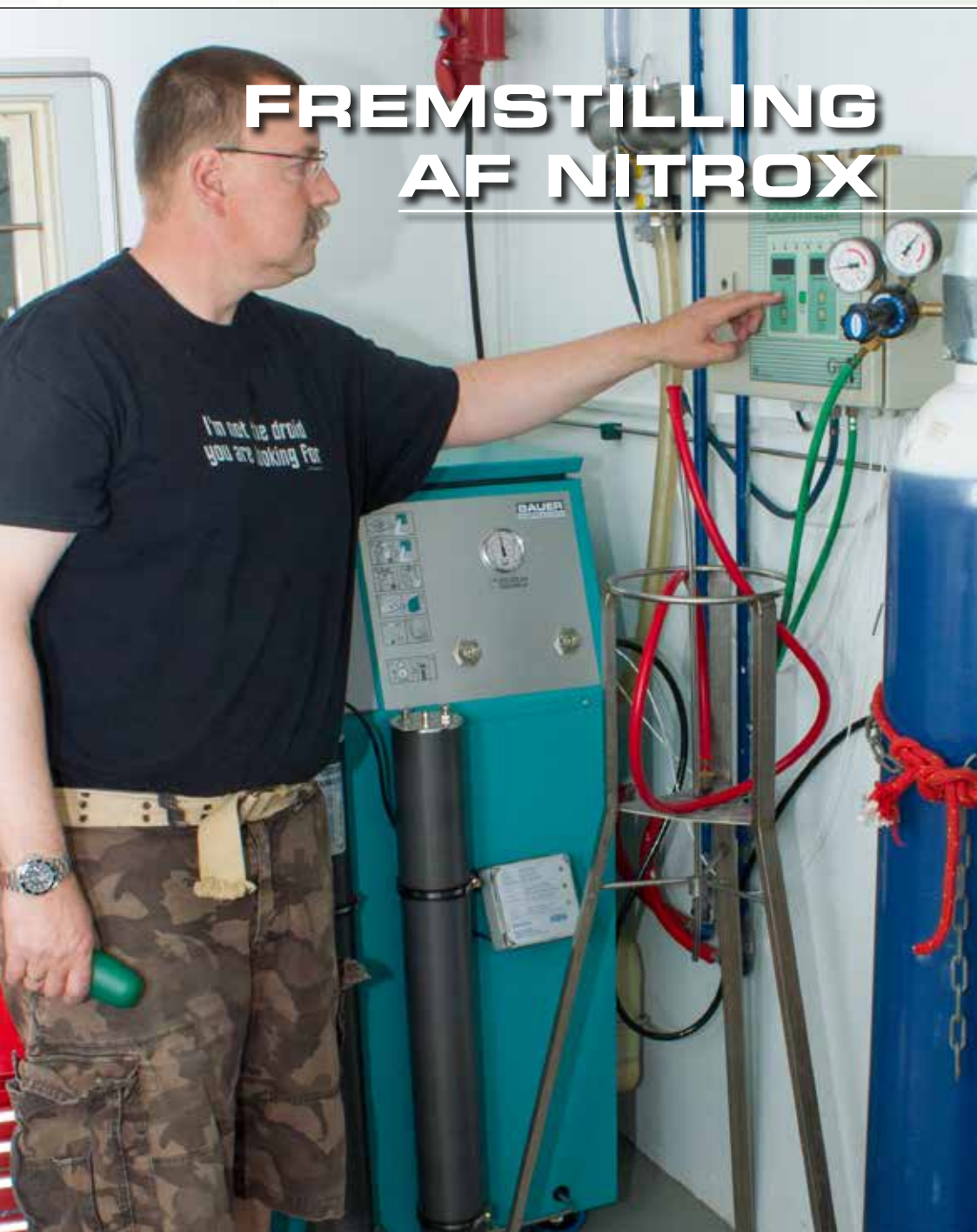
Typisk vil en nitroxblanding blive analyseret efter fremstilling og lige inden dykningen foregår. Formålet med den første analyse, er at sikre at gasblandingen er udført som den skal, uden fejl, og flasken mærkes tilsvarende. Anden analyse er en kontrol af mærkningen på flaskerne, og skal sikre at dykkeren ikke kommer i vandet med en forkert gasblanding, på grund af fejl, som ombytning af flasker, forkert mærkning eller lignende. Hvis man ved en analyse får et uventet resultat, skal årsagen til afvigelsen findes, inden gassen benyttes.



De oxygenanalysatorer, der er relevante for dykkere, består af en elektrokemisk celle, der måler oxygenpartialtrykket, samt noget elektronik der behandler signalet fra sensoren. Sensoren bliver slidt med tiden. Derfor skal oxygenanalysatoren kalibreres inden brug, og cellen udskiftes med passende intervaller.

Det er vigtigt, at brugsanvisningen for oxygenanalysatoren følges nøje, da forudsætningen for en korrekt analyse er at instrumentet benyttes korrekt. Mange oxygenanalysatorer er opbygget således at sensoren placeres ved flaskeventilen, hvorefter der ledes gas forbi sensoren ved at åbne for ventilen. Hvis der åbnes for meget for ventilen, kan der opstå en lille trykstigning ved sensoren, hvilket medfører at der måles et for højt oxygenindhold. Dette kan undgås ved at benytte et apparat der selv regulerer gasstrømmen.

FREMSTILLING AF NITROX



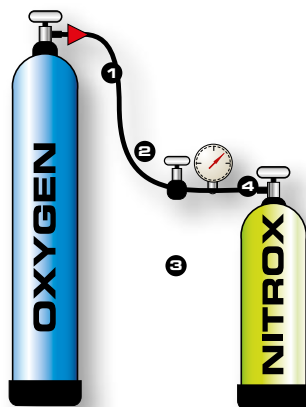
For at fremstille nitroxblandinger skal andelen af oxygen i den atmosfæriske luft øges. Dette kan ske på to måder – enten ved at tilsætte oxygen til den atmosfæriske luft eller ved at fjerne nitrogen. Begge dele kan gøres med forskellige teknikker, der alle har deres styrker og svagheder. I dette kapitel præsenteres principperne for hver enkelt metode.

Fyldning med partialtryksblanding

Partialtryksfyldemetoden har fået sit navn, fordi man beregner mængden af oxygen, der skal tilsættes ud fra partialtryk, og mængden af tilsat oxygen styres ud fra trykket og kontrolleres med et manometer.

Nitroxblandingen fremstilles ved at dekantere en forudberegnet mængde oxygen fra lagerflasker til nitroxflasken og efterfølgende fylde flasken med komprimeret luft. Grunden til at man først fylder med oxygen er at den skal dekanteres og således kommer fra en anden trykflaske. Man er derfor afhængig af at trykket i oxygenflasken er højere, end det er på den flaske man ønsker at fylde.

Figur 1. Simpelt nitrox fyldeudstyr til dekantering af oxygen. 1. Envejsventil, 2. fleksibel slange, 3. nåleventil, 4. manometer



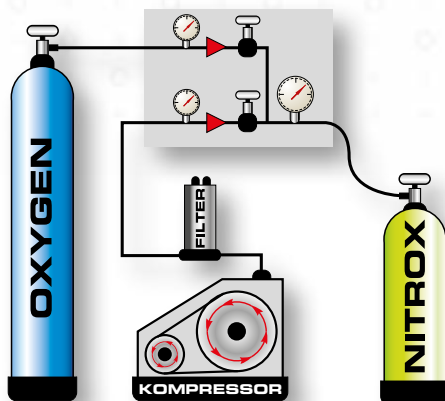
Da flasken kommer i kontakt med ren oxygen, skal både flaske og ventil være rengjort og i oxygen service. Det samme gælder for fyldeanlægget. Som tidligere nævnt, skal luften, der benyttes til at fylde flasken, være ren - særligt skal indholdet af hydrocarboner (olie) være lavt. For oliesmurte kompressorer betyder det at luften skal igennem et ekstra filter.

Figur 1 viser en skematisk oversigt over det mest enkle fyldeudstyr. Fyldeudstyret er en dekanteringsslange til dekantering af oxygen. Slangen består af en envejsventil, en fleksibel slange, en nåleventil og et manometer. Envejsventilen forhindrer, at gas fra nitroxflasken ved et uheld kan forurene flasken med oxygen. Den fleksible slange er typisk en stålarmet teflonslange. Nåleventilen bruges til at kontrollere hastigheden af dekanteringen. Her er det vigtigt at benytte en ventil, der kan kontrollere flowet af oxygen fra oxygenflasken til nitroxflasken. Mængden af oxygen, der er tilført nitroxflasken, aflæses på manometeret. Kvaliteten af dette manometer er medbestemmende

til, hvor godt man kan ramme den forudbestemte gasblanding, så der skal benyttes et analogt- eller digitalt præcisionsmanometer.

Efter nitroxflasken har fået tilført den ekstra mængde oxygen ved dekantering, fyldes flasken op med komprimeret luft.

Ved stationære anlæg, vil man typisk integrere oxygendekanteringen og den rengjorte kompressorluft i et samlet anlæg, med én fyldekonsol. En skitse af et sådant anlæg er vist på figur 2.



Figur 2. Fyldeanlæg med integreret oxygendekantering og renset kompressorluft.

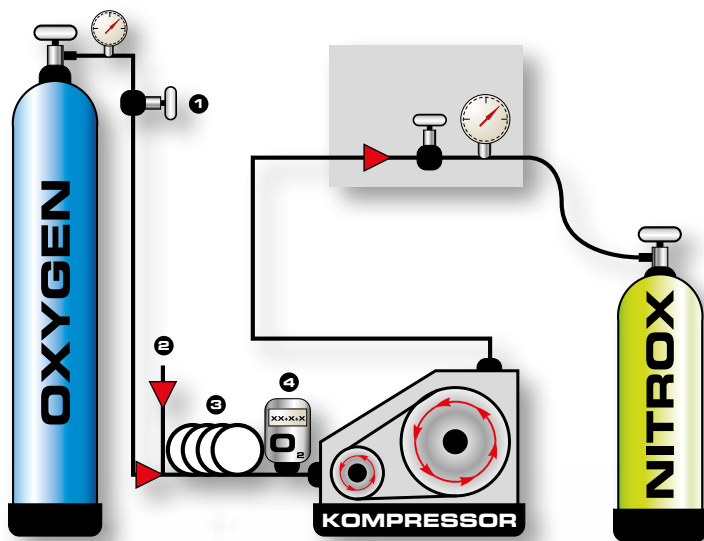
I anlæggets fyldekonsol er der to manometre der viser trykket på henholdsvis oxygenflasken og fra kompressoren. Derudover genfinder vi envejsventilerne, der dels forhindrer at flasken med oxygen forurenes med luft fra kompressoren eller gas fra nitroxflasken, og forhindrer oxygen eller oxygenberiget luft i at komme ind i den ikke-rengjorte kompressor. Endelig benyttes også her nåleventiler til at styre fyldningen samt et præcisionsmanometer.

Metoden benytter sig som sagt af tryk for at bestemme mængden af oxygen tilført nitroxflasken. Da tryk kun er et indirekte mål for mængden af gas, er det begrænset hvor stor præcision der kan opnås. Især temperaturstigninger under fyldningen påvirker det målte tryk. Disse temperaturstigninger kan ikke undgås helt, idet selve komprimeringen af gas fører til en temperaturstigning. Ved tilpas langsom fyldehastighed, kan temperaturstigningerne holdes moderate, hvilket også er at foretrække af hensyn til faren for en oxygenbrand. Alt i alt kan man dog uden problemer, med lidt erfaring og omhyggelighed under fyldningen, ramme den ønskede blanding inden for en afvigelse på en procent, ved brug af partialtryk fyldemetoden.

Kontinuerlig blanding

Frem for at blande oxygen og atmosfærisk luft i flasken, og derved få nitrox, kan man lade blandingen ske kontinuerligt ved lavt tryk, før gassen komprimeres. Blandingen sker ved at kompressorens indsugningsluft tilføres ekstra oxygen. Den opnåede gasblanding komprimeres i en oxygenkompatibel kompressor. Den komprimerede gas ledes forbi en oxygenanalysator, der kontinuerligt måler oxygenindholdet i gassen. Ud fra gasanalysen justeres mængden af tilført oxygen, indtil det rette blande-forhold er nået, og fyldning af nitroxflasken kan påbegyndes. Figur 4, viser en skitse af et typisk setup til kontinuerlig nitroxblanding.

Den kontinuerlige blandemetode har flere fordele. For det første gør den det muligt fuldt ud at udnytte den leverede oxygen, idet man ikke er afhængig af at trykket i oxygenflasken er højere end det i den nitroxflaske man ønsker at fylde. For det andet gør metoden det nemmere at ramme det ønskede oxygenindhold end ved blanding efter partialtryk, idet blandingens oxygenindhold aflæses løbende, og derved hele tiden kan reguleres, samtidigt med at temperaturstigningen efter kompression ikke influerer på blandingsforholdet.



Figur 4. Blandeanlæg til kontinuerlig blanding. Tilførslen af oxygen styres på ventilen 1, 2 er luftindtaget. Blandingen af oxygen og atmosfærisk luft sker i 3. Indholdet af oxygen i blandingen overvåges med en oxygen sensor 4.

Metoden er dog temmelig kostbar fordi der skal benyttes en kompressor beregnet til oxygen. Dette gælder også selv om man kun ønsker nitroxblandinger med lave oxygenprocenter. Grunden til disse forholdsregler er dels at kompressoren ved uheld eller fejlbetjening kan blive tilledt gas med højt oxygenindhold, dels at gassen gennem kompressionen kan blive opvarmet betydeligt i kompressoren, og derved øge risikoen for en oxygenbrand - især ved kontakt med kompressorens smøreolie. Kompressorer til oxygen er netop af denne grund ofte af en type, der ikke bruger smøreolie – såkaldte oliefri kompressorer.

Kend dit fyldeanlæg

Ovenfor er beskrevet to forskellige fyldemetoder. Over disse principper er der fremstillet et hav af variationer – dels hjemmegjorte, dels kommercielt tilgængelige. Anlæggene kan således skræddersys til de enkelte slutbrugeres behov med f.eks. integrerede flaskebanker og lagerflasker til færdigfremstillet nitrox og forskellige grader af automatisering, der gør anlæggene nemmere at betjene. Inden man skal benytte et bestemt anlæg er det derfor vigtigt sætte sig grundigt ind i hvordan anlægget fungerer og hvordan det betjenes korrekt.

Fyldning af nitrox kræver specialviden, som kan erhverves på CMAS kurset "CMAS Nitrox Gasblender". Dykkeren skal kende til de fysiologiske effekter som forårsages af en større oxygenandel i åndingsgassen. Man skal være i stand til at sikre sig at oxygen partialtryksgænsen ikke overskrides, dvs. ikke dykke for dybt med en for rig blanding. Dykkeren skal kende til, hvordan man anvender NOAA's oxygendosistabel, så han kan følge oxygeneksposeringen over flere dyk. Hvis nitrox anvendes til at formindske dekompressionsbehovet skal dykkeren kende til de specielle forhold, der er i de dykkertabeller eller i den dykkercomputer der anvendes.

Til nitroxdykningen hører flere rutineopgaver end til luftdykning. Dykkeren skal kunne analysere oxygenprocenten af den gas der skal bruges, og på basis heraf kunne bestemme den maksimale anvendelsesdybde (MOD). Dykkeren skal kende til korrekt mærkning af nitroxflasker. Da oxygen ved højtryk er meget reaktivt, skal dykkeren også kende til de krav der stilles til nitroxapparat og forstå den eksplosionsfare der er pga. oxygenen.



ADVANCED NITROX



Dekompression og inerte gasser

Så længe vi befinder os ved et tryk på 1 bar (trykket ved havets overflade), er der balance mellem gastrykket i den omgivende atmosfære, og trykket af den gas der er opløst i kroppen. I kroppen findes de samme gasser som der er i den luft vi indånder, og i samme forholdsmæssige mængder. Det er først når det omgivende tryk ændrer sig – enten fordi vi dykker, eller fordi vi bevæger os højere op i atmosfæren, at kroppen reagerer, og vi bliver opmærksomme på den praktiske betydning af tryk og partialtryk.

Egentlig er det trykændringer der er den store udfordring for kroppen. Når vi flytter kroppen fra et sted/niveau hvor kroppen er i balance med omgivelserne, og til et andet sted (som ved dykning, flyvning eller bjergbestigning) så varer det noget tid før gastrykkene i kroppen opnår ligevægt med de nye omgivelser. Kroppen tåler relativt store trykstigninger i omgivelserne, imidlertid er evnen til at håndtere trykfald begrænset. Det har blandt andet dykkerpionererne i Nordsøen fået erfaringer med.

I mere end hundrede år har man studeret hvordan den menneskelige organisme håndterer gas under tryk, for at finde forklaringer på trykfaldssyge. Forskning har vist at der er mange forskellige mekanismer og komplekse sammenhænge i spil, og der er fortsat ubesvarede spørgsmål.

I dette kapitel ser vi nærmere på hvordan gasser, specielt inerte gasser, påvirker organismen under kompression og dekompression. De centrale emner er:

- Gastransport i kroppen
- Gasoptagelse og afgang af væv
- Dannelse af gasbobler

Desuden vil vi vise hvorledes viden om menneskets fysiologi danner basis for dekompressionsteori og dykkertabeller. Endelig ser vi på de grundlæggende principper der ligger bag de fleste dekompressionsprogrammer.

Gastransport i kroppen

Når vi trækker vejret bliver lungevævet mættet med åndingsgas i løbet af 1-2 indåndinger. Inertgassen diffunderer gennem overfladen af alveolerne og ind i blodet i kapillærerne i løbet af et halvt sekund. Herefter foregår gastransporten i to trin, og

flere mekanismer spiller ind:

- Gassen transporteres med blodet rundt i kroppen. Hjertet pumper kroppens blodvolumen gennem kroppen og tilbage i løbet af ca. 25 sekunder. Under denne transport er inertgassen opløst i blodplasmaet
- Blodet udveksler gas med vævene. Dette sker hurtigt (se næste side) og i praksis regner vi med at det sker øjeblikkeligt

Partialtrykgradienten (gradient = forskel) mellem blodet og vævet afgør om inertgas diffunderer fra blodet og ind i vævene eller omvendt. Med andre ord: Når det omgivende tryk øges ved neddykning, så medfører gastransporten, at der tilføres inert gas til vævene. Når det omgivende tryk falder under opstigning, virker de samme mekanismer, blot i den modsatte retning, og inert gas transporteres fra vævene til blodet, videre til lungerne hvor det åndes ud.

Kapacitet for gastransport og fordeling af blod

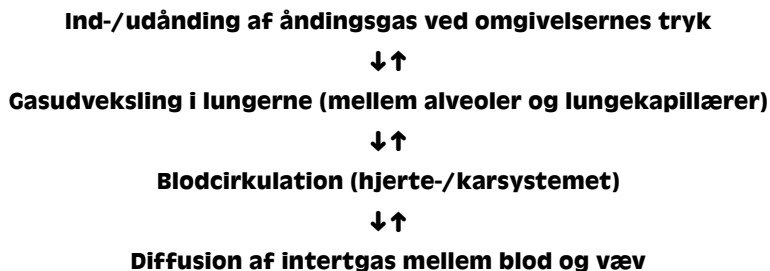
Hjerte-/kar systemet har en stor overkapacitet. Dette skyldes delvist at hjerte og årerne er elastiske og kan udvides (til et volumen på 24 gange blodets volumen), og delvist at hjertefrekvensen kan flerdobles. I hvile transporterer hjerte-/kar systemet ca. 5 liter blod rundt i minuttet, men kan ved hård anstrengelse levere 5-6 gange så meget.

Blodet er ikke ligeligt fordelt i kroppen, men bliver nøje fordelt efter behov. Lokale sensorer i alle væv giver signaler til nerverne om behov og tilførsel. Nerverne gør at forskellige årer trækker sig sammen eller udvider sig, og dermed styrer de hvor blodet løber hen. Hjernen og hjertet kræver konstant blodtilstrømning og har højest prioritet. Andre væv er mere fleksible. For eksempel behøver muskler op til 40 gange mere blod ved arbejde end i hvile. Hud, der er ved at hele en skade, behøver 20 gange så meget blod som rask hud.

Princippet for gasdynamikken i kroppen bygger på inertgassernes partialtryk og det at kroppen forsøger at opnå ligevægt ved hjælp af gasudveksling. Følgende 3 forskellige situationer kan opstå:

- 1) Hvis inertgaspartialtrykket i vævene/blodet er lig med inertgaspartialtrykket i åndingsgassen er der balance – vi siger at vævet er mættet, og ikke kan optage mere gas.
- 2) Hvis intergaspartialtrykket i vævene er mindre end inertgaspartialtrykket i åndingsgassen, vil gas diffundere fra åndingsgassen over alveolemembranen ind i blodet, og fra blodet ind i de forskellige væv. Vi siger at der er en trykgradient mellem åndingsgassen og blod/væv. Under disse omstændigheder vil vævene optage gas. Dette sker under neddykning.
- 3) Hvis inertgaspartialtrykket i vævene er større end i åndingsgassen vil der diffundere gas fra vævene til blodet og fra blodet ud i lungerne, hvorefter inertgassen udåndes – vævene afgiver gas. Dette sker under opstigning/dekompression.

Gastransporten mellem blod og væv følger Henrys lov om opløsning af gasser i væske (se kapitel 5 "Gas og tryk"). Skematisk kan transportmekanismen illustreres således:



Det er trykgradierter der driver diffusionsprocessen.

Når det omgivende tryk stiger, stiger inertgaspartialtrykket i åndingsgassen, og der diffunderer inertgas fra gassen i lungerne, over alveolemembranen ind i blodet i lungekapillærene. Hjertet pumper blod indeholdende opløst inertgas ud til kroppens forskellige væv. Kroppens væv optager inertgas.

Når det omgivende tryk falder, falder partialtrykket i åndingsgassen, og der diffunderer inertgas fra blodet i lungekapillærene over alveolemembranen og ud i lungerne. Blodet med det nu lavere inertgaspartialtryk pumpes ud til kroppens forskellige væv. Da blodet nu har et lavere inertgaspartialtryk end vævene, vil inertgas diffundere fra vævene og ud i blodet. Kroppens væv afgiver inertgas – det afgasser.

Hastigheden hvormed gas optages og afgives afhænger dels af vævstypen og dels af hvilken gas der er tale om .

Vævstyper

Forskellige vævstyper optager og afgiver gas med forskellige hastigheder. Forenklet taler vi om hurtige og langsomme væv. I denne forbindelse er der to centrale vævsegenskaber der er interessante:

- 1) **Blodgennemstrømning.** Da det er blodet der transporterer inertgassen til vævene, vil væv med høj blodgennemstrømning generelt optage gas hurtigere end væv med lav blodgennemstrømning.
- 2) **Opløseligheden af intergas.** Inertgas har forskellig opløselighed i forskellige vævstyper, f.eks. er opløseligheden i vandholdige væv lav, mens opløseligheden i fedtholdige væv er højere.

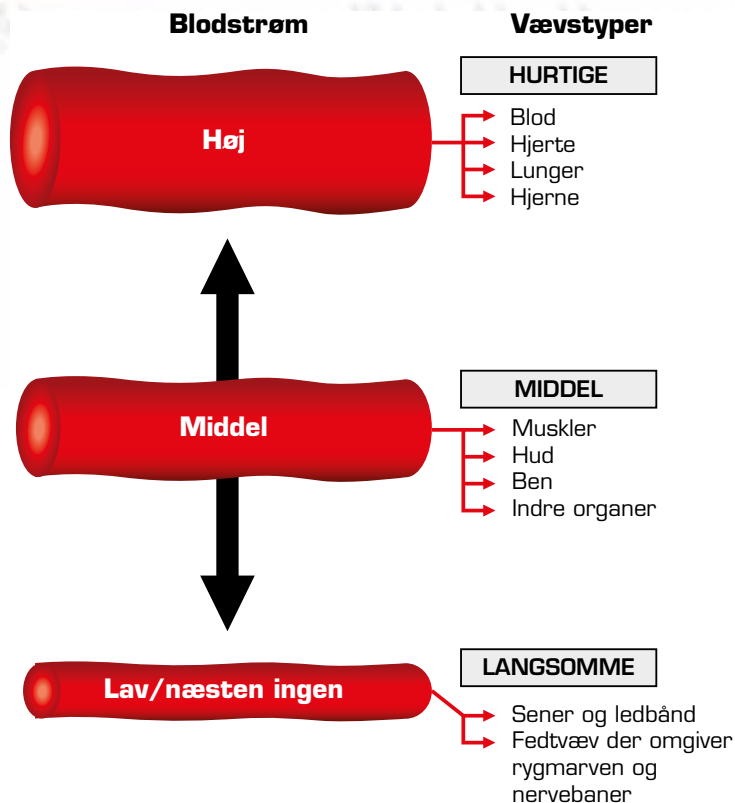
Hurtige og langsomme væv

Det er vanskeligt at karakterisere alle kroppens vævstyper, men følgende er eksempler på hurtige vævstyper:

- Alveolecellerne. På grund af den store overflade (der hvor gasudvekslingen mellem gassen i lungerne og lungekapillærerne sker) udgør alveolerne det hurtigste væv i kroppen.
- Arbejdende muskler
- Blod

Eksempler på langsomme væv:

- Fedt
- Knogler
- Bindevæv med ringe blodgennemstrømning
- Øjets glaslegeme



Halveringstid

Den hastighed, hvormed en vævstype optager/afgiver inertgas, udtrykkes vha. begrebet halveringstid.

Ved halveringstiden for en vævstype forstås den tid der går fra en trykgradient etableres og til denne trykgradient er halveret, fordi gas er diffunderet fra det høje partialtryk mod det lavere partialtryk.

Eksempel:

De hurtigste væv har en halveringstid på 5 minutter. Vi betragter en dykker hvis væv er mættet ved luftånding ved et totaltryk på 1 bar. Denne dykkers væv (uanset type) vil have et nitrogenpartialtryk på 0,79 bar.

Hvis dykkeren dykker til 30 meter og ånder luft, vil totaltrykket i lungerne/alveolerne stige fra 1 til 4 bar og nitrogenpartialtrykket vil stige fra 0,79 bar til $4 \times 0,79 = 3,16$ bar. Efter 5 minutter på dybden vil forskellen i nitrogenpartialtrykket mellem gassen i lunger/alveoler og de hurtige væv være halveret, dvs. partialtrykforskellen vil være $(3,16 - 0,79)/2 \text{ bar} = 1,185 \text{ bar}$, og nitrogenpartialtrykket i de hurtige væv vil således være $3,16 \text{ bar} - 1,185 \text{ bar} = 1,975 \text{ bar}$ (eller $0,79 \text{ bar} + 1,185 \text{ bar} = 1,975 \text{ bar}$).

Forskellige gasser

Åndingsgassen består oftest af flere gasser, og der er forskel på hvordan forskellige gasser optages og afgives af kroppens væv.

At en gas er hurtig betyder at gassen let diffunderer ind og ud af vævet. Gassen optages hhv. afgives af vævet lige så hurtigt som blodet kan tilføre hhv. fjerne den. For en hurtig gas er det således blodgennemstrømningen der afgør hvor hurtigt gas optages og afgives.

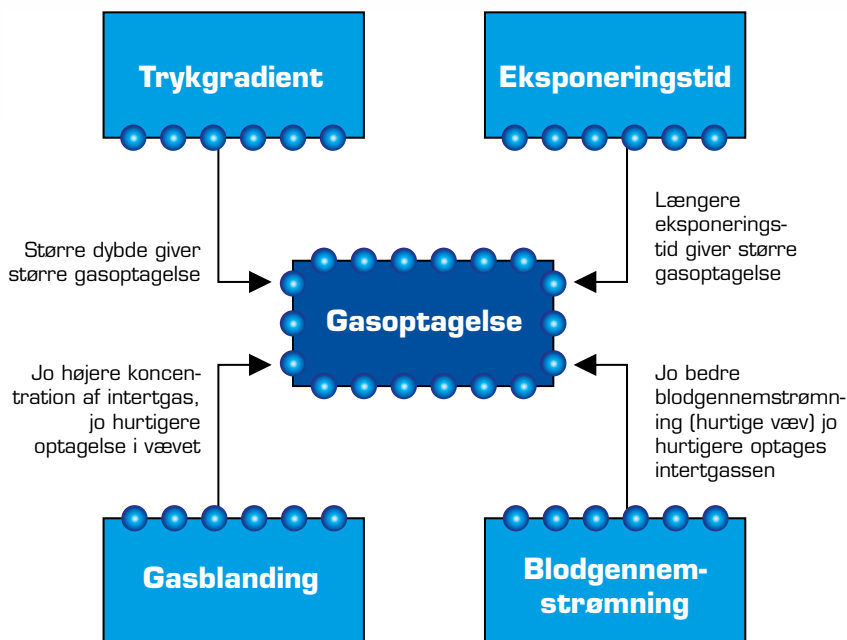
At en gas er langsom betyder at diffusionshastigheden er lav, at vævet "gør modstand" mod diffusionen. Gasudvekslingen er da begrænset af diffusionshastigheden.

Forhold der påvirker gasoptagelsen

Det er relativt uproblematisk for kroppen at optage inertgasser i takt med at det omgivende tryk stiger. For at kunne planlægge dekompressionen er det interessant at vide hvilke forhold der påvirker gasoptagelsen i de forskellige væv, og hvor meget gas der optages. Figuren nedenfor viser de vigtigste, nemlig følgende:

- a) Trykgradienten, dvs. forskellen i inertgaspartialtrykket mellem væv og dets omgivelser.

- b) Hvilken gasblanding der dykkes med – hvis der f.eks. dykkes med nitrox optages mindre nitrogen end hvis der dykkes med luft.
- c) Eksponeringstiden (hvor længe gassen åndes ved et givet tryk).
- d) Blodgennemstrømningen i vævet.



Indirekte indebærer dette at gasoptagelsen også afhænger af dykkerens adfærd og fysiologi:

- Aktivitet og kropstemperatur: Høj temperatur og aktivitetsniveau øger blodgennemstrømningen i vævene.
- Forbrændingen: Høj forbrænding øger åndingsfrekvensen og dermed gasoptagelsen.
- Mængden af hurtige og langsomme væv. Selv om fedtvæv er et langsomt væv, kan det optage 5 gange så meget inertgas som magert væv, og behøver tilsvarende tid til at afgive gassen igen.

Gasafgivelse ved dekompression/opstigning

Ved dykning er der en betydelig risiko forbundet med trykfald (dekompression). Hvis trykfaldet/opstigningen foregår tilpas langsomt er det de samme processer der sker som ved gasoptagelsen, blot den modsatte vej. Men hvis trykfaldet sker for hurtigt er kroppens kapacitet til at udskille gassen ikke stor nok, og der kan dannes bobler af inertgas i væv og blod.

Problemet med gasbobler

Forskning giver stadig bedre indsigt i hvordan der dannes bobler ved dekompression, og sammenhængen mellem bobler og trykfaldssyge.

Vi ved at bobler, som opnår en vis kritisk størrelse, kan blokere blodomløbet og hindre blodtilførslen til vitale organer.

Vi ved desuden, at bobler har andre fysiologiske og mekaniske effekter, som er mindst lige så farlige, og som kan være langvarige.

Hvis trykreduktionen sker for hurtigt i mættet væv, vil den opløste inertgas gå fra at være i opløst form til at danne mikroskopiske bobler. Dette sker spontant.

Når der er dannet bobler i kroppen starter en kæde af reaktioner med flere mulige udfald – se fig. 5.3.

- Boblerne kan forblive mikrobobler ("stille bobler"). De er ufarlige fordi de transporteres med det lille kredsløb (lungekredsløbet) og filtreres ud gennem lungerne.
- Boblerne kan føres videre med arterierne fordi cirkulationssystemet er overbelastet. Dette er de mest kritiske bobler, der kan give symptomer på trykfaldssyge.

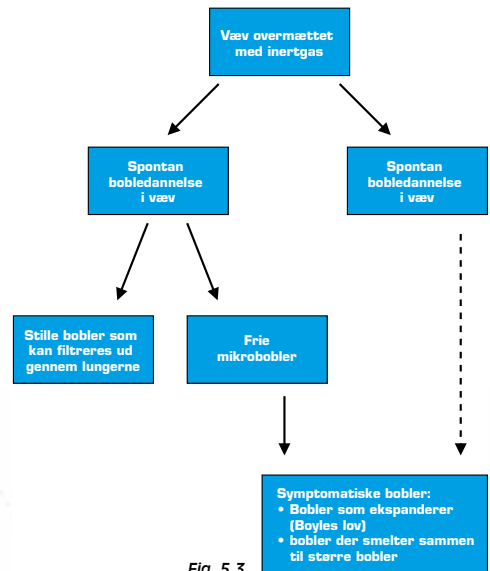


Fig. 5.3.

Dekompressionsmodeller

For at kunne udforme dekompressionstabeller eller lave dykkercomputere må man have en matematisk model for hvordan vævene optager og afgiver intertgas afhængig af dykketid og dybde.

En af de mest benyttede modeller er udformet af schweizeren Albert Bühlmann og kaldes ZH-L 16 (ZH for Zürich som var hans hjemby) og L for "Limit" der er engelsk og betyder "grænse". Tallet 16 angiver antallet af teoretiske vævsgrupper som modellen benytter.

I modellen antages at kroppens evne til at optage og afgive intertgas kan modelleres (beskrives) ved hjælp af 16 forskellige teoretiske vævsgrupper, der hver har forskellige egenskaber mht. optagelse og afgivelse af inert gas (bemærk at vi her udelukkende ser på intertgassen nitrogen).

Vævsgruppe	T ½ (min)	M ₀ (m v)
1	4.0	32.4
1b	5.0	29.6
2	8.0	25.4
3	12.5	22.5
4	18.5	20.3
5	27.0	18.5
6	38.3	16.9
7	54.3	15.9
8	77.0	15.2
9	109	14.7
10	146	14.3
11	187	14.0
12	239	13.7
13	305	13.4
14	390	13.1
15	498	12.9
16	635	12.7

Tabellen overfor viser nogle data for Bühlmann's 16 teoretiske vævsgrupper for intertgassen nitrogen. T ½ er halveringstiden (i minutter). M₀ (udtales M nul) er det maksimale nitrogenpartialtryk den pågældende vævsgruppe kan tolerere (uden at give

symptomer på dykkesyge) når dykkeren er i overfladen – bemærk at M_0 er udtrykt i meter vandsøjle (forkortet m v). Som det fremgår af tabellen er de lavest nummerede grupper de hurtigste (korte halveringstider) og vævenes halveringstid vokser med gruppenummeret. Af tabellen fremgår f.eks. at den hurtigste vævsgruppe (1) har en halveringstid på 4 minutter, og at det maksimale nitrogenpartialtryk denne vævsgruppe tolererer når dykkeren går i overfladen svarer til 32.4 meter vandsøjle, dvs. $4.24 \cdot 0.79 = 3.3$ bar.

Hvor meget nitrogen en vævsgruppe optager under dykning afhænger af 4 parametre: åndingsgassens indhold af nitrogen, partialtryksgradienten for nitrogenet (dykkedybden) dykketiden og halveringstiden for vævsgruppen. Dette kan udtrykkes relativt simpelt som en matematisk formel, som er den måde en dykkercomputer og andre dekompressionsprogrammer foretager beregningen på.

For ikke at blive for matematiske er det her valgt at give et grafisk eksempel. Fig. 5.4 viser hvorledes nitrogenpartialtrykket i vævsgrupperne 1 – 4 ændres med tiden på et luftdyk på 30 meters dybde. Bemærk at grafen kun viser nitrogenoptagelsen ved et luftdyk på 30 meter, desuden er der ikke taget højde for nitrogenoptagelsen under neddykningen.

Nitrogenpartialtryk ved luftdyk til 30 m

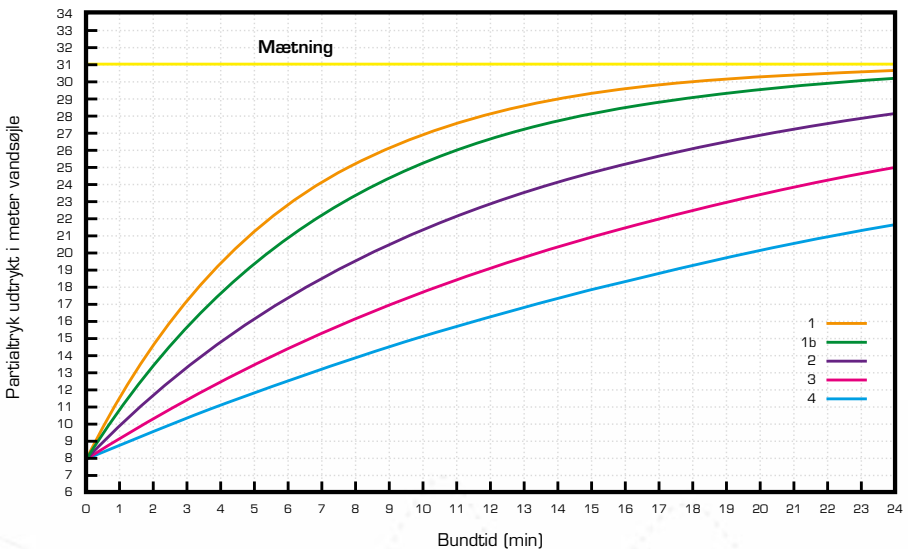


Fig. 5.4. Nitrogenpartialtryk i de 4 hurtigste vævsgrupper ved et luftdyk på 30 meters dybde.

Ud fra tabellen og grafen ovenfor kan vi aflæse den maksimale O-deko tid på et luftdyk til 30 meter. Det gøres ved at identificere den vævsgruppe der først når det maksimalt tolererede nitrogenpartialtryk ved overfladen – dette er illustreret på figuren nedenfor.

Gruppe 1's M_0 værdi er 32,4 mv, hvilket ikke kan lade sig gøre på et dyk til 30 m. Gruppe 1b's M_0 værdi er 29,6 mv hvilket først opnås efter ca. 20 minutter. Gruppe 2's M_0 værdi er 25,4 mv hvilket opnås allerede efter en dykkesid på ca. 16 minutter – se hvor den vandrette sorte streg (25,4) skærer grafen for vævsgruppe 2 (den lille graf på fig. 5.5).

Nitrogenpartialtryk ved luftdyk til 30 m

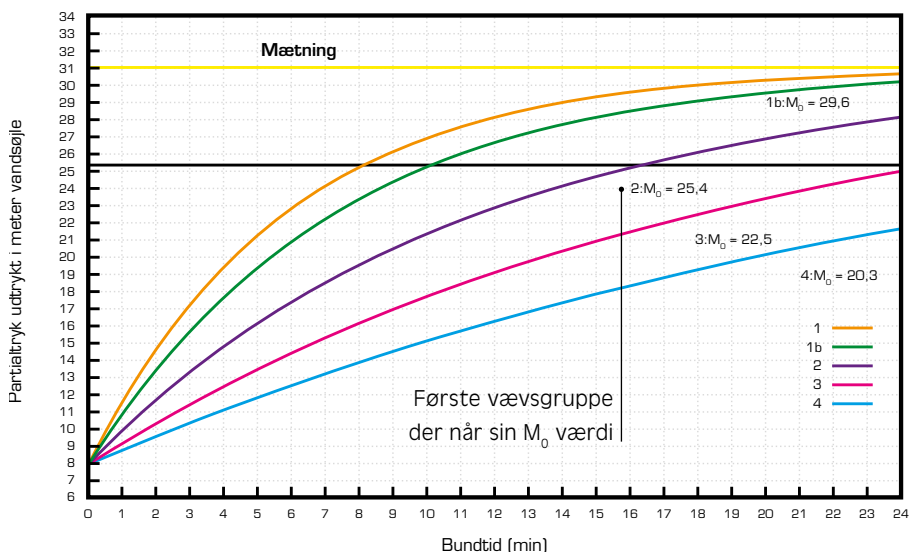


Fig. 5.5.

Vi burde naturligvis vise alle 16 grupper, men de langsommere væv når først langt senere deres M_0 , så for overskuelighedens skyld er de ikke vist på figuren. Vi har således fundet at den maksimale O-deko tid på et luftdyk til 30 meter er ca. 16 minutter, hvilket stemmer fint med DSF's Bühlmann baserede lufttabel, der giver 17 minutter på 30 meter - idet nitrogenoptagelsen vil være mindre i praksis pga. den reducerede optagelse under neddykningen.

Programmet i en dykkercomputer beregner løbende partialtrykket i hver vævsgruppe og går i "deko-mode", når blot én af de 16 vævsgrupper når sin M_0 værdi, præcis som

skitseret ovenfor. Da dykkercomputeren hele tiden kender den præcise dybde, og hvor længe dykkeren har opholdt sig på denne dybde, vil computerens beregninger af inertgaspartialtrykket være mere præcise end tabelbaserede beregninger, til gengæld vil den generelt også være mindre konservativ.

Ovenstående beskriver kun hvorledes modellen kan beregne grænsen for hvornår et dyk bliver til et dekompressionsdyk. Hvis modellen skal benyttes til at beregne trinvis dekompression bliver tingene mere komplicerede. Principperne er de samme som vist ovenfor, men partialtryksgrænsen M varierer ikke alene fra vævsgruppe til vævsgruppe, men også med dybden (trykket), vi kan derfor ikke bruge M_0 som partialtryksgrænse, da den kun gælder ved overfladen. I stedet beregnes M -værdien for en given dybde ud fra følgende formel hvor d er dybden i meter og ΔM tages fra tabellen vist nedenfor.

$$M(d) = M_0 + \Delta M \times d$$

Eksempel: M -værdien for vævsgruppe 3 på dybden 5 meter:

$$M(5 \text{ meter}) = 22.5 + 1.3847 \times 5 = 29.42 \text{ m v}$$

Vævsgruppe	T ½ (min)	M_0 (m v)	ΔM
1	4.0	32.4	1.9082
1b	5.0	29.6	1.7928
2	8.0	25.4	1.5352
3	12.5	22.5	1.3847
4	18.5	20.3	1.2780
5	27.0	18.5	1.2306
6	38.3	16.9	1.1857
7	54.3	15.9	1.1504
8	77.0	15.2	1.1223
9	109	14.7	1.0999
10	146	14.3	1.0844
11	187	14.0	1.0731
12	239	13.7	1.0635
13	305	13.4	1.0552
14	390	13.1	1.0478
15	498	12.9	1.0414
16	635	12.7	1.0359

Dvs. forudsætningen for at partialtryksgænsen (M-værdien) for vævsgruppe 3 ikke overskrides ved opstigning til 5 meter er at nitrogenpartialtrykket i vævsgruppen er mindre end 29.42 m v.

Grafen på fig. 5.6 viser hvordan M-værdierne for vævsgrupperne 1-4 varierer med dybden.

Af grafen kan ses, at de hurtigste vævsgrupper tolererer de største partialtryk, samt at partialtryksgænsen vokser med voksende tryk/dykkedybde.

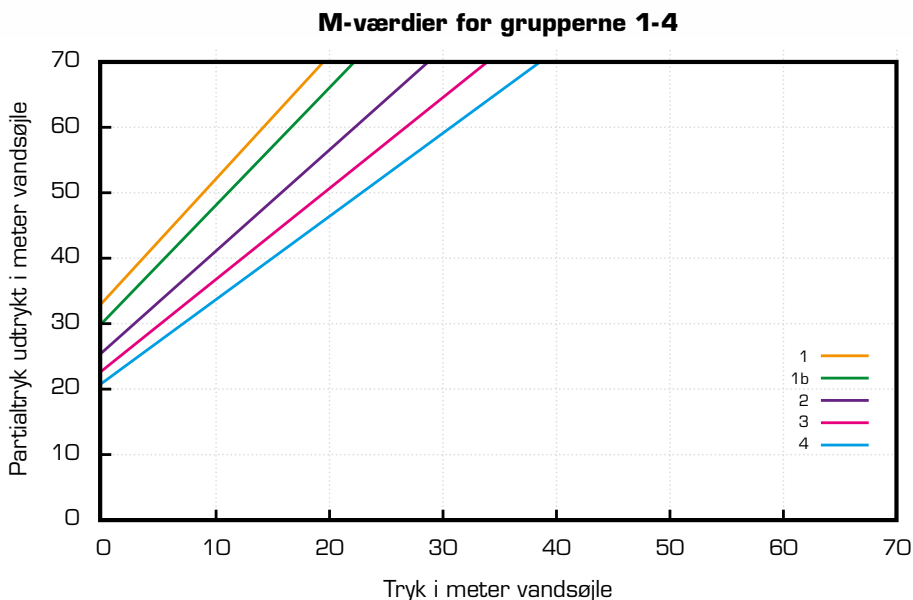


Fig. 5.6.

Når modellen skal benyttes til at regne på dyk med trinvis dekompression, må der løbende regnes på ændringen i optagelse og afgivelse af nitrogen i samtlige vævsgrupper, samt tages højde for ændringen i M-værdier med tryk/dybde.

Fig. 5.7.

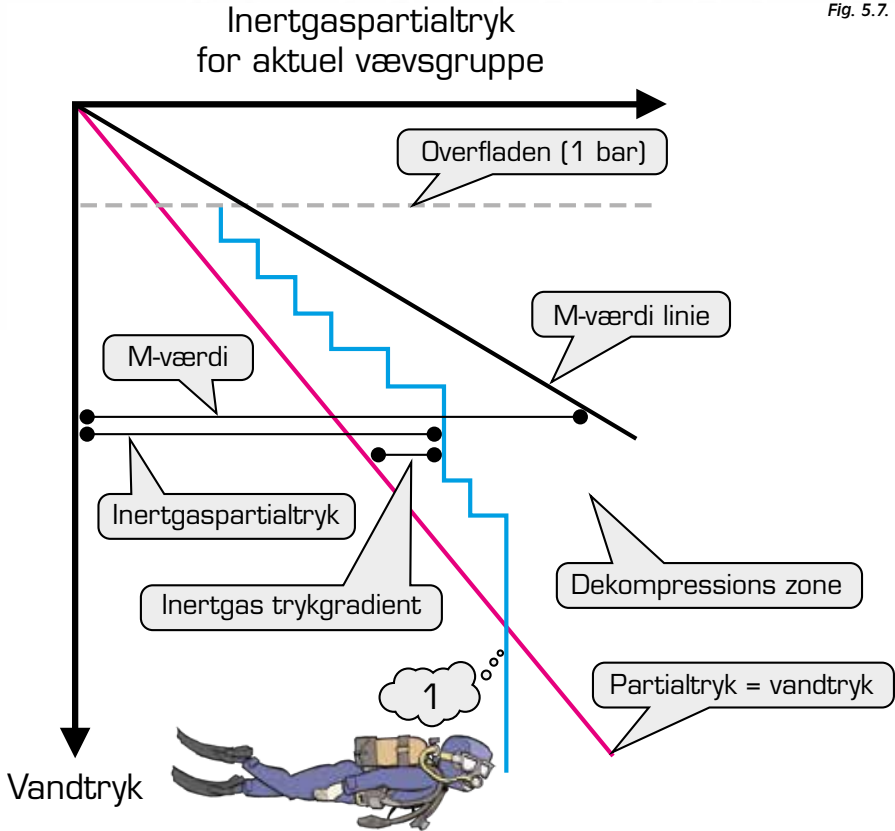


Fig. 5.7 illustrerer hvordan dette foregår for en enkelt vævsgruppe under en opstigning.

Den blå kurve viser hvordan partialtrykket i en teoretisk vævsgruppe ændrer sig under opstigningen. Lodrette stykker af kurven foregår "øjeblikkeligt", dvs. det antages at der ikke optages/afgives gas på disse stykker. På stykket markeret med "sky 1" på figur 5.7 svømmer dykkeren et stykke opad i vandsøjlen, vi antager at opstigningen er så kortvarig at der ikke afgives inertgas fra vævet imens. Dvs. idet dykkeren krydser den røde linie bevæger han/hun sig fra en dybde hvor partialtrykket i vævet er mindre end det omgivende tryk, til en dybde, hvor partialtrykket i vævet er højere end det omgivende tryk. Dvs. fra en zone, hvor der optages gas til en zone hvor der afgives gas – dekompressionszonen. Hvis dykkeren bliver på den røde linie svarer det til at der hverken optages eller afgives gas. For at påbegynde dekompression er det således

nødvendigt at være over den røde linie. Kunsten er nu at sørge for at dykkeren er i dekompressionszonen, og samtidigt holdes på den sikre side af M-værdi linien. Det er vigtigt at forstå, at M-værdierne ikke er en sikker grænse mellem dekompressions-syge på den ene side, og symptomfri dekompression på den anden. M-værdi linien kan beskrives som en skarp grænse tegnet gennem en gråzone, baseret på en lang række praktiske dekompressionsforsøg. Man kan altså ikke blot trække dykkeren helt tæt på M-værdi linien, men må holde en "passende" afstand.

Hvor langt ind i dekompressionszonen dykkeren kommer, kan udtrykkes vha. den såkaldte "%M-værdi gradient" som beregnes således:

$\text{Inertgas trykgradienten} / \text{M-værdi} * 100$

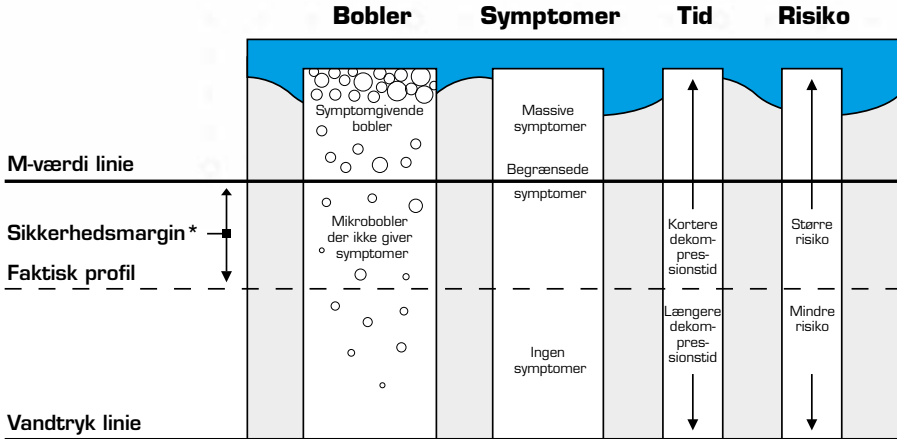
Som det fremgår af figur 5.7 angiver dette i procent hvor langt inde i dekompressionszonen dykkeren kommer. 0% svarer til at dykkeren opholder sig på grænsen til dekompressionszonen (den røde linie) dvs. ingen dekompression, 100% svarer til at dykkeren befinder sig på M-værdi linien.

Fig. 5.8 illustrerer hvordan man kan betragte M-værdien som værende den øvre grænse for inertgas partialtrykket. Jo tættere partialtrykket under opstigningen kommer på M-værdien, jo større risiko er der for bobledannelse og dykkersyge, og jo kortere dekompression. Omvendt jo større sikkerhedsmargen der vælges, jo mindre risiko, og længere dekompression.

I de fleste dekompressionsprogrammer der anvendes af tekniske dykkere, f.eks. GAP og VPlanner, kan man angive hvor tæt på M-værdi linien man ønsker at komme – og på denne måde konfigurere hvilken sikkerhedsmargin man ønsker. Det er vigtigt at indskærpe at denne form for "indblanding" i dekompressionsmodellen forudsætter indgående kendskab til dekompressionsteori.

Bühlman-baserede dekompressionsprogrammer regner "parallelt" på alle 16 vævsgrupper, og det er til enhver tid den mest begrænsende vævsgruppe, der er styrende for opstigningsforløbet.

M-værdien: En veldefineret linie trukket igennem en gråzone; en grænse hvorover de fleste dykkere med stor sandsynlighed vil få symptomer på dykkersyge.



* Varierer afhængigt af individuelle faktorer som f.eks. fysisk tilstand, og hvor stor risiko man vil acceptere.

Fig. 5.8.

Accelereret dekompression

Ved dyk der kræver trindekompresion, er det ikke optimalt at anvende den samme åndingsgas under hele dykket. Ved at skifte til en åndingsgas med et lavere nitrogenindhold end bundgassen, under dekompression, opnås en større forskel i nitrogenpartialtrykket og hermed - jvf. ovenstående - en mere effektiv diffusion af nitrogen fra blod til alveoler hhv. fra væv til blod. Dette kaldes accelereret dekompression. Den mest effektive dekompression fås naturligvis hvis der ingen nitrogen er i dekompressionsgassen, dvs. med nitrox 100.

Det behøver dog ikke at være en dekogas med 100% oxygen for at den virker effektivt. Man kan i princippet anvende enhver nitroxblanding, blot den har en højere oxygenprocent, end den anvendte bundgas. I praksis benytter man ikke dekompressionsgas, der har en mindre oxygenprocent end 50, men en sådan er også ret effektiv. Med en nitrox 50 blanding som dekompressionsgas vil nitrogenpartialtrykket i lungerne og i blodet være lavere end hvis man indåndede bundgassen, og kroppens/vævets afgivelse af nitrogen vil derfor forløbe hurtigere.

I praksis medbringes dekogassen i en dekoflaske på f.eks. 7 liter. Under opstigningen skiftes fra bundgas til dekogas præcis når man når den maksimale operationsdybde (MOD) for den medbragte dekogas. Da risikoen for at få oxygenforgiftning er reduceret når kroppen er afslappet og åndedrættet er i ro, accepteres et maksimalt pO_2 på 1,6 bar under dekompression, idet man under dekompression blot ligger roligt og afslappet langs med et bundtov.

De tabeller, der benyttes på CMAS Advanced nitrox kursus, forudsætter at der anvendes en dekogas med et oxygenindhold på mindst 75%. Hvis man benytter nitrox 75 som dekogas vil man således skifte til dekogassen på 11 meters dybde, da oxygenpartialtrykket for nitrox 75 her er 1,6 bar. Hvis man benytter nitrox 100 som dekogas foretages gasskiftet på 6 meter.

Under dekompression må der indåndes nitrox med et oxygenpartialtryk på maksimalt 1,6 bar.

Kropsoxygenforgiftning og OTU beregning

Kropsoxygenforgiftning er en form for hyperoxi, der kun opstår ved høje oxygenpartialtryk eksponeret over mange timer eller dage. Det er ikke en forgiftning som man normalt bliver udsat for som sportsdykker, men hvis man foretager gentagne dyk over flere på hinanden følgende dage, med høje oxygenpartialtryk, er det en påvirkning man skal holde øje med.

Lungerne irriteres af det høje oxygenpartialtryk og der dannes ødem (væskeansamling) i lungevævet. Symptomerne er de samme som ved lungeinfektioner – altså vejrtrækningsbesvær og tør hoste. Denne tilstand forværres efterhånden ødemerne tiltager. Vitalkapaciteten bliver nedsat samtidig med at diffusionen mellem lunge og blodbaner via alveolerne bliver nedsat, da væskeansamlingen gør, at alveolemembranerne fortykkes.

Hvis man får disse symptomer, er det klart, at man skal holde sig fra at dykke i nogle dage, indtil symptomerne fortager sig.

Kropsoxygenforgiftning måles i OTU ("Oxygen Tolerance Unit"). 1 OTU svarer til at man indånder 100% oxygen ved 1 bar i et minut, men beregnes i øvrigt ud fra formelen:

$$OTU = T \left(\frac{pO_2 - 0,5}{0,5} \right)^{0.83}$$

Hvor T = tid i minutter ved det aktuelle oxygenpartialtryk

pO_2 = oxygenpartialtryk i bar.

Ligesom ved CNS% beregning lægges OTU værdierne sammen ved hvert dyk. Dog fortages ingen halvering af nogen art. Metoden er den samme som ved beregning af tilladt daglig dosis CNS%.

Den maksimale OTU værdi en dykker bør udsættes for, er vist i følgende tabel:

Ved beregning af den maksimalt tilladte OTU værdi, skal dykkeren tage højde for, det

Antal dage	Maksimal daglig dosis
1	850
2	700
3	620
4	525
5	460
6	420
7	380
8	350
9	330
10	310
11 og flere	300

antal dykkerdage han har til rådighed. Hvis han kun skal dykke én dag, kan han tåle at udsætte sig selv for 850 OTU, hvorimod han, hvis han skal dykke 2 dage, maksimalt må blive udsat for 700 OTU hver dag. Hvis han skal dykke 11 dage eller mere, må han ligeledes maks udsættes for 300 OTU pr. dag.

For at være helt ude af OTU-mætning kræves det, at man har mindst 48 timers overfladetid.

CMAS og Dansk Sportsdykker Forbund har valgt at anvende OTU betegnelsen ved beregning af kropsoxygenforgiftning. Visse andre organisationer bruger betegnelsen UPTD ("Unit Pulmonary Toxic Dose").

Da det er lidt omstændeligt at beregne OTU-værdierne ved planlægning af dykkene, bruges i praksis OTU-beregningstabeller, som er lette at anvende. Se bilag 5.

Redundans - dublering af vitalt udstyr

Når man udfører dekompressionsdykning kan man ikke blot gå til overfladen i tilfælde af fejl på vitalt udstyr. Hvis man gør det, er der stor sandsynlighed for at få dykkersyge.

Derfor må det sikres, at selv om der skulle opstå fejl på noget vitalt udstyr, så kan man alligevel dykke ud som planlagt. Dette gøres ved at dublere alt vitalt udstyr, altså det udstyr der er absolut nødvendigt for at kunne gennemføre en kontrolleret opstigning. At have dubleret et stykke udstyr kaldes også at have "redundant" udstyr eller at have backup - et ekstra eksemplar.

Det drejer sig som minimum om følgende:

- **Gasforsyning.** Der medbringes to uafhængige gasforsyninger - enten et dobbeltsæt med isolationsmanifold og to regulatorsæt, eller en enkeltflaske og en ponyflaske med hver sit regulatorsæt.
- **Dykkecomputer.** Der medbringes en ekstra dykkecomputer - dykker man efter tabel, er det tilstrækkeligt med ekstra ur og dybdemåler (f.eks. en divetimer).
- **Lygte.** Der medbringes en reservelygte som anbringes så den er let at finde i mørke. F.eks. i en D-ring foran på BCD'en, helst således at den kan benyttes til instrument aflæsning uden at skulle afmonteres. Reservelygten skal være kraftig nok til at man kan aflæse sine instrumenter mv., samt orientere sig.
- **Opdriftsmiddel.** Der medbringes to uafhængige opdriftsmidler, f.eks. BCD og tørdragt - gasforsynet fra hver sit førstetrin.
- **Maske.** Der medbringes en reservemaske som er let at komme til og kan findes frem uden at man kan se, f.eks. i en lomme på BCD'en eller dragten.

Gasadministration

Indenfor sportsdykning er det almindeligt at regne med en gasreserve på 50 bar. Dette er ofte tilstrækkelig ved ukomplicerede dyk på begrænsede dybder, men det er bestemt ikke tilstrækkeligt, hvis man skal foretage et dekompressionsdyk. Her skal der være meget mere gas i reserve.

Når man foretager dekompressionsdyk anvendes en anden gasadministrationsregel. Reglen hedder 1/3 reglen.

1/3 reglen

Reglen går ud på, at man deler sin gas op i 3 dele. Den første del bruger man på "udturen" på sit dyk, den anden del på "hjemturen", og den sidste del har man i reserve. Dvs. man afslutter sit dyk med at have mindst 66 bar på flasken, hvis udgangspunktet var, at man havde fyldt flaskerne til 200 bar.

Ved gasberegninger til dekompressionsdyk anvendes 1/3 reglen.

Eksempel på planlægning af nitroxdykning med accelereret dekompression.

Der skal foretages 2 dyk. Det første til 42 meter, det andet til 33 meter. Mellem de 2 dyk er der et overfladeinterval på 3 timer. Til hvert dyk haves et 2x10 liters flasksæt fyldt til 200 bar, samt en dekoflaske på 7 liter med nitrox 75, fyldt til 200 bar. Gasforbruget er fastsat til 20 l pr. minut ved overfladen.

1. dyk:

$$1,4 / 5,2 = 0,26 \sim \text{NITROX 26}$$

MOD:

Bundgas:

$$1,4 / 0,26 = 5,38 \sim \text{MOD 43,8 meter på bundgas}$$

Dekogas:

$$1,6 / 0,75 = 2,13 \sim \text{MOD 11,3 meter på dekogas}$$

Bundgas:

Der anvendes **1/3 reglen**.

133 bar x 20 l = 2660 liter gas, da man skal have 66 bar i reserve.

$$2660 \text{ l} / (20 \text{ l pr. min} \times 5,2 \text{ bar}) = \text{25 min}$$

BAR:

Dekogas:

133 bar x 7 l = 931 liter gas, da man skal have 66 bar i reserve.

$931 \text{ l} / (20 \text{ l per. min} \times 2,1 \text{ bar}) = \text{22 min}$. Gasforbrug til dekompressionen er baseret på dybden 11 meter, da man kan tåle gassen på denne dybde, og derfor vil foretage gasskiftet her.

Nitrox 26 tabellen giver **20 minutters bundtid** med dekompression på 9, 6 og 4,5 meter, og man ender i mætningsgruppe **F**. Man skal ligeledes bruge 4 minutter på opstigning til første dekompressions stop.

N₂:

	Tid	Bundgas	Dekogas
Bundtid	20	20	
Opstigning til 1. deko	4	4	
Dekompression 9 m	1		1
Dekompression 6 m	1		1
Dekompression 4,5 m	7		7
Opstigning til overflade	1		1
Dykketid	34	24	10

Dykketiden ligger indenfor det gasbeholdning tillader jf. ovenstående.

Der skal foretages beregning af både CNS og OTU eksponeringen.

O₂:

	Dybde/ pO ₂	CNS%	OTU
Bundtid	42 / 1,35	0,61 x 20 12,20	1,55 x 20 31,00
Opstigning	42 / 1,35	0,61 x 4 2,44	1,55 x 4 6,20
Deko 9 m	9 / 1,43	0,74 x 1 0,74	1,70 x 1 1,70
Deko 6 m	6 / 1,20	0,47 x 1 0,47	1,32 x 1 1,32
Deko 4,5 m	4,5 / 1,09	0,42 x 7 2,94	1,16 x 7 8,12
Opst. til overfl.	4,5 / 1,09	0,42 x 1 0,42	1,16 x 1 1,16
Total:		19,21	49,50

2. dyk:

1,4 / 4,3 = 0,32 ~ **NITROX 32**

MOD:

Bundgas:

1,4/ 0,32 = 4,37 ~ **MOD 33,7 meter på bundgas**

Dekogas:

1,6/ 0,75 = 2,13 ~ **MOD 11,3 meter på dekogas**

Bundgas:

Der anvendes 1/3 reglen.

133 bar x 20 l = 2660 liter gas, da man skal have 66 bar i reserve.

2660 l/(20 l pr. minut x 4.3 bar) = **30 min**

BAR:

Dekogas:

133 bar x 7 l = 931 liter gas, da man skal have 66 bar i reserve.

931 l/(20 l per. min x 2,1 bar) = **22 min**. Gasforbrug til dekompressionen er baseret på dybden 11 meter, da man kan tåle gassen på denne dybde, og derfor vil foretage gasskiftet her.

Mætning efter 3 timers overfladeinterval: F ⇒ **A**.

Mætningsgruppe A giver **10 minutters forbelastning**

Der er gas til rådighed til en dykketid på 30 min – 3 minutter som skal bruges til opstigning til 1. dektop. Altså **27 minutters bundtid**.

Nitrogentid = bundtid + forbelastning bliver således: 27 + 10 = **37 minutter**

N₂:

Nitrox 32 tabellen har ikke en tid der rammer præcis 37 minutter, derfor rundes der op til nærmeste større tabellagte tid som er 40 minutter. Dette giver dekompression på 6 og 4,5 meter, og der endes op i mætningsgruppe G.

	Tid	Bundgas	Dekogas
Bundtid	27	27	
Opstigning til 1. deko	3	3	
Dekompression 6 m	1		1
Dekompression 4,5 m	11		11
Opstigning til overfladen	1		1
Dykketid	43	30	13

Dykketiden ligger indenfor det gasbeholdning tillader jf. ovenstående.

Der skal beregnes både CNS og OTU eksponeringen.

O₂:

	Dybde/ pO ₂	CNS%	OTU
Bundtid	33 / 1,38	0,67 x 27 18,09	1,63 x 27 44,01
Opstigning	33 / 1,38	0,67 x 3 2,01	1,63 x 3 4,89
Deko 6 m	6 / 1,20	0,47 x 1 0,47	1,32 x 1 1,32
Deko 4,5 m	4,5 / 1,09	0,42 x 11 4,62	1,16 x 11 12,76
Opst. til overfl.	4,5 / 1,09	0,42 x 1 0,42	1,16 x 1 1,16
Total:		25,61	64,14
Tidligere CNS % halveret 2 gange:		4.80	-
Tidligere OTU		-	49,50
Begge total:		30,41	113,64

Følgende grafiske fremstilling beskriver dykket:

Overfladetid 180 min

Mætning: -

CNS%: -

Deko:
Nitrox 75

4,5m: 7 min.
6m: 1 min.
9m: 1 min.

Opstigning
til 1. stop:
4 min

Nitrox 26

Dykkedybde: 42m

pO₂: 1,35 bar

Bundtid: 20 min

F A
19,21% 4.80%

Deko:
Nitrox 75

4,5m: 11 min.
6m: 1 min.

Opstigning
til 1. stop:
3 min

Nitrox 32

Dykkedybde: 33m

pO₂: 1,38 bar

Bundtid: 27 min

G
30,41

Dykkets udførelse

Efter planlægningen af dykket er der kun udførelsen efter planen tilbage. Ved anvendelse af nitrox er den maksimale operations dybde (MOD) en absolut grænse for dykkedybden. Foruden dette skal dykkeplanen følges, så man holder sig inden for de valgte grænser for dekompression og gasforbrug.

Et godt redskab til at huske dykkeplanen er en såkaldt "runtime tabel", der noteres på en skriveplade eller lignende, og medtages på dykket. Nedenfor er vist et forslag til en runtime tabel for dyk 1. Hver række i tabellen beskriver et nøgletidspunkt i planen. Tabellen skal fortolkes således:

Når dykkecomputer/ur viser 20 minutter befinder dykkeren sig på 42 meters dybde, og påbegynder opstigning til det første dekostop på 9 meter, med 10 meter/minut. Her bliver dykkeren liggende indtil den næste runtime: 25 minutter. Herefter fortsættes opstigningen mod 6 meter og dykkeren bliver liggende på dette stop indtil computeren viser 26 minutter osv.

Dybde (m)	Runtime (min)	Gas
42	20	26 %
9	25	75 %
6	26	
4,5	33	
0	34	

Gassen bør altid analyseres inden dykket og ved behov bør planen ændres!

Nu er det jo ikke altid, at dykket forløber som man havde planlagt det. Man kan måske have afbrudt dykket før tid eller undladt at kigge på skruen og dermed ikke opnået den dybde, som man havde forestillet sig. Man har derfor en noget lavere CNS eksponering, hvilket selvfølgelig skal efterregnes.

Flasker

Når man skal vælge hvilke flaskestørrelser man vil anvende på sine dyk skal man selvfølgelig sætte dette i relation til gasadministration. Altså – der skal være gas nok. Det idelle vil være at anvende et sæt dobbeltflasker. På et Advanced Nitrox niveau vil der typisk være tale om et sæt på mindst 2 X 10 liter. Et sådan sæt kan indeholde 4000 liter gas, hvilket normalt er nok til at gennemføre et dybt dyk. Hvis man vælger at anvende et sæt dobbeltflasker, kræves det, at man har 2 regulatorer monteret på flaskerne, samt at der sidder en ventil mellem flaskerne, som kan isolere den ene flaske fra den anden. Et såkaldt isolationsmanifold. Dette giver samtidig den fornødne sikkerhed jf. afsnittet "Redundans - dublering af vitalt udstyr".



Man kan også anvende en almindelig 15 liter flaske, men så kræves det, at man har en helt separat flaske monteret på siden af denne. En sådan flaske kaldes en ponyflaske og er typisk på 3-4 liter og monteret med sin egen regulator. Ved brug af ponyflaske er det ikke nødvendigt at have mere end et enkelt ventiludtag på sin 15 liter flaske.

På Advanced Nitrox dyk anvender man enten:

- et dobbelt flaskesæt på mindst 2 x 10 liter med isolationsmanifold eller
- en enkelt flaske på mindst 15 liter flaske + ponyflaske på mindst 3 liter

Hvordan man anvender de forskellige flasketyper omtales nærmere under praktisk dykning.

Farvemærkning og mærkning af udstyr



Flasker

Når vi taler om mærkning af flasker, modsvarende mærkning af regulatorer, er der derimod ingen valgfrihed. Der er det et krav, at flasken har et bredt **gult/grønt** bånd rundt om flasken mærket med **NITROX, EANx eller ENRICHED AIR NITROX** med store tydelige bogstaver. Stage flasker kan dog i stedet afmærkes med en mærkning, der angiver, at de anvendes til dekompression.

Derudover skal alle flasker mærkes med:

- Mærkat for sidste oxygenservice, samt blenderens initialer
- Nitroxgassens oxygenindhold
- Maksimal operationsdybde (pO_2 1,4 bar ved bundgas og pO_2 1,6 bar ved dekompressionsgas)

Afbalanceringsystemer

Ved dyk på dette niveau anvendes redundant opdrift i én eller anden form. Selvfølgelig kan man altid smide sit bly, hvis man ikke kan få skabt opdrift, men det dur ikke, hvis man skal kunne foretage en kontrolleret opstigning med efterfølgende dekompression. Mange dykkere, der dykker i nordiske farvande, er i forvejen redundante på dette punkt, nok uden at de har tænkt nærmere over det. De fleste, der dykker i nordiske farvande, dykker nemlig i tørdragt, hvorfor de foruden opdriftsmuligheder i en eller anden form for vesttype også har muligheden for at skabe opdrift i tørdragten. Der er blot nogle få ting man herunder skal være opmærksom på. For at man kan være sikker på, at kunne skabe opdrift, er man nødsaget til at konfigurere sit udstyr således, at der er et separat 1. trin + feeder på hvert opdriftsmiddel. Det kan ikke nytte at have tilsluttet både vest og tørdragt til samme 1. trin. Hvad nu hvis der skete noget med dette 1. trin?



At være redundant set i forhold til afbalancering/opdrift er ikke ensbetydende med, at man absolut skal dykke i tørdragt. Man kan godt dykke i våddragt, men så anvendes en vest med to blærer monteret eller en form for dobbeltvest. Formålet er fuldstændigt det samme. Igen skal begge blærer eller veste være tilsluttet hver sit 1. trin. At dykke med vest med 2 blærer og samtidigt anvende tørdragt er at være overredundant og kan ikke anbefales.

Kravet til en vest er i øvrigt, at der er mulighed for at fastgøre andet udstyr i såkaldte D-ringe, samt at vesten er i besiddelse af rigelig løfteevne. Man kan sagtens få veste med en løfteevne på under 20 liter, hvilket ikke er kan anbefales. En vest bør have en løfteevne på mindst 20 liter. Det væsentlige er, at man som dykker sikrer sig, at man under alle tænkelige forhold kan skaffe sig nok opdrift til at kunne komme til overfladen.

Endvidere bør man også overveje, om det er behageligt at dykke med den vest man har, når der er lidt luft i den. Når man dykker med relativt store luftmængder som det er muligt i store dobbeltsæt, opnår man et større væggtab, hvilket betyder, at man fra starten må kompensere for dette med ekstra gas i vesten. Det er ikke særlig rart, at have for meget gas til at boble rundt i dragten og kan give anledning til problemer. Det anbefales derfor heller ikke, at bruge tørdragten til at afbalancere med, på grund af den ekstra vægt der skal kompenseres for.

En vesttype, der egner sig specielt til denne form for afbalancering, er den såkaldte vingevest. Almindelige BCD-veste/jakkeveste er mindre behagelige at dykke i når de f.eks. er halvt fyldt op med gas. Veste af typen halsveste må betegnes som uegnede til den form for dykning, da de giver et ustabil tyngdepunkt under dykket.

Da det er meget vigtigt at sikre opdriften, vælger mange dykkere på Advanced Nitrox niveau og derover at skære snorene til deres dumpventiler af, da der er en risiko, at en sådan dumpventil kan sætte sig fast inden under remtøj mv., således at vesten bliver utæt.

På Advanced Nitrox dyk anvendes to uafhængige opdriftsmidler.

Regulatorer

De regulatorer man kan få i dag, er næsten uden undtagelse alle gode regulatorer, men man bør dog som en sikkerhed sørge for at få en regulator, der giver rigeligt med luft på alle dybder og som er frostsikker. På store dybder er temperaturen næsten altid omkring 4 grader, så det er vigtigt at regulatoren er konstrueret til at fungere ved lave temperaturer.



De fleste sportsdykkere anvender bøjlekoblingstilslutninger på deres 1. trin – også kaldet INT-kobling, Yoke-kobling eller A-clamp. Det er en tilslutningsordning, som oprindeligt var tiltænkt tilslutning til trykflasker til maksimalt 150 bar, hvorfor det undertiden sker, at man ser en sportsdykker, der har problemer med sprængte o-ringe eller utætheder. For at minimere risikoen for sådanne uheld under dykket, anbefales det at bruge DIN-kobling også kaldet gevindtilslutning. Denne tilslutningsmåde er langt sikrere og foretrækkes derfor uden undtagelse af alle uddannelsesorganisationer inden for teknisk dykning, teknisk sportsdykning og dykning med blandingsgas. Man kan i dag købe næsten alle typer regulatorer med DIN-kobling.

Der er forskellige opfattelser af, hvordan man skal konfigurere regulatorerne i et teknisk setup. Fra og med Advanced Nitrox niveauet anbefales det at man benytter en lang slange (200 - 210 cm) mellem 1. og 2. trin på den primære regulator. Fordelen ved at benytte en lang slange er at den giver mange muligheder for hvordan dykkerne kan placere sig i forhold til hinanden i en situation hvor den ene er løbet tør for gas. Som tidligere nævnt dykkes der på dette niveau med 2 komplette og uafhængige regulatorsæt, således at der opnås redundans som beskrevet i afsnittet "Redundans - dublering af vitalt udstyr". Slangen mellem 1. trin og 2. trin på den sekundære regulator skal have en længde der muliggør, at regulatoren kan placeres på brystkassen, umiddelbart under hagen. Typisk længde er 60 - 70 cm.



Oftest benyttes et enkelt manometer på et dobbeltsæt og manometeret placeres på det sekundære 1. trin (venstre side). Da man normalt dykker med åbent isolationsmanifold vil manometeret vise trykket på hele systemet. Får man et "freeflow" på den primære side og skifter til den sekundære, vil manometeret stadig være retvisende for det tryk der er til rådighed. En fejl på hovedflaskesættet, vil under alle omstændigheder betyde at uddykning på begyndes. Viden om hvor meget gas der er tilbage, har derfor begrænset værdi.

Benytter man en enkeltflaske med ponyflaske, har man under dykket ingen interesse i at kende trykket på sin ponyflaske. Inden dykket er det naturligvis vigtigt, at dykkeren sikrer sig, at ponyflasken er fyldt med den ønskede gas til det ønskede tryk.

Den primære regulator er den regulator dykkeren selv benytter under normale forhold. Det er samtidigt den regulator der gives til en makker der er løbet tør for gas. Et af hovedargumenterne for at benytte den

primære regulator som nødregulator er, at dykkeren der er løbet tør for gas, modtager en regulator han kan se fungerer. Efter at have givet sin primære regulator til makkeren skiftes til den sekundære regulator og uddykning påbegyndes.

Til at holde den sekundære regulator i sin position øverst på brystkassen, kan man med fordel bruge en tynd gummislange eller en kraftig elastiksnor der føres omkring nakken. Slangen skal fastgøres til den primære regulator, således at den med et kraftigt træk kan frigøres. En billig og meget holdbar løsning er en silikoneslange, f.eks. af den type der benyttes til brændstofslange i modelfly. Den primære regulator kan påmonteres en karabinhage til at fastklipse regulatoren i en D-ring når den ikke benyttes – f.eks. under dekompression. Alternativt kan man blot lade den blot hænge, da den i forvejen er ført omkring halsen og vil automatisk hænge i korrekt position. Regulatorslangen føres under batteripakken til lygten, der er placeret i mavebæltets højre side. Har man ikke en lygte med batteripakke, kan slangen blot stoppes ind under mavebæltet i samme side. Det er vigtigt at slangen hurtigt og ubesværet kan frigøres.

Dekoflasker

Flasker man benytter til accelereret dekompression på Advanced Nitrox dyk kaldes deko-flasker og indeholder en dekompressionsgas.

Aluminiumsflasker giver i modsætning til stål en meget neutral flaske i vandet. Derfor er aluminium det foretrukne materiale til deko- og stageflasker. Flaskens størrelse afhænger af det beregnede gasbehov inklusive den beregnede reservegas-mængde. En typisk flaskestørrelse til advanced nitrox er 7 eller 11 liter - 40 cf. eller 80 cf.

Regulatoren bør være god kvalitet, skal være i O2 service, og bør have en slange på ca. 100 cm og bør være med DIN kobling. Med en slangelængde på 100 cm er det muligt at føre slangen bag halsen ved klargøring til gasskifte. Efter klargøring vil dekoregulatoren således hænge parat ved højre D-ring og være klar til brug

Deko-flasken rigges op med 2 karabinhager. Der findes mange sæt på markedet til oprigning af deko-flasker. På Internettet findes også beskrivelser af hvordan man selv kan lave dette med simple midler.



Slangen fastholdes med en eller to elastikker – en opskåret bilslange kan eventuelt anvendes til dette formål.

Manometeret påmonteres en kort slange (15 cm) og fastholdes på 1. trinnet med et kraftigt elastik. Alternativt kan et fingerbølmanometer anvendes.

Dekoflasken markeres med MOD (Maksimal Operations Dybde) nederst på flasken i venstre side – væk fra kroppen, med store tydelige tal Ydermere kan MOD markeres øverst på flaskens højre side - ind mod kroppen, det er dog ikke et krav på dette niveau. Til mærkning findes en lang række mærker på markedet. Folie til mærkning af husnumre på postkasser mv. fra et byggemarked er en god og billig løsning. Passende størrelse er 6 – 10 cm. På flaskens skuldre og i dykkerens synsfelt markeres flasken ligeledes med MOD. Hertil kan benyttes almindeligt malertape. Husk også mærkning for O₂-service

Dekobøje og linespole

Normalt er det ukompliceret at opsende en dekobøje under et dyk, men der er nogle små fif, der er gode at kende til. Forholdene kan gøre, at det ikke er muligt at afsende dekobøjen mens man er solidt placeret på bunden. Det er derfor nødvendigt at øve dette afbalanceret i vandet. Dekobøjens styrke ligger i at man altid har sit eget "bundtov" med på dykket. Skulle det ske, at man af forskellige årsager ikke finder tilbage til bundtovet i tide, så opsender man blot sin dekobøje, og man har nu et stabilt udgangspunkt for sin opstigning/dekompression. Samtidigt kan overflademandskabet let følge med i dykkerens placering i forhold til båden/dykkerbasen. Det er en god idé, at markere sin dekobøje, så overflademandskabet kan se hvem der har opsendt bøjen.

På Advanced Nitrox dyk medbringes altid dekobøje og linespole.

En linespole er ideel til at opsende en dekobøje med. Ved at bruge en linespole undgår man at linen sætter sig fast under opsendelse af dekobøjen.



Liner der sætter sig fast under opsendelse af dekokbøje og trækker dykkeren mod overfladen, ses alt for ofte i uheldsrapporter. Opsendelse af dekokbøje bør derfor være et fokuspunkt for dykkeren og bør trænes løbende.

Der anbefales en linelængde på 30 - 40 m på en linespole. Det vigtigste er dog at man kender længden af linen på sin spole, så man ikke overraskes af en line er der for kort under opsendelse af dekokbøjen. Selve spolen skal have en størrelse, der gør det muligt let at montere en dobbelt karabinhage i et af hullerne i spolen. Karabinhagen bruges til at fastlåse linen med. En spole af plastik er neutral i vandet og denne type er at foretrække. Tjek også at linen er fastgjort til bunden af spolen.

Andet udstyr

Lygter

Dybe dyk indebærer oftest mørke, hvorfor en stærk lygte er at foretrække. En lygte kan selvfølgelig gå ud, eller gå i stykker, derfor er det nødvendigt at have mindst én backup-lygte. Den behøver ikke være så kraftig, men stærk nok til at man kan aflæse instrumenterne og se hvad man foretager sig under en opstigning. Backup-lygten skal være placeret så man umiddelbart kan komme til den - selvfølgelig uden brug af lys for at finde den frem.

Karabinhager

Når man anvender forholdsvis meget udstyr, er det også nødvendigt at kunne fastgøre det forsvarligt. På de fleste veste, beregnet til lidt mere avanceret dykning, er der som standard monteret en del D-ringe, som er velegnet til at fastgøre andet udstyr. Der er på markedet mange forskellige typer fastgørelsesmidler af plastik, det bør man holde sig fra, da plastic let går i stykker. I stedet bør man investere i rigtige karabinhager af messing eller rust- og syrefast stål. Kravet til sådanne karabinhager er, udover at være af en hvis styrke også, at de kan af- og påmonteres på D-ringene på vesten under brug af tykke handsker. Ved montering af udstyr i D-ringene, husk da at fæstne udstyret i den anden ende også, så det ikke hænger som "kugler på et juletræ". Elastikbånd som f.eks. overskåret cykelslange kan benyttes til dette.

Skriveplader

Når man udfører dekompressionsdyk og i særdeleshed accelererede dekompressionsdyk, bør runtimes for dykkeplanen medbringes på dykket. Til det kan man benytte forskellige former for skriveplader. En velegnet type er den der monteres på håndleddet, hvor man let får overblik over sine tider. Man kan også anvende "Wetnotes", der er en vandfast notesbog. Wetnotes opbevares i en lomme, f.eks. en lår-lomme på tørdragten. Det kræver nogen træning sikkert at kunne anvende Wetnotes.



Dykkecomputere

Ligesom ved normal nitroxdykning, kan man også med fordel anvende en nitrox-computer ved dykning med accelereret dekompression.

Selvfølgelig er der ikke den store tidsgevinst ved at dykke med en normal nitroxcomputer på et sådan dyk, da algoritmen i dykkercomputeren ikke tager højde for, at man har lavet et gasskifte til en gas med mindre nitrogen. Der er kun en sikkerhedsfordel, idet dykkeren gennemfører en længere dekompression end påkrævet. Stort set det samme som hvis man anvender en almindelig luftdykkercomputer til nitroxdykning.

Dog er det vigtigt at kalkulere med en forøget oxygenophobning, hvis man ligger længere tid på de enkelte dekompresionstrin end beregnet med en høj nitroxblanding i dekompresionsgassen. En virkelig tidsgevinst kan kun opnås, hvis man investerer i en nitroxcomputer, der er beregnet til at registrere gasskift. Der findes forskellige modeller på markedet. Fælles for dem alle er, at man under indkodningen af pO_2 grænser og nitroxblandinger skal indkode alle de gasser, man har planlagt at anvende på sit dyk. Under dykket kan man så skifte mellem de forskellige gasser på sin computer. Der er ikke nogen reel fare for, at man kommer til at slå over på den forkerte gas på sin computer under dykket, idet computeren oftest først vil acceptere gasskiftet, hvis det ligger inden for den valgte pO_2 grænse. Der skal i øvrigt trykkes på flere knapper på den rigtige måde for at gennemføre gasskiftet på computeren, hvilket nedbringer muligheden for fejl og uheld.



Konfiguration

Når man skal samle sit udstyr for at få vest, flasker, regulatorer, slanger, manometre mv. til at sidde rigtigt i forhold til hinanden, kalder man det, at man "konfigurerer" sit udstyr. Der findes mange forskellige måder at sammensætte sit udstyr på. De fleste prøver sig frem når de skal finde frem til den konfiguration der passer til dem personligt, hvilket også er at foretrække.

Det kan tage lang tid og kræve mange dyk at få det optimale ud af sit udstyr. Der kan være feederslanger der lige skal flyttes over i et andet lavtryksudtag på et 1. trin, et manometer der skal flyttes fordi det hænger og dingler, og i øvrigt skaber for meget modstand i vandet. Eller måske et linehjul, der skal monteres i en anden D-ring, fordi den er svær at nå under dykket.

Det kan være meget lærerigt at studere andre dykkes udstyr og evt. stille spørgsmål til den måde de har valgt at samle deres udstyr på. Man kan her hente mange gode fif og måske undertiden også lære fra sig, fordi man selv har nogle erfaringer eller betragtninger, som er værd at give videre. I de seneste år er mange erfaringer gået videre fra dykker til dykker og udviklet til det bedre. I særlige tilfælde har indehavere af specielt gode konfigurationer - i hvert fald ud fra eget skøn - oven i købet tildelt deres konfiguration en særlig benævnelse eller navn.



Praktisk dykning

Hvordan man foretager dyk med accelereret dekompression i praksis

Et dekompressionsdyk adskiller sig ikke nævneværdigt fra et almindeligt dyk før dykets afslutning. Det man som det første bemærker, når man dykker med en dekoflaske på, er muligvis lidt mere vægt og en lidt ændret balance, men man kan som regel mærke, at man fylder mere i vandet – man har mere modstand i vandet, og man skal arbejde mere for at komme frem.

Under opstigningen holder man øje med sin dybde og sammenholder den med dekompressionsgassens MOD, således at man foretager gasskiftet nøjagtigt på den tilladte dybde. Dvs. man skal ikke vente til man kommer op på dekompressionstrinnet f.eks. 6 meter, før man skifter til sin dekompressionsgas der måske består af en nitrox 80, som man kan tåle på 10 meters dybde. Bemærk at maksimalt pO_2 for dekompressionsgasser er 1,6 bar.

Før man begynder gasskifte, så orienterer man makkeren, så kan han være med til, at kontrollerer ens gasskiftet sker på den rigtige dybde.



Håndtegn: du.



Håndtegn: ser.



Håndtegn: mig.



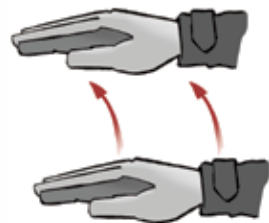
Håndtegn: lave gasskifte.

Dekoflasken er ikke åben under dykket. Den er tryksat, så der ikke kommer vand ind i ventiler og slanger. Der åbnes først for flaskeventilen, når man skal bruge af gassen i modsætning til en ponyflaske, hvor ventilen er åben under hele dykket.

Ved længere dekompressionsstop med 100% ilt som dekogas anbefales det, at indsætte såkaldte "air-

breaks". Efter 20 min ånding på 100% ilt skiftes over på bundgas i 5 min, inden man forsætter med ånding på 100% ilt.

Når man efter endt dekompression bryder overfladen, skal man ikke sædvanen tro tage regulatoren ud af munden og begynde at tale sammen om dykket med sin makker. Man skal derimod beholde regulatoren i munden, når man ligger i overfladen og mens man kravler op på stranden eller båden. Man skal på land eller i båden sætte sig ned og slappe af i ca. 5 minutter mens man stadig ånder fra dekompressionsgassen. Når man har siddet der lidt og slappet af, kan man tage sin regulator ud af munden og tage udstyret af, hvis det hjælpsomme overflademandskab ikke allerede i forvejen er begyndt at hjælpe til med dette. Først på dette tidspunkt kan man tale med sin makker og overflademandskabet om dykket – eventuelt mens man får noget fornuftigt at drikke.



Håndtegn: skift til næste dybde.

I overfladen

Undgå nu at udføre hårdt fysisk arbejde. Dvs. det er bestemt ikke det sidste dykkerhold, der hiver anker op, hvis det skal gøres.

Vent så længe som muligt med tobak, da iltoptagelsen og derved afgasningen bliver forringet af tobak. Sørg for at have væskebalancen i orden. Undgå kaffe, the, appelsinjuice, cola og først og fremmest alkohol før og umiddelbart efter et dyk. Alt sammen væsker, der forårsager dehydrering og som vanskeliggøre en effektiv nitrogenafgasning.

Luftstop eller freeflow

I tilfælde af luftstop eller freeflow har en Advanced Nitrox dykkeren i kraft af sin udstyrskonfiguration nogle fordele frem for en alm. sportsdykker. Man kan gå over til det alternative regulatorsystem.

Hvis man dykker med dobbeltflasker og konstaterer et luftstop på hovedregulatoren, skifter man straks til sekundærregulatoren og dykker ud. Hvis man dykker med enkeltflaske med monteret ponyflaske, foretages et regulatorskifte og der åndes fra ponyflasken. Man dykker selvfølgelig også straks ud.

Hvis man derimod har freeflow, er det lidt mere omfattende. Der tages udgangspunkt i, at man ikke umiddelbart kan få hjælp fra en makker.

Dobbeltflasker

Det er ikke altid man umiddelbart kan fastslå hvor freeflowet kommer fra, med mindre det kommer fra 2. trinnet. Det første man gør er at lukke helt for isolationsmanifoldet, således at man har isoleret de to flasker fra hinanden. Så har man i hvert fald den ene flaske at dykke ud på, hvis den anden hurtigt tømmes. Lukningen af isolationsmanifoldet mellem dobbeltflaskerne er noget man straks gør, uden at tænke nærmere over hvor gassen kommer fra.

Dernæst forsøger man at finde ud af, hvor gassen strømmer ud fra. Man kigger selvfølgelig efter boblerne, drejer sig rundt så man måske kan se, hvor udstyret er utæt. Man kan evt. også kigge på manometeret, som man ved hvordan er tilsluttet. Hvis dette ikke hjælper, kan man forsøge at lukke for én regulator ad gangen, for at se om flowet stopper. Vær klar til at åbne igen eller skifte regulator hvis den regulator, der anvendes, lukkes. På dette stadium har man formentlig fundet fejlen, og man kan da søge mod overfladen på kontrolleret vis.

Enkeltflaske

Her er der ikke behov for at adskille to flasker, da hovedflasken og ponyflasken ikke er forbundet. Man kan her gøre forskellige ting. Man kan jo straks se på sit manometer, om det er hovedflasken der freeflower. Hvis det er tilfældet, skifter man blot til sin ponyflaske og dykker ud. Hvis man bliver stresset af den udstrømmende luft fra hovedflasken, kan man lukke for flasken, men det er i princippet ikke straks nødvendigt. Man kan vælge at beholde sin hovedregulator i munden, indtil hovedflasken løber tør og først på dette tidspunkt går over på ponyflasken. Ulempen er dog, at man risikerer, der kommer vand ind i hovedflasken, når den bliver tom, så der bør lukkes for den, hvis det er muligt.

Ponyflaske

Hvis der ikke konstateres et gastab, når man kigger på manometeret til hovedflaskerne, er der muligvis en freeflow på ponyflasken. Man kan her prøve at lukke for den og se om udstrømningen stopper. Man afbryder selvfølgelig straks dykket, hvis man konstaterer at der er fejl på ponyflasken.

Gassen i en ponyflaske bruges udelukkende i tilfælde af fejl på hovedsystemet, altså beregnet til redning - til at kunne dykke ud på. Dvs. man ånder ikke af sin ponyflaske under dykket.

Dekoflaske

Når man dykker med dekoflasker, gør man altid det, at man tryksætter regulatoren, inden man påbegynder dykningen, hvorefter man lukker for flaskeventilen. Det er for at lave en slags tryktest på systemet. Det er derfor sjældent, der forekommer lækage når man åbner for flasken, men det kan forekomme. Hvis det sker kan man vælge at dele gas med sin makker. Hvis dette ikke er tilfældet og der ikke er nok gas hos makkeren, må man dekomprimere, som hvis man ikke kunne foretage dette gasskifte. En plan for dette er derfor nødvendigt at medbringe, som beskrevet i afnittet om nødplaner.

Hvilken gas har man i øvrigt på en ponyflaske?

Det mest ideelle ville være at medbringe den samme type gas på ponyflasken, som på hovedflasken. Man kan retfærdiggøre blot at have luft på ponyflasken ud fra den betragtning, at hvis man får et gasstop på hovedflasken indeholdende en eller anden form for nitroxblanding, og skal afbryde dykket, er den forøgede optagelse af nitrogen begrænset ved et regulatorskifte til ponyflasken, da man jo påbegynder opstigningen med det samme. Man må så sørge for at tage højde for denne forøgede nitrogenoptagelse ved dekompressionen.

Nødplaner

Udover at medbringe runtimes for det planlagte dyk, medbringer enhver ansvarsbevidst Advanced Nitrox dykker desuden nogle nødplaner. Det vil typisk være runtimes for henholdsvis overskredet bundtid, og tab af dekompressionsgas - f.eks. i tilfælde af defekt på regulatoren på dekoflaske.

Nødplanerne noteres på en skriveplade - gerne en der er monteret på armen.

Dykkerfærdigheder

Rutine og erfaring

Nogle dykkere har den opfattelse, at meget udstyr er godt, hvorimod rigtig meget udstyr er rigtig godt – altså meget bedre. Når man skal planlægge sit dyk, er det vigtigt, at man medbringer det rigtige udstyr og ikke overdriver sin backup. Der er ingen grund til at tage 2 ekstra masker med. 1 ekstra maske må være nok. Det bør tilstræbes at man dykker med samme grundkonfiguration på hvert dyk. På denne måde opnår man bedst

erfaring med brug af sit setup og fokus kan flyttes til løbende justering af oprigning, frem for at bruge dykkene på at huske på hvor man nu på dette dyk har placeret f.eks. lygte, linespole, dekobøje, osv.

Ligeledes er det vigtigt at bruge en masse tid på sit udstyr. At få det skruet rigtigt sammen, så det sidder rigtigt. Så intet er i vejen, og det i hele taget sidder på en måde, hvor man kan komme til at betjene det hele på en sikker og fornuftig måde. Men det er ikke tilstrækkeligt. Man skal også øve sig i at bruge sit udstyr. Man skal øve selv ganske simple ting, såsom at skifte regulator under dyk, tage sin kniv eller ekstra lygte frem fra en lomme.

Hvis man har øvet at sig i finde den ekstra lygte frem eller skifte regulator, er sandsynligheden for, at man går i panik, når ens primærlygte bryder ned, eller ens hovedregulator fryser meget mindre. Det nytter simpelt hen ikke at have en masse ekstra udstyr med, hvis man ikke kan betjene det sikkert og rutineret.

Hvis man derimod kan lave alle øvelser igen og igen med en følelse af indre ro, er det en god indikator for at man har styr på det man laver. Husk på. "En god dykker er en doven dykker!". Lad alt foregå stille og roligt. Giv dig tid. Bevar overblikket.

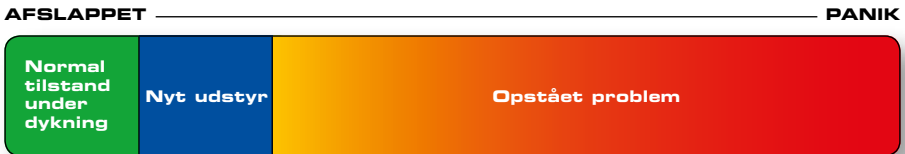
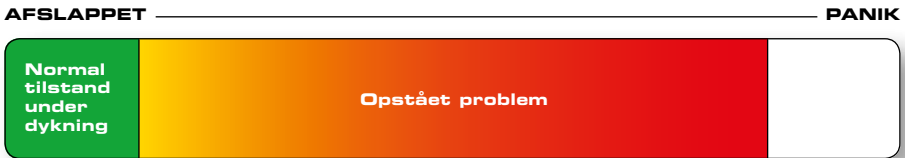
De fleste dykkere har det bedst hvis de, inden et krævende dyk, har mulighed for at samle sig, lade op, visualisere dykket, eller hvad man vælger at kalde en sådan mental forberedelsesfase. Denne fase er meget vigtig og bør ikke undervurderes, da det giver en form for indre ro at gennemtænke sit dyk. Der er flere måder at gøre dette på, men fælles for dem alle er, at man gennemtænker sit dyk. Det kan f.eks. være, at man tænker over, hvordan man vil reagere, hvis et eller andet går galt – altså forbereder sig mentalt på selvredningsøvelser, eller også forbereder man sig selv på, hvordan dykket skal gennemføres. Hvilken vej der skal svømmes, hvornår man skal skifte gas, hvad man formentlig vil komme til at se, osv. osv. Dette foregår normalt mens man samler sit udstyr, eller mens man sejler eller kører til dykkerdestinationen. En sådan mental gennemgang af dykket og evt. hændelser, vil give dykkeren et større overskud til at håndtere uforudsete situationer.

En måde at skitsere en dykkers evne til at bevare overblikket på er ved hjælp af stressbarometeret.

Venstre side er absolut indre ro, højre side er panik. Det grønne markerede felt illustrerer den normale, rutinerede dykker. Det røde felt er et opstået problem. Det kunne være, at dykkerens maske blev revet af, eller han fik luftstop. Bemærk, at baro-

meteret ikke når helt op til panik i det første tilfælde. Han går ikke i panik, men bevarer overblikket og løser sit problem. Han tager evt. sin anden maske på, eller han skifter over til sin sekundære regulator.

I det andet tilfælde har dykkeren fået noget nyt udstyr monteret, som han samtidig ikke har rutine i at bruge. Det kunne være en dekoflaske eller måske en ny dragt-illustreret med blåt. Dvs. allerede fra starten af hans dyk, er han lidt mere stresset end normalt. Så opstår der et problem som før beskrevet. Nu når barometeret helt op til panik. Han handler ikke rationelt, og kommer måske til skade.



Stressbarometer

Træningsprogram - selvredning

Hvis man som almindelig sportsdykker vil forbedre sine evner til at reagere fornuftigt i krisesituationer, og i øvrigt træne nogle af de færdigheder som man SKAL besidde på Advanced Nitrox niveau, bliver man nødt til at øve sig.

Man kan med fordel starte med at øve sig i en svømmehal, men det skal følges op med øvelser i åbent vand og altid på lægt vand. Der er ingen grund til at foretage stressvirkende selvredningsøvelser på større dybder. Hold dig på lægt vand, med mindre der er tale om øvelser med en deko-bøjle og en linespole. Nogle af øvelserne er meget lette i svømmehallen, men f.eks. øvelser, hvor man skal tage sin maske af i åbent vand, hvor temperaturen er under 10 grader, er ikke ligefrem behagelige. Det kræver øvelse og tilvænning.

Regulatorskift og ventil shut down

Øvelsen består af følgende:

- A. Regulatorskift mellem primær regulator og sekundær regulator.
- B. Ventil shut down. Øvelse i at lukke for en ventil ved en utæt/defekt regulator. Alle ventiler skal kunne åbnes og lukkes. Ved dobbeltflasker med isolationsmanifold, skal isolationsventilen også kunne betjenes, specielt da denne ventil lukkes først ved et opstået freeflow.

Øvelserne skal kunne gennemføres frit afbalanceret i vandet.

Øvelsen bør overvåges af en makker, der kan være behjælpelig hvis der skulle opstå problemer.

Ventil shut down.



Af- og påtagning af maske

Den anden øvelse er koncentreret omkring tab af maske. Øvelsen kræver en ekstra maske, og man kan med fordel bruge en hætte under øvelsen. Øvelsen består af følgende:

- A. Af- og påtagning af maske. Aftagningen skal ske i én hurtig bevægelse. Man må ikke lade vandet sive langsomt ind i masken.
- B. Udskiftning af maske. Skift masken ud med en reservemaske.

Øvelserne skal kunne gennemføres frit afbalanceret i vandet.

Øvelsen bør overvåges af en makker, der kan være behjælpelig i tilfælde af problemer, specielt i åbent vand.

Udskiftning af maske.



Anvendelse af linespole og dekobøje

Den tredje øvelse er en øvelse, der giver bedre mulighed for at klare den, hvis man kommer væk fra bundtovet ved f.eks. et vragedyk. Dette er en situation, som mange dykkere frygter, men som egentlig er ubegrundet, hvis man kan betjene en linespole og en dekobøje. Der er som sådan ikke tale om en selvredningsøvelse, men dog en øvelse af afgørende betydning for din egen sikkerhed.

- A. Fremtagning af dekobøje og linespole. Kom luft/gas i bøjen enten ved hjælp af en regulator eller ved hjælp af din udånding. Når bøjen er så fyldt at den ikke kan holdes nede, slippes den - samtidig med at der holdes igen på linespolen med en finger. Derved undgås at linen bliver viklet sammen. Lad være med at hægte spolen fast til vesten, så du altid kan komme fri fra den, hvis den skulle sætte sig fast.
- B. Opstigning i åbent vand samtidig med at linespolen rulles op. Ved 4,5 meters dybde foretages sikkerhedsdekompensation hængende under bøjen. Bemærk at dekobøjen normalt har så meget opdrift at den ikke kan trækkes ned af dykkeren.

Øvelse A skal også kunne udføres under en opstigning frit hængende i vandet, da linespole har en begrænset rækkevidde. Under sådanne øvelser skal man kunne holde dybden, mens man skyder bøjen op. I åbent vand skyder man den som regel først af, når man er kommet op over 30 meters dybde, alt afhængigt af forholdene.



Betjening af dekoflaske

Den sidste øvelse er en øvelse, hvor man øver sig i at betjene en dekoflaske. Ikke en svær øvelse, men dog en øvelse, der kræver lidt fingerfærdigheder. Øvelsen kræver en dekoflaske rigget op med karabinhager. Det er ikke nødvendigt at montere en regulator. Flasken skal være næsten tom.

- A. Den første del af øvelsen består blot i at svømme rundt med flasken og herunder få en fornemmelse for, hvilken modstand en sådan flaske yder.

Den næste del af øvelsen består i at afmontere flasken og dernæst montere den igen. Øvelsen udvides til, at to Advanced Nitrox elever ligger og skiftes til at modtage og afgive flasken, montere og afmontere den. Dette skal foregå afbalanceret i vandet uden at ændre dybde. Man kan med fordel anvende tykke handsker under øvelsen.

Gasskifte

For at kunne overholde deko-tiderne er det vigtigt at have øvet skift fra bundgas til dekogas, så skiftet kan udføres så effektivt og sikkert som muligt. Også her er brug af makkerprincippet med til at øge sikkerheden.

Proceduren for gasskifte ser sådan ud:

- 3 meter før dybden hvor dekogassen skal benyttes første gang klargøres deko-gassen.
- Dykkeren kontrollerer at MOD på markering på flaskens hals stemmer overens med den konkrete dybde.
- Dykkeren viser flasken til makkeren, der kontrollerer om MOD på flaskens yderside stemmer overens med den konkrete dybde og giver OK-tegn til dykkeren.
- Dykkeren tager fat om flaskens 1. trin og åbner for dekoflasken. I samme bevægelse følger dykkeren regulatoren ud til 2. trinnet for at sikre, at dykkeren har fat i den rette regulator.
- Regulatorslangen føres bag nakken, så den hænger over dykkerens skulder i modsatte side af dekoflasken og er nu klar til gasskiftet.

BILAG



BILAG 1.

Terminologi

A-clamp

Betegnelse for en bøjlekoblingstilslutning mellem flaskeventil og 1. trin.

Boosterpump, -kompressor, -haskell pumpe

En pumpe eller kompressor som anvendes til at forhøje/ øge trykket af gassen fra f.eks. lagerflaskerne til det ønskede fyldetryk i forbindelse med fyldning af flasker (Booster pump).

Bundgas

Gas, der bruges på bunden og som dykkeren normalt bærer på ryggen. F.eks. i form af et dobbelt flaskesæt eller en 15 liter flaske.

CNS%

Den procentdel dykkeren har opnået af den maksimalt tilladelige oxygendosis, som centralnervesystemet kan tåle.

DIN

Deutsche Industrie Norme, tysk industri standard, tilkobling af regulator på flaske med gevind. Anses for mere sikkert end Yoke-/INT-/A-clamp-/bøjlekobling.

D-ring

Ringe udformet som et D, monteret på seletøj på mange veste, i særdeleshed på veste beregnet til teknisk dykning. Beregnet til fastgørelse af div. udstyr.

EAD

Equivalent Air Depth, luftækvivalent dybde. Ækvivalent luft dybde.

EANx

Enriched Air Nitrox, oxygenberiget luft.

Fingerbølmanometer

Lille manometer, der skrues direkte ind i højtrykssædet på et 1. trin.

FO₂, FCO₂, FN₂

Gassens andel af blandingen angivet som decimaltal. F = Fraction (engelsk for brøkdel)

Gasskift

At skifte gas under dekompresion for at gøre selve dekompresionen mere effektiv.

Hotmix

Gas der bruges til dekompresion. Ofte en meget oxygenrig nitroxblanding f.eks. Nitrox 80.

Hyperbar medicin

Lægevidenskab vedrørende anvendelse af åndingsgasser ved forhøjet tryk.

Hyperoxi

Oxygenforgiftning.

Hypoxi

Oxygenmangel.

Inert gas

Gas som ikke omsættes i organismen, f.eks. nitrogen, helium, argon, neon, hydrogen, mfl.

INT

International betegnelse for en bøjlekoblingstilslutning mellem flaskeventil og 1. trin.

Konfiguration

Benævnelse der primært bruges om sammensætning og samling af flaskesæt.

Mikrobobler

Bobler i blodet som er så små at de ikke blokerer for blodgennemstrømningen. Symptomer på dette kan være træthed.

Normohydreret

Når væskebalancen er i orden.

O-kurve

Når man undgår, at skulle udføre tvungen dekompresion, idet man altid holder sig inden for ikke dekompresionstiden på den givne dybde.

Oxygenberiget luft

Oxygen/nitrogen gasblanding, som indeholder mere end 21% oxygen. (EANx = Enriched Air Nitrox)

Maksimal operationsdybde.

Maximum Operating Depth (MOD). Den dybde hvor åndingsgassens oxygenpartialtryk er lig sin maksimale grænseværdi dvs. 1,4 bar, dog 1,6 bar ved dekompression.

MOD

Maximum Operating Depth.

NOAA

National Oceanographic and Atmospheric Administration.

Normoxisk

Åndingsgas hvor oxygenpartialtrykket er 0,21 bar.

OTU

Oxygen Tolerance Unit. Enhed man bruger til at måle krops-oxygenforgiftning.

Oxygenservice

Term som beskriver, at apparatur pga. renhed og materialer egner sig til brug sammen med 100% oxygen.

Partialtryk

I en gasblanding bestående af flere gasser bidrager hver gas til det samlede tryk, deltrykket hidrørende fra en given gas kaldes gassens partialtryk.

Ponyflaske

Ekstra medbragt flaske, normalt en 3 eller 4 liter flaske, med separat regulator. Bruges i tilfælde af fejl på hovedflasken.

Primær regulator

Den regulator der er monteret på hovedflasken/flaskesættet.

Recut

Det at fremstille en gasblanding på baggrund af en halvfylt flaske, hvori der allerede er en gasblanding.

Redundant

Dubleret, ekstra.

Sekundær regulator

Den regulator monteret på bundgassen, som dykkeren kun anvender i tilfælde af fejl på primærregulatoren, eller hvis primærregulatoren er givet til en makker der mangler gas.

Dekoflaske

Flaske med dekogas, monteret på siden af vesten ved hjælp af karabinhager.

Staseslanger

Gummislanger til fastgørelse af regulatorer. Monteres oftest om nakken, så regulatoren hviler på dykkerens brystkasse.

Trimix

En åndingsgas bestående af helium, oxygen og nitrogen.

UPTD

Unit Pulmonary Toxicity Dose. Enhed for beregning af langtidsvirkningen af oxygen. Svarer til OTU.

Ventil shut down

Lukning af en flaskeventil, enten mellem to flasker eller en flaskeventil, hvor en utæt regulator er monteret.

YOKE

International betegnelse for en bøjlekoblingstilslutning mellem flaskeventil og 1. trin.

Ækvivalent luftdybde

Equivalent Air Depth (EAD). Den dybde, hvor nitrogenpartialtrykket med luft er den samme som det planlagte nitroxdyk. Hvis der er mere end 21% oxygen, er den ækvivalente luftdybde lavere end den virkelige dykkedybde.

BILAG 2. OXYGENS PARTIALTRYKTABEL

Aflæs gassens oxygenprocent i øverste række og dykkedybden i venstre kolonne.

Der hvor disse krydser hinanden, aflæses oxygenets partialtryk på dykkedybden for den gas der anvendes.

OXYGEN PARTIALTRYK

Dyke- dybde	Nitrox blanding																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
11	0,44	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
12	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88
15	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80	0,83	0,85	0,88	0,90	0,93	0,95	0,98	1,00
18	0,59	0,62	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,92	0,95	0,98	1,01	1,04	1,06	1,09	1,12
21	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24
24	0,71	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36
27	0,78	0,81	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,18	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	1,41	1,44	1,48
30	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,32	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60
33	0,90	0,95	0,99	1,03	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,38	1,42	1,46	1,51	1,55	1,59			
36	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	1,38	1,43	1,47	1,52	1,56						
39	1,03	1,08	1,13	1,18	1,23	1,27	1,32	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57								
42	1,09	1,14	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,46	1,51	1,56										
45	1,16	1,21	1,27	1,32	1,38	1,43	1,49	1,54	1,60											
48	1,22	1,28	1,33	1,39	1,45	1,51	1,57													
51	1,28	1,34	1,40	1,46	1,53	1,59														
54	1,34	1,41	1,47	1,54	1,60															
57	1,41	1,47	1,54																	
60	1,47	1,54																		
63	1,53																			
66	1,60																			

Røde værdier = pO₂ over 1,4 bar

Røde værdier = pO₂ over 1,4 bar

BILAG 3.

ÆKVIVALENT LUFT DYBDE (EAD)

(EAD = Equivalent Air Depth)

Ved brug af denne tabel findes EAD ved, at finde blandingsprocenten i øverste række, derefter går man lodret ned til den aktuelle dykkedybde – den ækvivalente luft dybde kan derefter aflæses i kolonnen til venstre.

ÆKVIVALENT LUFTDYBDE

Lufttabel meter	Nitrox blanding															
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
12	12	12	13	13	13	13	14	14	14	15	15	16	16	16	17	17
15	15	15	16	16	16	17	17	17	18	18	19	19	19	20	20	21
18	18	18	19	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23	24	24	25
21	21	21	22	22	23	23	24	24	24	25	25	26	27	27	28	28
24	24	24	25	25	26	26	27	27	28	28	29	30	30	31	31	32
27	27	27	28	28	29	30	30	31	31	32	32	33	34	34	35	36
30	30	31	31	32	32	33	33	34	35	35	36	36	37	37	38	39
33	33	34	34	35	35	36	37	37	38	39	39	40	40	41	42	43
36	36	37	37	38	38	39	40	40	41	42	42	43	44	45	46	47
39	39	40	40	41	42	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
42	42	43	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
45	45	46	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
48	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
51	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
54	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
57	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
60	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
63	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
66	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81

Røde værdier = pO₂ over 1,4 bar

BILAG 4. NOAA OXYGENDOSISTABEL

NOAA OXYGENDOSISTABEL		
Oxygens Partialtryk pO ₂ (Bar)	Grænsen for et dyk (minutter)	Daglig Maksimum (minutter)
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1,0	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

BILAG 5. CNS % pr. minut tabellen

Se side næste side

CNS % OG OTU PR. MINUT

P02	Max. tid ved P02	CNS % pr. minut	OTU pr. minut
1,60	45	2,22	1,92
1,55	90	1,11	1,85
1,50	120	0,83	1,78
1,45	135	0,74	1,70
1,40	150	0,67	1,63
1,35	165	0,61	1,55
1,30	180	0,56	1,48
1,25	195	0,51	1,40
1,20	210	0,47	1,32
1,15	225	0,44	1,24
1,10	240	0,42	1,16
1,05	270	0,37	1,08
1,00	300	0,33	1,00
0,95	330	0,30	0,92
0,90	360	0,28	0,83
0,85	400	0,25	0,74
0,80	450	0,22	0,65
0,75	500	0,20	0,56
0,70	570	0,18	0,47
0,65	625	0,16	0,37
0,60	720	0,14	0,27

BILAG 6.

DSF retningslinier for Nitroxdykning

CMAS Nitrox kursus:

Minimums optagelseskrav:

- 14 år
- CMAS P1 eller tilsvarende
- Gyldig lægeattest

Kvalifikationer: Kan dykke med nitrox med op til 40 % oxygen.

CMAS Advanced Nitrox kursus:

Minimum optagelseskrav:

- 16 år
- CMAS P2 eller tilsvarende
- CMAS Nitrox eller tilsvarende
- Minimum 30 dyk, heraf mindst 10 nitroxdyk
- Gyldig lægeattest

Kvalifikationer: Må dykke med alle nitroxblandinger samt foretage accellereret dekompensation

Generelle retningslinier:

- Alle dyk planlægges efter maksimalt oxygenpartialtryk 1,4 bar. Dog må der under dekompensation indåndes nitrox med et maksimalt oxygenpartialtryk på 1,6 bar.
- CNS% må ikke overskride 100%.
- OTU må ikke overskride 850 enheder pr. dag ved en dags dykning samt 300 enheder pr. dag over 11 dages sammenhængende dykning.
- Buhlmanns ZHL-16 dykketabeller, Standardtabellen (ÆLD) eller tilsvarende tabeller anvendes.
- Der skal ved ethvert nitroxdyk anvendes mindst to uafhængige dybdemålere.
- Max 3 dyk pr. dag.

Særlige retningslinier for nitroxdykning med dekompression:

Der bør på dykket anvendes enten:

- et dobbelt flaskesæt på mindst 2 x 10 liter med dobbelt isolation, eller
- en enkelt flaske på mindst 15 liter flaske + ponyflaske på mindst 3 liter.
- 1/3 reglen anvendes som minimum ved beregning af gasadministration.
- Der bør anvendes mindst 2 uafhængige opdriftsmidler.
- Der bør medbringes dekobøje og linespole.

Regler for håndtering af Nitrox-gasser.

- Blanding og fyldning af nitroxgasser må kun ske af uddannede CMAS Nitrox Blender eller tilsvarende.
- Alle gasblandinger skal analyseres af dykkeren selv inden dykning, og det kontrolleres at gassens pO_2 ikke overskrider 1,4 Bar. Dog tillades et pO_2 på 1,6 under anvendelse af dekompressionsgasser.
- Alle gasser skal minimum være dobbelt-filtrerede.
- Gassens nøjagtighed må max. afvige +/- 1%, eks. Nitrox 32 = 31 - 33% O_2 .

Regler for udstyr til Nitrox-dykning og fyldning.

- Der må kun anvendes fylde- og dekanterings-udstyr, der er i oxygenservice, d.v.s. oxygenrensede og oxygenkompatible.
- Oxygenservicering må kun udføres af uddannede CMAS Nitrox Blender eller tilsvarende.
- Alle flasker og flaskeventiler skal være i oxygenservice.
- Automater, slanger, manometre og andet udstyr, der kommer i forbindelse med nitroxgasser skal være i oxygenservice.
- Flasker til nitrox mærkes med:
 - o et bredt gult/grønt bånd rundt om flasken, hvorpå der med store tydelige bogstaver er trykt: "NITROX", "EANx" eller "ENRICHED AIR NITROX"
 - o mærkat for sidste oxygen-service (max. 12 måneder gammel)
 - o blandingens oxygenprocent
 - o Maksimal dykkedybde med blandingen (MOD).

