








# 1. Decompressietechnieken

## 1.1. Inleiding

### 1.1.1. Wat is decompresseren en waarom doen we dit? Wat is het doel van een duikcomputer?

L E G E N D E	
	Belangrijk
	Test je kennis
	Weblink
	Oefening
	Tip
	Voorbeeld
	Formule

Tijdens het afdalen, tijdens het verblijf op de bodem en zelfs tijdens het opstijgen zal de duiker in de weefsels van zijn lichaam stikstof opnemen. In de lessen fysica is duidelijk gemaakt welke wetmatigheden hieraan ten grondslag liggen. Een bepaalde hoeveelheid 'extra' stikstof kan probleemloos verdragen worden. Als we naar de oppervlakte terugkeren, moet deze extra hoeveelheid echter terug ontgassen en dit uiteraard zonder er nadelige gevolgen van te ondervinden.

Indien we, na een bepaald verblijf op de bodem, het opstijgen foutief aanpakken, kunnen er ziekteverwekkende bellen ontstaan. Dit kan erg nare gevolgen hebben, gaande van jeuk tot gewrichtspijnen, verlammingen en zelfs de dood. Alle mogelijke symptomen worden elders in deze cursus grondig besproken. Om te vermijden dat deze ziekteverwekkende bellen ontstaan, moeten we op een correcte manier de omgevingsdruk laten afnemen. We noemen dit decompresseren.

Deze ziekteverwekkende bellen kunnen ontstaan indien de stikstofspanning in de weefsels boven hun toelaatbare waarde komen (hier ligt het typische Haldaniaans principe ten grondslag – zie ‘Theoretische beschouwingen over Decompressietechnieken’) of indien de hoeveelheid én de grootte van de bellen die onvermijdelijk groeien tijdens de duik, niet binnen bepaalde grenzen gehouden worden (hier komen de theorieën van de belvorming om de hoek kijken – zie eveneens ‘Theoretische beschouwingen over Decompressietechnieken’).

Onder vele andere is de duikcomputer een instrument dat ons moet helpen om correct te decompresseren. Met andere woorden: het strikt naleven van de decompressieverplichtingen die verschijnen op de display van de duikcomputer zorgt ervoor dat wij in principe geen decompressieongeval oplopen. Het is dankzij de vele voordelen die dit decompressiehulpmiddel biedt, dat meer dan 99% van de duikers het gebruiken om veilig en gezond boven water te komen. Al deze voordelen en mogelijkheden van dit instrument zullen later in detail besproken worden.

### 1.1.2. Situering

In juni 2005 heeft het NELOS-Duikonderricht besloten om de Werkgroep Decompressietechnieken (WG DT) op te richten binnen de Sectie Technisch Duiken (STD). Deze werkgroep heeft in maart 2006 haar visie en strategie omtrent decompressietechnieken vastgelegd.

In maart 2007 werd de NELOS-infopublicatie ‘Praktisch duiken – decompressietechnieken’ goedgekeurd en vervolgens op de NELOS-website gepubliceerd. Naast dit hoofddocument verscheen eveneens een bundel met ‘Veel Gestelde Vragen’ rond dit onderwerp, alsook een ondersteunend document dat oorspronkelijk door de Stichting Duikresearch werd opgemaakt en door de WG DT werd aangepast naar ‘lokale’ terminologie zonder echter de context te wijzigen. Dit laatste document beschrijft duidelijk welke mogelijkheden en onmogelijkheden de hedendaagse duikcomputers hebben. Om dit resultaat te kunnen uitschrijven, hebben ze diverse en hedendaags veel gebruikte duikcomputers aan een vergelijkende studie onderworpen.

Nadat het document ‘Praktisch Duiken – Decompressietechnieken’ goedgekeurd en op de NELOS-website gepubliceerd werd, dienden de NELOS-duikers in de praktijk te duiken volgens de principes en de regels welke beschreven staan in dit document. In dit document staat ten andere een volledig

aangepast Veiligheidsreglement beschreven waaraan de duikers zich dienen te houden. Ook in de cursus wordt daar herhaaldelijk naar verwezen.

### **1.1.3. Waarom heeft NELOS de duikcomputer geselecteerd als primair decompressiemiddel; zowel in de praktijk als in het duikonderricht?**

- Meer dan 99 % van de NELOS-duikers decomprimeert in de praktijk met behulp van een duikcomputer.  
Ook buiten de NELOS wordt wereldwijd haast uitsluitend met duikcomputers gedoken om de decompressieverplichtingen correct te kunnen naleven.
- Moderne duikcomputers maken gebruik van algoritmes, die ontwikkeld zijn volgens de laatste inzichten op het vlak van decompressie op voorwaarde uiteraard dat er gedoken wordt met een niet verouderd model. Door duikcomputers te herprogrammeren kunnen deze de evolutie op het vlak van decompressie gemakkelijk opvolgen. Voor de gebruiker verandert er meestal erg weinig omdat de bediening en de aflezing van het toestel nauwelijks zal wijzigen. Het overstappen naar een ander type duiktabel is echter geen sinecure omdat de werkwijze inderdaad drastisch kan wijzigen en gekoppeld is aan tal van ingewikkelde regels.
- Hoewel de duiktabel toegelaten wordt als primair decompressiemiddel wordt dit afgeraden om de volgende redenen:
- Een duiktabel is weinig flexibel. Je wordt als het ware op voorhand in een bepaald 'hokje' geplaatst en tussenliggende waarden zijn niet te bepalen.
- Doordat het uiteraard belangrijk is om in het juiste 'hokje' te gaan kijken is een doorgedreven opleiding nodig welke door gans de loopbaan moet onderhouden worden. Als je een duikcomputer kunt aflezen kan het gebruik heel eenvoudig zijn. Duiktabellen zijn dus erg complex in vergelijking met een duikcomputer. Vergissingen maken met een duikcomputer is haast onmogelijk hetgeen niet betekent dat duikers soms bewust uitlezingen negeren. Met een duiktabel is dit schering en inslag en dit gebeurt meestal onbewust. Vergissingen kunnen uiteraard zwaar afgestraft worden.
- Met een duiktabel kan enkel een statisch duikplan uitgevoerd worden. Duikcomputers kunnen een dynamisch duikplan beheersen (zie verder). Duiktabellen zijn dus te beperkt voor het typisch gebruik in onze wateren.
- De foutmarge bij duikcomputers is erg klein omdat we probleemloos multilevelduiken kunnen uitvoeren. We kunnen echter meer speling op deze foutmarge invoeren door het aanpassen van de instellingen van de duikcomputer.

### **1.1.4. Wat zijn de gevolgen van de keuze om de duikcomputer te selecteren als primair decompressiemiddel?**

- De duiktabel is niet langer het primair decompressiemiddel bij uitstek. NELOS heeft een zekere voorkeur voor de duikcomputer en zal in haar onderricht zich ook hierop focussen (ten nadele van de duiktabel). Daardoor zal het NELOS-duikonderricht de theorie naadloos laten aansluiten op de praktijk van het duiken. De duikers zullen in de theorie leren plannen met de planningsfunctie van de duikcomputer en zullen dit vervolgens concreet leren toepassen in de praktijk.
- Andere primaire decompressiemiddelen zijn echter niet verboden (bijvoorbeeld duiktabellen). Ze mogen zowel als primair decompressiemiddel gebruikt worden maar ook als back-updecompressiemiddel.

- Indien de duiker beslist dat hij een ander decompressiemiddel dan de duikcomputer zal gebruiken, dan is dit zijn verantwoordelijkheid. NELOS stelt dan heel duidelijk dat deze duiker voldoende op de hoogte moet zijn van de mogelijkheden en de beperkingen van het door hem gekozen decompressiemiddel. Bovendien moet hij, in functie van de uit te voeren duik, perfect de werking (werkwijze) en de procedures van het door hem gekozen decompressiemiddel en alle hieraan verbonden regels begrijpen en kunnen toepassen.  
Ook als de duiker een ander back-updecompressiemiddel dan de duikcomputer kiest, moet hij ervoor zorgen dat dit back-upmiddel adequaat en compatibel is. Hij moet dit back-upmiddel dus te allen tijde in geval van nood, correct en veilig kunnen gebruiken (zie verder).
- NELOS zal zich in de duikopleiding richten naar de duikcomputer als decompressiemiddel. Het zal de duikcomputer zijn die in deze cursus uitgebreid aan bod komt en dus ook in de ganse duikopleiding van de NELOS-duikers.  
Gelet echter op het feit dat de achtergronden van duiktabellen nog altijd tot op zekere hoogte gelden en in het verleden van onze duikfederatie de US-Navy (en de hiervan afgeleide NELOS 94) tabellen een bijzonder grote rol gespeeld hebben, werd besloten om puur informatief deze tabel en al haar achtergronden op te nemen in een afzonderlijke publicatie 'De NELOS 94-duiktabellen'. NELOS raadt af om duikers op te leiden volgens de principes van de NELOS 94-duiktabellen. Het uitvoerig oefenen met duiktabellen in de lessen theorie is dus niet langer aan de orde en dient zelfs vermeden te worden. Deze tabellen kunnen wel aan bod komen in het hoofdstuk 'Historiek' of kunnen zelfs gebruikt worden om bepaalde verschijnselen inzake decompressie bondig uit te leggen aan de kandidaten. Om de duiker in zijn opleiding te ondersteunen heeft NELOS in de verdere hoofdstukken heel valabele alternatieven uitgewerkt om de achtergronden van de decompressie aan de man te brengen zonder verplicht te worden om het dossier 'De NELOS 94-duiktabellen' ter hand te nemen. Dit cursusboek volstaat dus om de gewenste vaardigheden te bekomen.
- Ongeacht het feit dat de duikcomputer gebruikt wordt als primair decompressiemiddel is het vanzelfsprekend dat te allen tijde rekening moet gehouden worden met de vereisten vermeld in alle andere (veiligheids)regels.

### 1.1.5. Welke primaire decompressiemiddelen worden door NELOS toegelaten?

Meerdere decompressiemiddelen mogen aangewend worden als primair of als back-updecompressiemiddel. We onderscheiden de volgende primaire decompressiemiddelen:

1. De multijduikcomputer.
2. De duikcomputer.
3. De duikcomputer van de buddy.
4. De dieptemeter in combinatie met een uurwerk en een tabel (D-U-T).
5. Decoplanning (aan de hand van planningssoftware) in combinatie met een uurwerk en een dieptemeter (D-U-D).

Welke back-updecompressiemiddelen we kunnen aanwenden vereist meer uitleg en daarom komen we er in het hoofdstuk 'Primaire en back-updecompressiemiddelen' uitgebreid op terug.

### 1.1.6. Voorwaarden voor het gebruik van een duikcomputer

- De duikcomputer moet gebruikt worden binnen de door de constructeur én de door NELOS opgelegde randvoorwaarden. De strengste voorwaarden gelden steeds.

**Bijvoorbeeld:**

Als de constructeur stelt dat de duikcomputer in de foutmodus terecht komt als er te lang te snel gestegen wordt, dan moet de duiker binnen de grenzen van zijn duikcomputer duiken en dus

tijdig de versnelde opstijging stoppen.

Als NELOS stelt dat er een zekere tijd moet gewacht worden alvorens opnieuw te duiken (ook al schrijft de constructeur een kortere tijd voor) dan moet de door NELOS opgestelde regel gerespecteerd worden.

- De instellingen van de duikcomputer moeten correct geprogrammeerd zijn.

**Bijvoorbeeld:**

Als de duiker met lucht duikt mag de computer niet op een rijker mengsel geprogrammeerd worden.

- De duikploeg beschikt over een adequaat en compatibel back-upmiddel om de decompressie te kunnen uitvoeren in het geval het primaire middel (de DC bijvoorbeeld) faalt. Dit principe komt later nog uitgebreid aan bod.
- De gebruiker heeft de handleiding van zijn duikcomputer grondig nagelezen en begrepen.
- De gebruiker heeft het NELOS-Veiligheidsreglement grondig nagelezen en begrepen.

### 1.1.7. **Basis van de algoritmes in duikcomputers**

Het is onjuist om te denken dat in elke duikcomputer eenzelfde algoritme opgeladen werd.

Duikcomputers met een klassiek algoritme baseren zich hoofdzakelijk op het model dat de verzadiging en de ontgassing van diverse weefsels behandelt volgens een curve welke beschreven wordt door middel van een formule die door de fysioloog J. Haldane werd opgesteld. Daarna werden diverse aanpassingen aangebracht die o.a. rekening houden met het feit dat de verzadiging en de ontgassing verschillend is van weefsel tot weefsel, met het feit dat de ontgassing anders verloopt in functie van de hoeveelheid opgestapelde stikstof, enz. Tegenwoordig worden heel veel duikcomputers uitgerust met een algoritme dat gebaseerd is op het model van Bühlmann.

Toch merken we dat, niettegenstaande het basismodel (Bühlmann) hetzelfde gebleven is, niet alle duikcomputers mooi gelijk lopen wat betreft het aangeven van decompressieverplichtingen, ook al doen we quasi dezelfde duik als onze buddy. Dit komt omdat constructeurs bijkomende aanpassingen programmeren (bepaalde parameters in het model aanpassen). Verder moeten we vaststellen dat niet alle toestellen even precies of even accuraat de diepte (druk) meten. Ook dit resulteert in een ander eindresultaat. Ook kan het zijn dat het meetinterval van computer tot computer verschilt. Het is duidelijk dat hoe kleiner het meetinterval is, hoe preciezer het eindresultaat is. Tenslotte (en dat is dan heel zeker nog niet de laatste reden) springen de diverse constructeurs en programmeurs anders om met het profiel van de duikplanning. Sommigen rekenen met een bepaalde daaltijd; anderen veronderstellen dan weer dat de duiker onmiddellijk op de grootste diepte arriveert. Soms wordt de stijgtijd in rekening gebracht maar niet altijd, enz.

Kortom, er zijn talrijke verschillen vast te stellen tussen de ene duikcomputer en de andere. We zullen in deze cursus aanleren hoe we daar moeten mee omspringen in de praktijk. Toch mogen we stellen dat een moderne duikcomputer voor een 'standaardduiker' en een 'standaardduik' decompressieverplichtingen zal opleggen die ervoor zorgen dat de duiker boven komt zonder dat hij een deco-ongeval oploopt.

Een 'typische' duik (normduik of standaardduik) in dit kader vertrekt vanuit de volgende standpunten:

- het betreft luchtduiken of nitroxduiken (maximum 40 %),
- de duikduur van de duiken is beperkt tot maximum 90 minuten,
- de duikdiepte is beperkt tot maximum 60 meter,
- tijdens deze 'typische' duik wordt niet meer verbruikt dan 2400 barl,
- de grootste diepte moet eerst bereikt worden (geen omgekeerde duikprofielen),

- de daalsnelheid is groter dan de stijgsnelheid (20 m/min wordt aangeraden indien voldoende comfortabel),
- de stijgsnelheid bedraagt 10 m/min,
- geen abnormale inspanningen (stroming, arbeid, ...),
- geen jodoeduk,
- watertemperatuur hoger dan 10 °C,
- beperkte temperatuurschommelingen,
- veiligheidstrap van 5 minuten op 5 meter indien het een duik binnen de multijden betreft,
- de maximum decompressietijd voor alle trappen samen bedraagt 20 minuten.

NELOS raadt aan om bijzonder voorzichtig te werk te gaan indien men 'niet-typische' duiken plant en uitvoert.

Het voorgaande betekent dus NIET dat er bijvoorbeeld niet langer dan 90 minuten mag gedoken worden of dat er niet dieper dan 60 meter mag gedoken worden, dat er niet met andere mengsels mag gedoken worden, enz. In die gevallen bevinden we ons echter in de zone van de atypische duiken, waarbij een grondige opleiding, een doorgedreven training en een bijzonder grote ervaring vereist is. In de zone van deze atypische duiken is de kans ook veel groter dat men buiten het bedoelde toepassingsgebied van het algoritme van het decompressiemiddel valt met alle mogelijke gevolgen van dien.

De 'typische' duiker (normduiker) heeft de volgende kenmerken:

- heeft een goede fysieke conditie,
- is niet ouder dan 45 jaar,
- bevindt zich niet in een toestand van uitzonderlijke vermoeidheid,
- is geen verstokte roker,
- heeft geen abnormaal vetgehalte,
- heeft geen PFO of een andere medische contra-indicatie.

NELOS raadt aan om bijzonder voorzichtig te werk te gaan indien men een 'niet-typische' duiker is.

Het voorgaande betekent dus NIET dat er niet mag gedoken worden met bijvoorbeeld een PFO of met een minder goede fysieke conditie, enz. Men moet echter wel beseffen dat men dan een verhoogd risico loopt. Gelukkig kunnen moderne computers ingesteld worden zodanig dat het ingebouwde algoritme conservatiever zal rekenen. Vanzelfsprekend wordt rekening gehouden met het resultaat van de medische keuring en de adviezen van de sportdokter.

Buiten het Bühlmannmodel kan men ook in moderne computers algoritmes terug vinden die gebaseerd zijn op een bellenmodel. Meestal wordt in deze computers een keuze gemaakt uit twee belangrijke bellenmodellen: het RGB-Model (RGBM – Reduced Gradient Bubble Model) of het VP-Model (VPM – Variable Permeability Model). Gesteld kan worden dat beide bellenmodellen inhoudelijk nauwelijks van elkaar zijn te onderscheiden zodat NELOS geen bepaalde voorkeur uitsprekt over het ene of het andere model. Deze modellen kunnen beschouwd worden als een belangrijke en waarschijnlijk niet te verwaarlozen aanvulling op het klassieke Haldaniaans model en Bühlmannmodel.

In 'Theoretische beschouwingen over Decompressietechnieken' zal verder in detail ingegaan worden op al deze theorieën.

Ook hier geldt dat computers met eenzelfde decompressiemodel (bijvoorbeeld RGBM) belangrijke verschillen kunnen vertonen omdat ze bijvoorbeeld met andere derivaten van het algoritme werken of omdat ze andere parameters in beschouwing nemen.

Sommige computers hebben dus een algoritme dat reeds rekening houdt met de laatste ideeën over microbellen waardoor het duikprofiel moet aangepast worden in vergelijking met de profielen onttrokken uit de klassieke ideeën van verzadiging van parallelle weefselcompartimenten. Daardoor is het mogelijk dat er ‘deep stops’ moeten gemaakt worden om deze microbellen onder controle te houden. Deze relatief korte stops worden beduidend veel dieper uitgevoerd dan de eigenlijke decompressiestops en worden daarom ‘deep stops’ genoemd. ‘Deep stops’ zijn volgens deze ontwerpers wel degelijk belangrijk om correct en efficiënt te kunnen decompresseren alhoewel er geen of nog maar amper terug gas wordt afgegeven aan de omgeving. Toch zijn er ook heel wat computerfabrikanten die in het algoritme toelaten om, in geval van nood, de ‘deep stops’ over te slaan waarbij de computer niet in ‘error’ komt te staan. Er komt in zulke gevallen slechts een melding ‘missed stop’ welke zelfs opnieuw kan verdwijnen indien men opstijgt naar de volgende verplichte halte. Anders gezegd: bij zulke computers genereert een gemiste ‘deep stop’ geen alarm. Echter, het niet uitvoeren van een echte decostop zal wel degelijk een blijvend alarm veroorzaken. Sommige duikcomputers hebben de mogelijkheid om zelfs meerdere algoritmes te kiezen. Zo kan de gebruiker, indien gewenst, overschakelen van het RGBM naar het VPM – zelfs onder water. Sommige duikcomputers zullen in het algoritme automatisch rekening houden met duiken in koud water en zo een aangepast duikprofiel opleveren.



Het feit dat hierboven gesproken werd over ‘deep stops’ betekent geenszins dat tegenwoordig alle duikcomputers met zulk een algoritme uitgerust zijn. Het werd enkel vermeld als een mogelijke optie van het algoritme. Zoals reeds gesteld laat het NELOS-Duikonderricht het over aan de gebruiker om al dan niet mee te gaan met de ideeën over microbellen. Hoewel, een lichte voorkeur is wel degelijk aanwezig (onderzoeksresultaten bevestigen blijkbaar de stelling van het ontstaan van microbellen en hun effect op de decompressie) maar het is niet van dusdanig belang dat nu op staande voet alle ‘klassieke’ computers verboden zijn en er nieuwe modellen moeten aangekocht worden. Wie echter een nieuwe duikcomputer koopt moet hier toch maar eens flink over nadenken.



Het algoritme veronderstelt ook dat de persoon die met de computer gaat duiken in voldoende mate gezond is. (zie ‘normduik’ en ‘normduiker’).

**Te vermijden zijn:**

- roken.
- inspanningen na de duik (ankers lichten bijvoorbeeld).
- cafeïnerijke producten innemen.
- medicijnen (raadpleeg steeds je duikarts).
- een af te raden duikprofiel (bijvoorbeeld jojo- of inverse duiken).
- alcoholgebruik.

**Wel doen:**

- begin je lichaam te hydrateren minstens 12 uur vóór het duiken en onmiddellijk erna.
- rust nemen na de duik.
- stel een conservatieve duikplanning op.

## 1.2. De pioniers

1667: Robert Boyle, Engels fysicus en opsteller van de Wet van Boyle, ziet een gasbel in het oog van een adder die onder druk werd gezet en daarna werd gedecomprimeerd.

1726: Stephen Hale wordt betrokken bij de constructie van apparaten die zouden moeten helpen om mensen te redden bij mijnongelukken. Hij bedacht een hoofddekseel dat uit flanel bestond en dat

ondergedompeld werd in een mengsel van zeewater en tandsteen. Dit kan beschouwd worden als de eerste poging om een toestel te maken dat vervuilde lucht kon 'scrubben'.

**1869-1883:** In New York wordt de Brooklyn Bridge gebouwd maar vele van de werklui betalen hiervoor een hoge prijs. Na hun langdurig verblijf in caissons onder druk worden zij verlamd door de 'caissonziekte'. Omwille van de verkrampte en pijnlijke gewrichten wordt de aandoening door reporters de 'bends' genoemd.

**1878:** Henry A. Fleuss van Siebe Gorman bekomt een patent op een hercirculerend apparaat met zuivere zuurstof. Een jaar later wordt dit apparaat gebruikt voor de eerste 'Enriched Air Nitrox' duik. In 1880 zal een Engelse duiker, Alexander Lambert, 1000 meter afleggen door een ondergelopen tunnel onder de Severn rivier en dit in totale duisternis, in een geslaagde poging om verschillende cruciale kleppen af te sluiten. Hij maakte daarbij gebruik van de Fleussrebreather.

**1880:** Dr. Paul Bert, een Frans fysioloog, publiceert zijn werk over ademen onder hyperbare condities.

Hij stelt vast dat de 'caissonziekte' eigenlijk hetzelfde is als de problemen van diepzeeduikers na het bovenkomen. Hij vermoedt dat het vrijkomen van de opgeloste stikstof in het bloed de oorzaak is. Hij stelt ook vast dat zuurstof giftig kan worden als het onder druk ingeademd wordt.

**1891:** Achilles Khotinsky en Simon Lake kloppen aan bij het kantoor voor het verstrekken van patenten om een patent aan te vragen voor hun apparaat dat bariumhydroxide gebruikt als chemische scrubber, welke succesvol stikstofdioxide kan verwijderen.

**1905:** Een apparaat van Fleuss wordt gepatenteerd voor reddingen uit onderzeeërs.

Dräger wordt betrokken bij duikactiviteiten met John Haldane.

**1910:** Dr. John Scott Haldane, een Brits fysioloog, bevestigt dat de 'caissonziekte' veroorzaakt wordt door het vrijkomen van opgeloste stikstof bij het bovenkomen.

De uitvinder van de duiktabel heeft de duiktabel op volgende vier basisbegrippen gebaseerd.

- het begrip 'Weefsel'.
- de exponentiële opname en afgifte van gas, hierdoor kan Haldane exact de stikstofspanning in elk weefsel berekenen.
- de KOC of kritische oververzadigingscoëfficiënt; ook wel de kritische drukverhoudingshypothese genoemd. Uit experimenten met geiten en varkens mag volgens Haldane de druk gehalveerd worden zonder gevaar op een decompressieongeval. Uiteraard werd dit later aangepast!
- de getrapte decompressie op veelvoud van 10 voet (3 meter) diepte.

**1912:** Leonard Hill bemerkt dat niet de drukverhouding belangrijk is (KOC) maar wel een bepaalde drukgradiënt!

**1912:** Drägerwerk brengt een onderwaterslede uit welke voorzien is van een gesloten circuitapparaat dat twee uur autonomie kan aanleveren. Het tijdschrift 'Scientific American' voorspelt dat deze ontwikkeling wel eens zou kunnen leiden naar een nieuwe sport.

**1915:** Het witte doek! Oxylite rebreathers worden aangewend in de onderwaterscènes van de film '20.000 zeemijl onder de zeespiegel'.

**1936:** Italiaanse duikers gebruiken een gemodificeerde versie van het Fleussapparaat; de 'Davis Lung', om onderwaterscooters te berijden met de intentie om vijandige schepen te beschadigen.

**Wereldoorlog II:** Alle zeemachten gebruiken de één of andere vorm van rebreathers voor opzoekingen, het vegen van mijnen, het onderscheppen van schepen, enz. Er waren grote verliezen te betreuren onder de duikers als gevolg van zuurstofvergiftiging.

**1950 – 1995:** Diverse types van rebreathers proberen hun weg te vinden naar de markt van het technisch (sport)duiken. Sommige types werden echter speciaal ontworpen om voor zeer specifieke

doeleinden en waren niet zozeer bedoeld voor massaproductie. Andere types werden niet echt gesmaakt omwille van financiële redenen of omwille van operationele problemen. Ook bureaucratische of managementredenen kunnen aangehaald worden als reden waarom sommige rebreathers geen echte doorbraak kenden.

**1960:** Brian Hills ontdekt de microbel.

**1965:** Robert D. Workman van de U.S. Navy Experimental Diving Unit (NEDU) ontwikkelt het concept van M-values.

**1983:** Bühlmann ontwikkelt zijn theorie. Hij begon van scratch en wilde vooral de invloed van de hoogte nauwkeurig onderzoeken. Hij voerde experimenten uit om kritische drukken te bepalen bij verschillende omgevingsdrukken tot 3000 m hoogte maar dit resulteerde per weefsel in een coëfficiënt a en b.

**1983:** Wetenschappers Craig Barshinger en Carl Huggins, en de stichter van ORCA Industries, Jim Fulton, brengen het toestel The Edge® op de markt. Dit wordt de eerste commercieel succesvolle Amerikaanse, elektronische duikcomputer. Het toestel berekent continu de niet-decompressielimieten (nultijden) en de dieptelimieten.

**1987:** Dr. Spencer ontdekt dat een onschadelijk ultrasoon toestel in staat is om particuliere bloedembolen te detecteren in real time. Dit is tot vandaag nog steeds de enige bekende methode.

**Hemplemann:** Beschrijft één weefselmodel en de ongelijke stikstofopname en -afgifte.

**David E. Yount:** Voert uitgebreide gel-experimenten uit. Wordt aanzien als de grondlegger van het VP-model.

**Richard Pyle:** Beschrijft empirische regels voor 'deep stops' tegen vermoeidheid na het duiken.

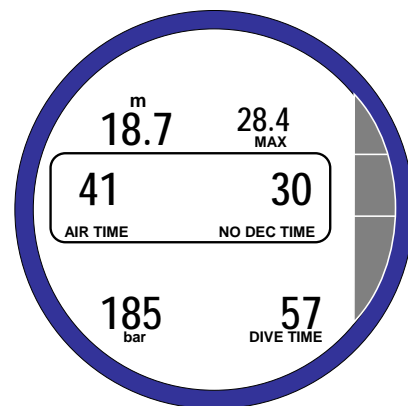
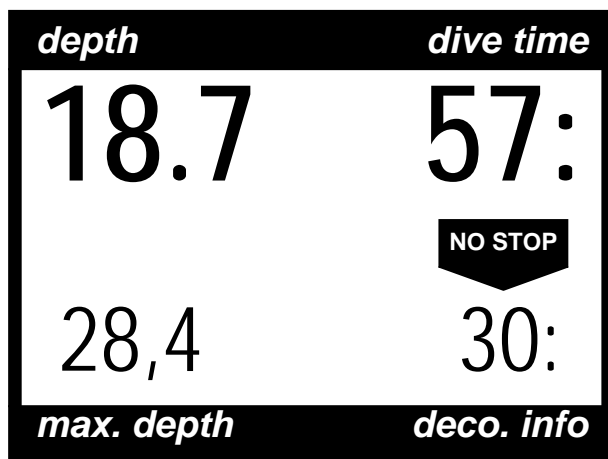
**Bruce Wienke:** Wordt aanzien als de grondlegger van het RGB-model.

## 2. Basisbegrippen en reglementering

### 2.1. Enkele belangrijke definities

#### 2.1.1. Huidige duikdiepte (uitgedrukt in meter): D (m)

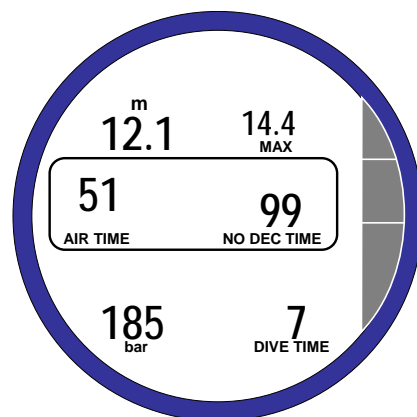
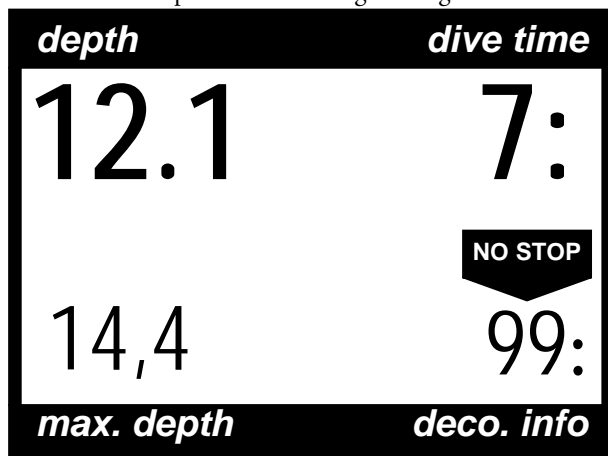
De diepte waarop de duiker zich op dat ogenblik bevindt, uitgedrukt in meter (m). Deze informatie moet steeds ter beschikking staan op het display van de duikcomputer.



In dit voorbeeld is de huidige duikdiepte  $D = 18,7$  meter.

#### 2.1.2. Maximum Duikdiepte (uitgedrukt in meter): $D_{max}$ (m)

‘De maximumduikdiepte’ is de maximale diepte die tijdens de duik bereikt werd, uitgedrukt in meter (m). Deze diepte wordt meestal eveneens getoond op het display van de duikcomputer. Deze waarde moet tijdens de briefing vastgelegd worden. De maximumdiepte wordt nooit gewild overschreden. De maximumdiepte wordt in het logboek ingeschreven.



• In dit voorbeeld is de maximumduikdiepte  $D_{max} = 14,4$  meter.

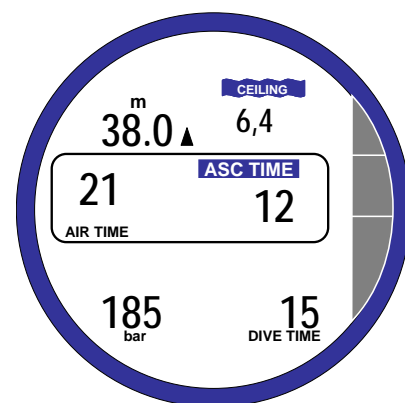
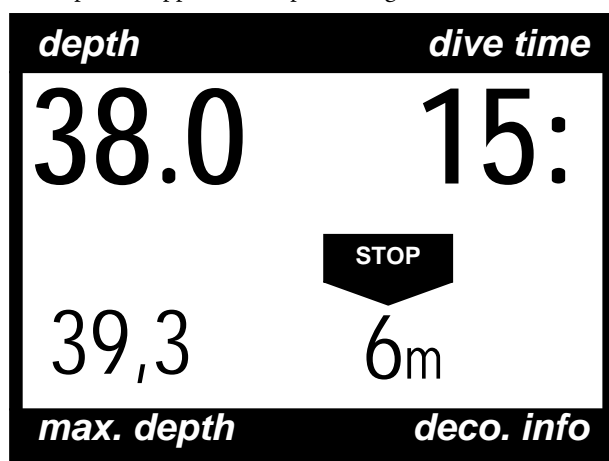
### 2.1.3. (Verstreken) duiktijd (T) of bodemtijd – Vermoedelijke duikduur (DD<sub>v</sub>) – Werkelijke duikduur (DD) – Maximumduikduur (DD<sub>max</sub>), alle uitgedrukt in minuten (min)

Met behulp van duikcomputers kunnen we dynamische duikplannen opstellen. Daardoor wordt het begrip 'de duiktijd' (T) met het gebruik van een duikcomputer minder belangrijk. Het is gewoon de tijd welke verstreken is tussen het moment dat we de duik ingezet hebben en het actuele moment.

Bij het gebruik van duiktabellen (maken van statische, vierkante duiken), is de duiktijd een zeer strak afgelijnd begrip dat de duiker goed moet kennen om veilig te kunnen decompresseren (het is één van de strikt noodzakelijke parameters om correct te kunnen decompresseren met tabellen).

Als we duiken met een duikcomputer dan schenken we nauwelijks nog belang aan het moment dat we opstijgen aan de voorgeschreven stijgsnelheid om aldus de duik zo snel mogelijk te beëindigen. In plaats daarvan zullen we bij dynamische duikplannen (multilevel), duiken uitvoeren waarbij de stijgsnelheid beduidend onder de maximumstijgsnelheid zal liggen. Dit is trouwens bijzonder typisch voor het duiken in onze wateren waarbij we meestal trachten de bodem te volgen. Deze werkwijze wordt bovendien aangeraden als we uitduiken. De begrippen 'multilevelduiken' en 'uitduiken' komen verder nog uitgebreid aan bod maar nu volstaat het dat de opstijging trager geschiedt dan de maximum voorgeschreven stijgsnelheid.

In plaats van een overdreven belang te hechten aan de 'duiktijd' (T) zal er bijzondere aandacht moeten geschonken worden aan de 'duikduur' (DD) en aan de maximum toegelaten hoeveelheid decompressietrappen (een afspraak die gemaakt wordt in de briefing) die er zullen gemaakt worden.

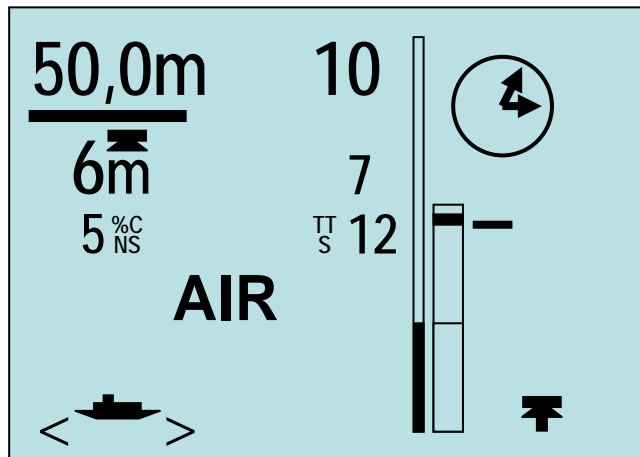


De duiktijd 'T' of de verstreken duiktijd 'T' of de bodemtijd 'T' bedraagt in dit voorbeeld 15 minuten.

Bij het type duikcomputer dat hieronder getoond wordt, staat de duiktijd in het midden boven op het display.

Toch is het voor de duikplanning en voor de veiligheidsploeg aan de kant belangrijk om een idee te hebben wanneer de duikers aan de oppervlakte zullen komen. Dit is dan de vermoedelijke duikduur 'DD<sub>v</sub>'.

De werkelijke duikduur 'DD' of kortweg de duikduur 'DD' is de effectieve tijd die verstreken is tussen het moment dat de duikers de afdaling inzetten en het moment dat ze opnieuw bovenkomen. De duikduur wordt in het logboek ingeschreven.



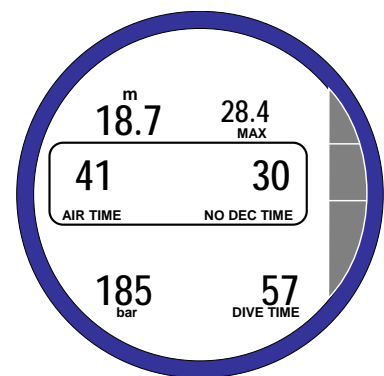
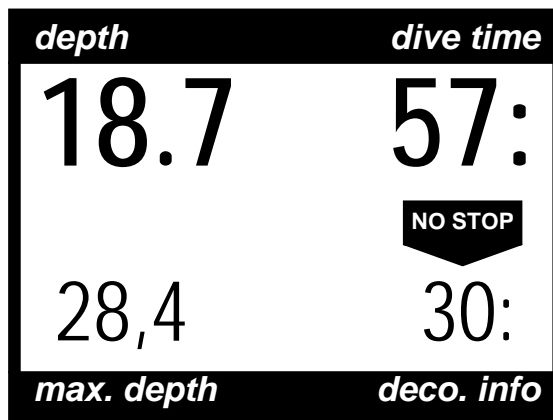
De duiktijd 'T' of de verstreken duiktijd 'T' of de bodemtijd 'T' bedraagt in dit voorbeeld 10 minuten. De maximumduikduur "DDmax" is de duikduur die vooraf wordt afgesproken in de briefing en wordt doorgegeven aan de duikverantwoordelijke als de duur waarbij de duikploeg zeker terug aan de oppervlakte is. Deze tijd is de basis voor het verwittigen van hulpdiensten indien de ploeg niet tijdig terug is. Het is hierbij duidelijk dat de maximumduikduur dus nooit overschreden wordt.

#### 2.1.4. Nultijd (T0) – uitgedrukt in minuten (min)

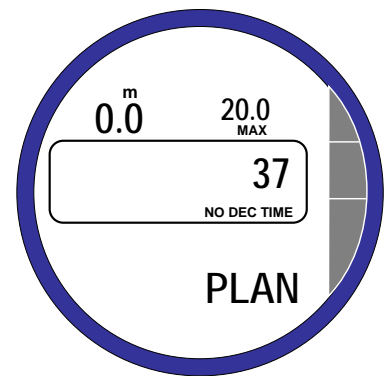
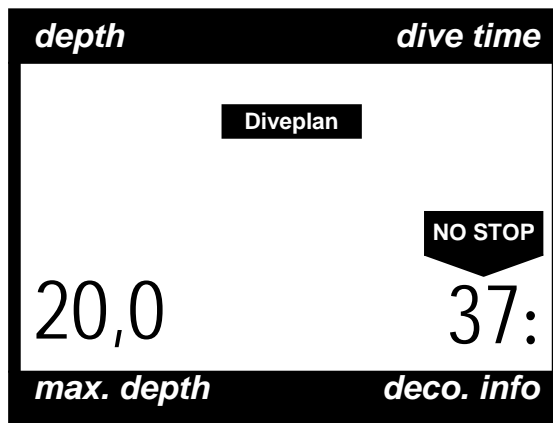
'De nultijd' is de tijd die de duiker nog rest op de gegeven diepte alvorens decostops te moeten uitvoeren.

In dit volgend voorbeeld bedraagt de restnultijd 30 minuten. Dit betekent dat we, als we op deze diepte van 18,7 meter blijven verder duiken, we er nog 30 minuten kunnen verblijven zonder dat we trappen moeten maken. Merk op dat we ondertussen al 57 minuten gedoken hebben.

In principe kan de duiker aan de voorgeschreven stijgsnelheid rechtstreeks naar de oppervlakte terugkeren zonder decompressieproblemen. Toch wordt sterk aanbevolen om een veiligheidstrap te maken op een diepte van 5 meter gedurende 5 minuten.



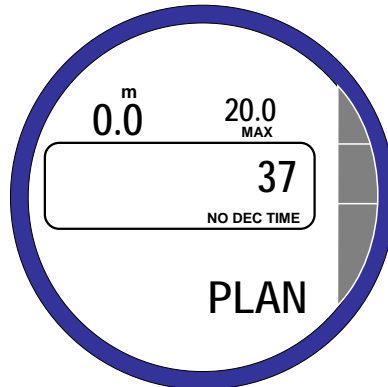
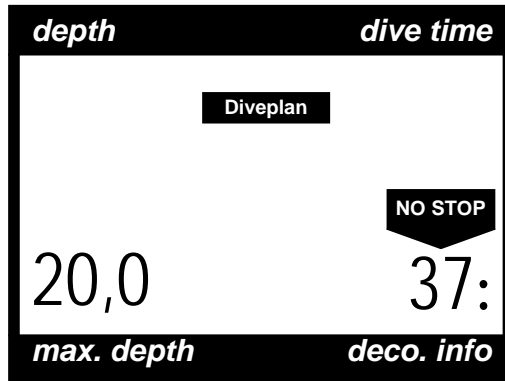
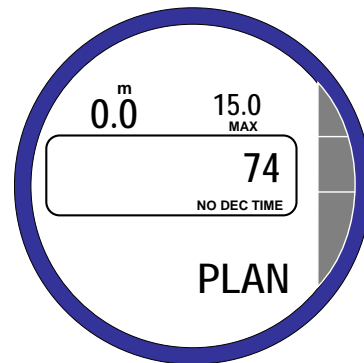
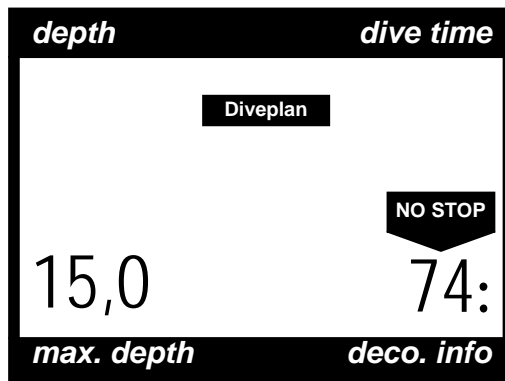
- Heel dikwijls wordt aan de oppervlakte gecontroleerd hoeveel de nultijd op een bepaalde diepte bedraagt. Dit is erg belangrijk voor de planning van de duik (zie verder). Hierna volgt een voorbeeld waarbij voor dit type computer er geen voorafgaande duik uitgevoerd werd.



### Oefening 1

Construeer aan de hand van de volgende uitlezingen op de duikcomputer de grafiek van de veiligheidscurve.

Deze tijden zijn ook af te lezen via de planfunctie van je duikcomputer. Wat kan je hieruit besluiten?



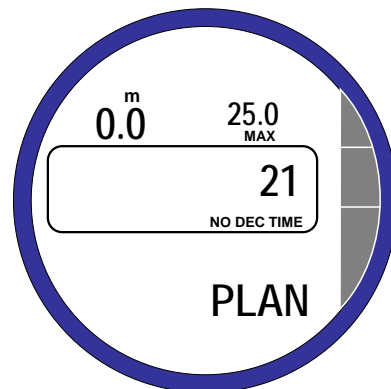
**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

25,0 21:

*max. depth* *deco. info*



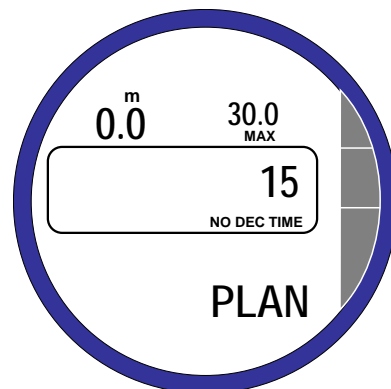
**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

30,0 15:

*max. depth* *deco. info*



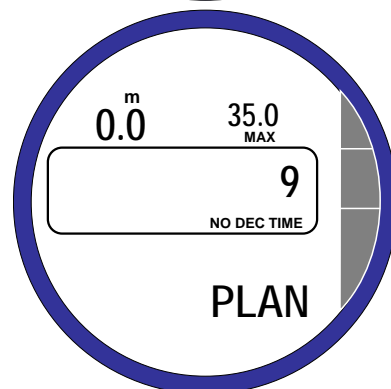
**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

35,0 9:

*max. depth* *deco. info*



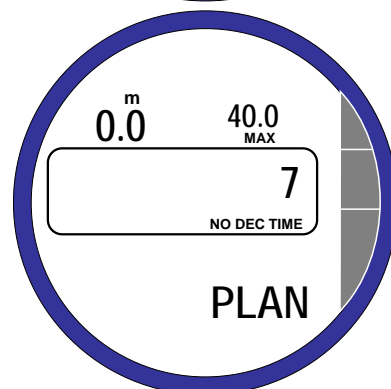
**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

40,0 7:

*max. depth* *deco. info*



**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

45,0 5:

**max. depth** **deco. info**

0.0 45.0  
MAX

5  
NO DEC TIME

PLAN

**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

50,0 5:

**max. depth** **deco. info**

0.0 50.0  
MAX

5  
NO DEC TIME

PLAN

**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

55,0 4:

**max. depth** **deco. info**

0.0 55.0  
MAX

4  
NO DEC TIME

PLAN

**depth** **dive time**

Diveplan

NO STOP

60,0 3:

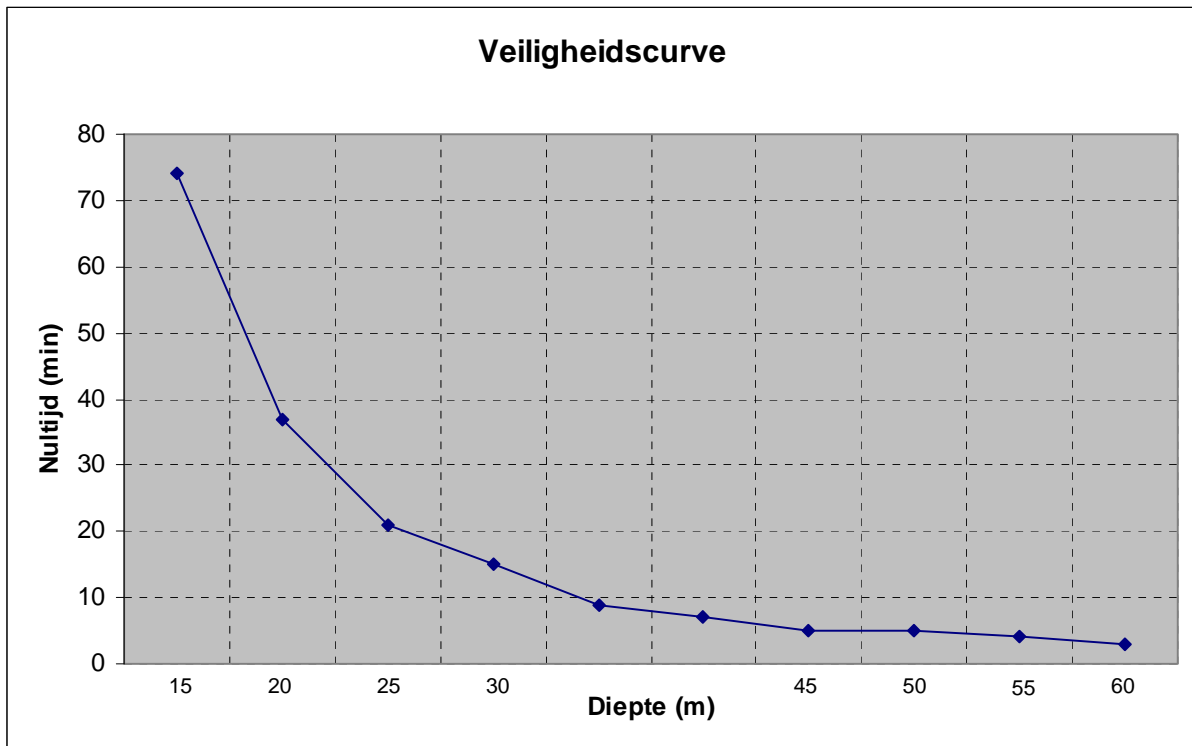
**max. depth** **deco. info**

0.0 60.0  
MAX

3  
NO DEC TIME

PLAN

## Antwoord



### 2.1.4.1. Besluiten

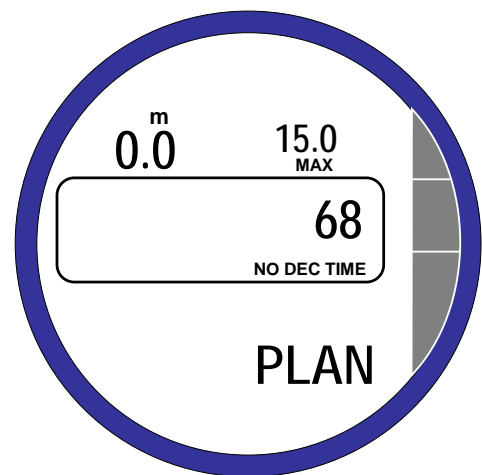
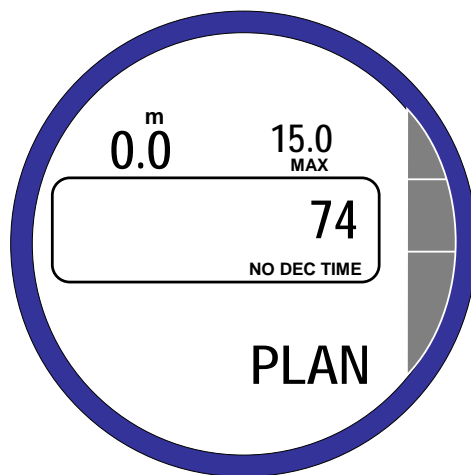
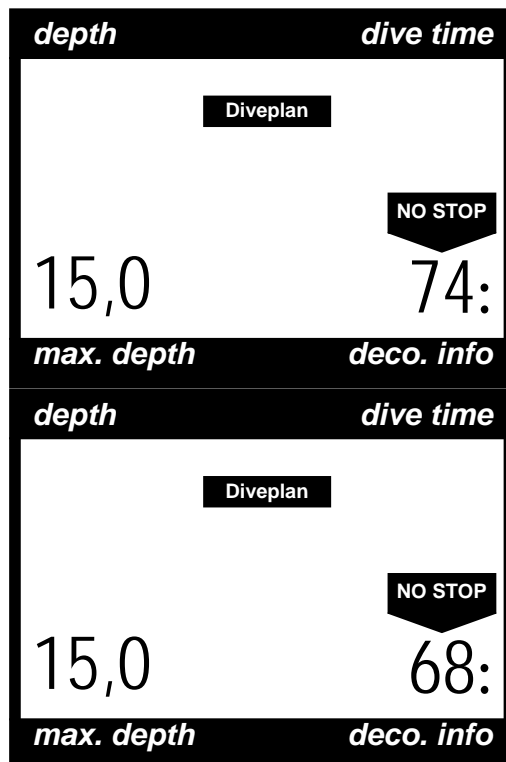
- De nultijden nemen exponentieel af met de diepte.
- Het maken van duiken binnen de veiligheidscurve vereist bij diepere duiken bijzonder veel aandacht (gevaar om toch een decompressieduik te bekommen).
- Duiken binnen de veiligheidscurve is realistisch tot een diepte van maximum 30 à 35 m.
- Een duik binnen de veiligheidscurve uitvoeren naar bijvoorbeeld 60 m vereist een hoge daalsnelheid (20 m/min) hetgeen erg snel is en zal een totale duikduur opleveren van 3 min dalen + 6 min stijgen + 5 min veiligheidstrap = 14 min (nog geen kwartier).



### Oefening 2

Het eerste scherm lees je af op je duikcomputer – het tweede scherm lees je af op de duikcomputer van je buddy.

Wat kan je hieruit besluiten?



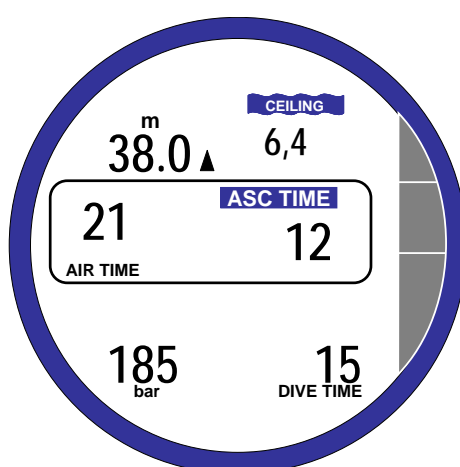
#### Antwoord

- De nultijden zijn niet hetzelfde op beide duikcomputers.
- Mijn computer is minder conservatief dan die van mijn buddy.
- Als ik binnen de nultijd wens te duiken dan moet ik bijzonder goed de computer van mijn buddy in de gaten houden.
- Ik zal in de briefing zeer duidelijke afspraken moeten maken betreffende duiktekens die aangeven dat mijn buddy nog x aantal minuten van de nultijd verwijderd is.

### 2.1.5. Totale tijd om de oppervlakte te bereiken (TTS – Time To Surface), (ASC - Ascent Time), uitgedrukt in minuten (min)

De totale tijd nodig om de oppervlakte te bereiken is de tijd die nodig is om de oppervlakte te kunnen bereiken rekening houdend met eventuele decostops. Dit wordt 'Time To Surface' genoemd (TTS). Bij het duiken met een duikcomputer is de tijd om de oppervlakte te bereiken (TTS) een erg belangrijk gegeven omdat dit een ervaren duiker toelaat om zijn verbruik (ademaautonomie) in de gaten te houden. Bereikt de TTS een bepaalde vooropgestelde waarde welke best in de briefing wordt meegegeven, dan is dit duidelijk het signaal om de duik af te breken. Ook de waarde van de flesdruk in combinatie met de TTS zal een indicatie zijn voor de duikleider om tijdig de duik af te breken.

#### Voorbeeld 1

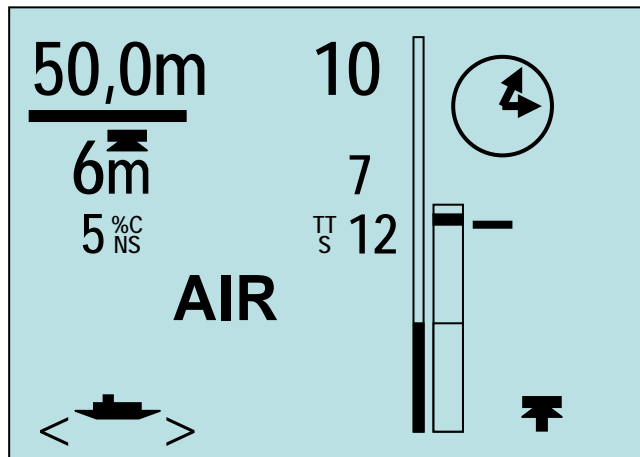


In dit voorbeeld is de duikdiepte 38 meter en is de duiktijd (bodemtijd) 15 minuten.

- We merken dat we een decostop moeten maken op 6,4 meter.
- We zien dat de TTS (Time To Surface) 12 minuten bedraagt.
- Aan een stijgsnelheid van 10 m/min bekomen we een stijgtijd van 4 minuten. Doen we er de veiligheidstrap van 3 minuten op 3 meter bij (een eigenschap van dit model) en de stoptijd van 5 minuten op de trapdiepte van 6,4 meter bij, dan komen we keurig aan een TTS van 12 minuten. Tijdens het stijgen zal het plafond (ceiling) verkleinen tot minimaal 3 meter.

#### Voorbeeld 2





In dit voorbeeld is de duikdiepte 50 meter en is de duiktijd (bodemtijd) 10 minuten.

- We merken dat we een decostop moeten maken op 6 meter van 7 minuten.
- We zien dat de TTS (Time To Surface) 12 minuten bedraagt.

Wie goed oplet stelt dus vast dat deze computer zodanig werd ingesteld dat de ondiepste trap 6 meter bedraagt. Inderdaad; aan een stijgsnelheid van 10 m/min bekomen we een stijgtijd van 5 minuten. Doen we er de stoptijd van 7 minuten op de trapdiepte van 6 meter bij, dan komen we keurig aan een TTS van 12 minuten. Er moeten dus geen stops gemaakt worden op 3 meter. De ondiepste stop is dus 6 meter.

De meer technische duiker (maar dit wordt ten gronde besproken in de cursussen voor technisch duiken) leest eveneens af dat hij met het ademgas 'lucht' duikt en dat hij op dit ogenblik een zuurstofbelasting opgelopen heeft van 5%.

De dikke streep onder de diepte is een secondebalk die, naarmate de tijd van de actuele minuut verder schrijdt, verder naar rechts zal uitgetrokken worden. We mogen in dit voorbeeld dus aannemen dat er 10 minuten en zo'n 30 s verlopen zijn vanaf het begin van de duik.



De 'stijgtijd' is de tijd die nodig is om de oppervlakte te kunnen bereiken op het ogenblik dat men beslist om zonder onderbreking aan de stijgsnelheid (10 m/min) op te stijgen. Men houdt daarbij geen rekening met de tijd die er op de eventuele trappen doorgebracht wordt. De stijgtijd wordt steeds naar boven afgerond. Dit begrip heeft nauwelijks nog een praktische waarde.

- We bevinden ons op 33 meter diepte.
- De stijgtijd is dan  $33 \text{ m} / 10 \text{ m/min} = 3,3 \text{ min}$  of afgerond 4 min.

### 2.1.6. Decompressietrappen

'Decompressietrappen' zijn de tijden en de dieptes van de uit te voeren decompressiehaltes.

Decompressietrappen mogen niet doorbroken worden. Doet men dit toch dan stelt men zich bloot aan een ernstig gevaar (de decompressieziekte). De duiker kan proberen mits het uitvoeren van noodprocedures de mogelijke problemen onder controle te krijgen (zie in detail in het Veiligheidsreglement).

### 2.1.7. De veiligheidstrap

Indien er geen trappen uit te voeren zijn, wordt aangeraden om een veiligheidstrap uit te voeren van 5 minuten op 5 meter. Dit is louter een voorzorgsmaatregel.

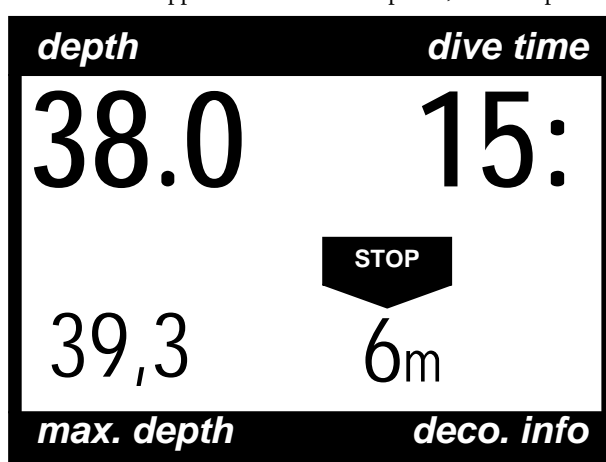
Indien er wel trappen moeten uitgevoerd worden maar deze zijn korter dan 5 minuten, wordt aangeraden de ondiepste trap verder te verlengen tot 5 minuten. Omstandigheden zoals koude, sterke stroming, woeste zee e.d. spreken het uitvoeren van deze veiligheidstrap tegen. Het is dus enkel in gunstige omstandigheden dat deze wordt uitgevoerd. De veiligheidstrap moet rustgevend zijn en niet moeilijk om uit te voeren.

### 2.1.8. Trapdiepte – uitgedrukt in meter (m)

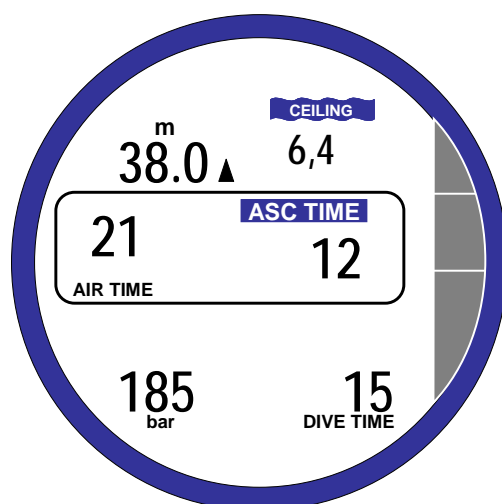
De ‘trapdiepte’ is de exact voorgeschreven duikdiepte waar de duiker op dat moment zijn decompressieverplichtingen moet vervullen.

Voor een veiligheidstrap is dit typisch 5 meter.

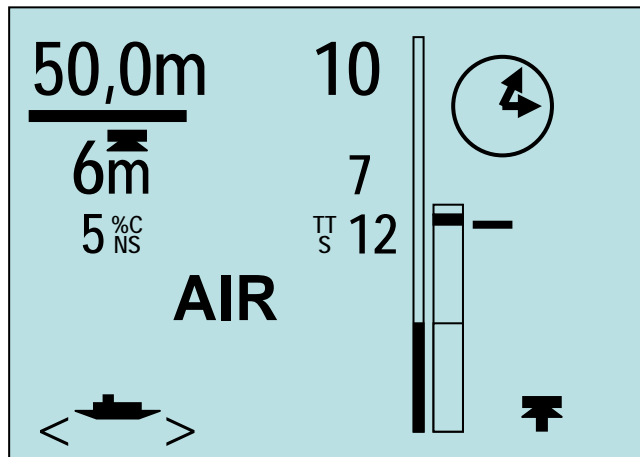
Voor decompressietrappen zijn dit typisch dieptes die per 3 meter kunnen toenemen. Zo kan het zijn dat de duiker trappen moet uitvoeren op 9 m, 6 m en op 3 m.




In dit voorbeeld is de eerst vereiste trapdiepte 6 meter.



Deze computer werkt met een variabel plafond ('ceiling'). De eerst vereiste trapdiepte is 6,4 meter.

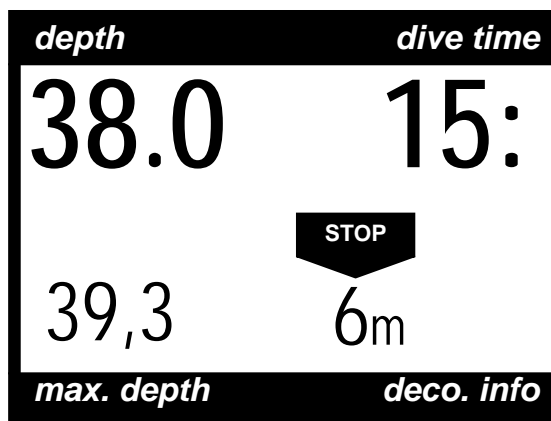


In dit voorbeeld is de eerst vereiste trapdiepte eveneens 6 meter.

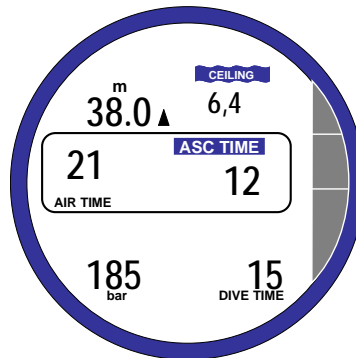
Als we op het symbool  drukken dan worden de andere decompressieverplichtingen getoond. Het is duidelijk dat er wel degelijk verschillen zijn in de functionaliteiten van diverse duikcomputers. Het is even duidelijk dat daar allicht ook een verschillend prijskaartje aan vast zal hangen. Bovendien – en dit is een groot nadeel van duikcomputers – zijn de interfaces en de bediening van duikcomputers zo verschillend dat het onmogelijk is om elke duikcomputer grondig te kennen. Het is dus erg belangrijk om vooraf (tijdens de briefing) te informeren naar de werking van de duikcomputer van je buddy en de informatie die getoond zal worden op het display van de computer van je buddy.

### 2.1.9. Traptijd uitgedrukt in minuten (min)

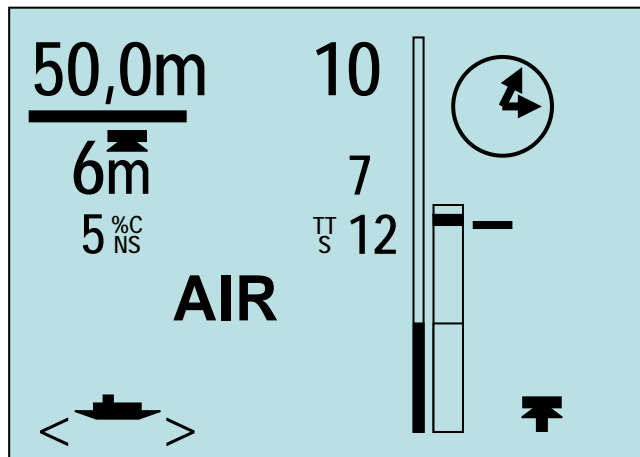
De 'traptijd' is de tijd die de duiker op een bepaalde trapdiepte moet doorbrengen alvorens hij mag opstijgen naar een volgende trap (of naar de oppervlakte).



Deze duikcomputer toont geen traptijd. Duikplanning wordt dus bijzonder belangrijk zodat de duikers zich niet laten verrassen.



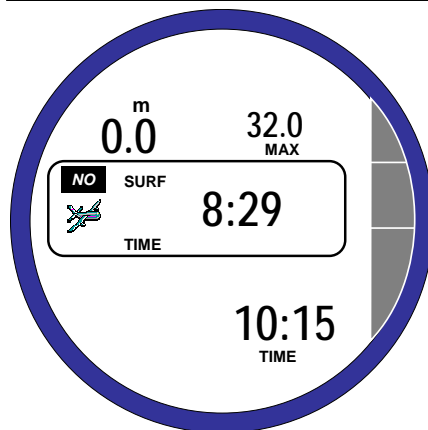
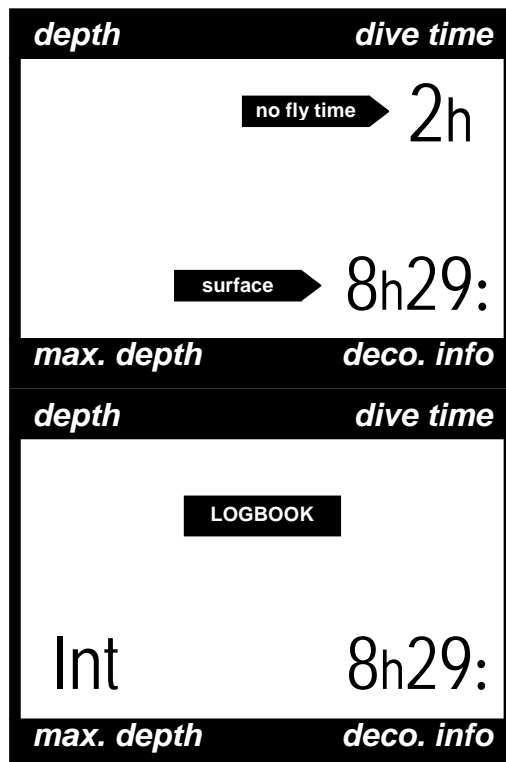
Deze duikcomputer geeft aan dat de totale stijgtijd 12 minuten bedraagt. Hieruit kunnen we afleiden dat de traptijd 5 minuten bedraagt. (+ 4 minuten stijgtijd + 3 minuten extra veiligheidstrap geeft een totale stijgtijd van 12 minuten).



Deze duikcomputer geeft aan dat de traptijd 7 minuten bedraagt. Bovendien kunnen eventuele andere decompressieverplichtingen gemakkelijk opgevraagd worden. Ook de totale tijd die nodig is om de oppervlakte te bereiken wordt hier aangegeven.

### 2.1.10. Tussentijd – uitgedrukt in uren en minuten (h:min)

De 'tussentijd' is de tijd tussen het bovenkomen na een duik en het onder water gaan bij het begin van de volgende.



- Als we na de duik de duikcomputer raadplegen en we zijn nog niet volledig gedesatureerd volgens de computer dan wordt de tussentijd steeds getoond.
- Verder merken we dat de tussentijd een typische functie is van het logboek.
- We hebben hier een tussentijd van 8 uur en 29 minuten.

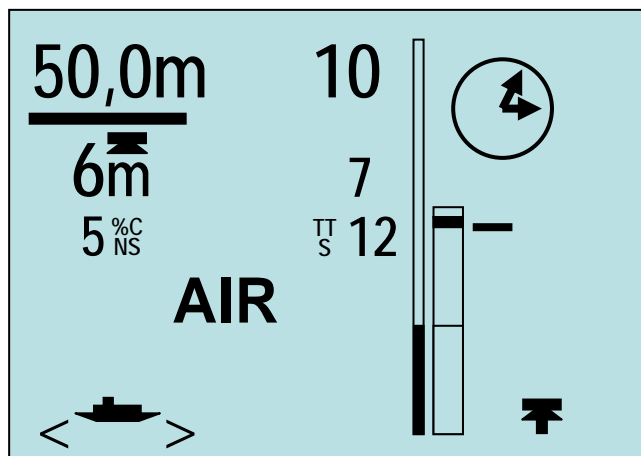
### 2.1.11. Stijgsnelheid – uitgedrukt in meter per minuut (m/min)

De 'stijgsnelheid' is de door het decompressiemiddel opgelegde ideale stijgsnelheid. Meestal bedraagt de stijgsnelheid 10 m/min maar lees voor alle zekerheid grondig uw handleiding er op na.

Als de stijgsnelheid overschreden wordt, zal de computer dit aangeven met een auditief en/of visueel signaal. De duiker moet hierop reageren, binnen de door de fabrikant opgelegde grenzen wil hij vermijden dat de duikcomputer in de foutmodus terecht komt. Bovendien zegt het

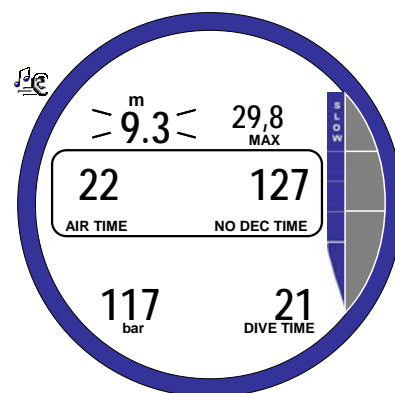
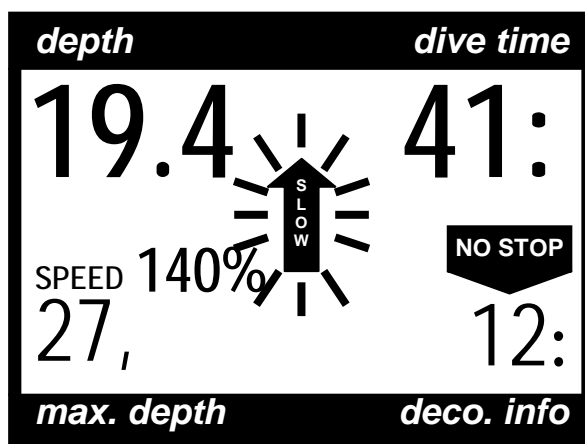
Veiligheidsreglement dat de duiker zijn computer nooit vrijwillig in de foutmodus mag brengen. Als dit toch gebeurt moet de duiker overschakelen naar het back-updecompressiemiddel.

Als de fout tijdig opgemerkt wordt, volstaat het om op de ondertussen bereikte diepte te wachten totdat het alarmsignaal verdwenen is (het 'allow the watches to catch up'-principe). Daarna kan de duiker de opstijging verder zetten aan de voorgeschreven stijgsnelheid.



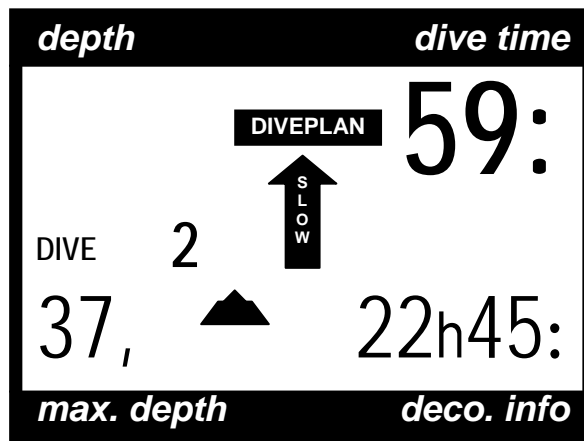
In dit voorbeeld geeft de hoge verticale balk een indicatie van de stijgsnelheid. Als deze balk half gevuld is stijgen we aan 10 m/min. Momenteel schatten we in dat we stijgen aan 5 m/min.

We mogen de maximum stijgsnelheid (10 m/min) niet of slechts zeer kortstondig overschrijden. Doen we dit toch dan kunnen de volgende typische schermen te voorschijn komen.



De stijgsnelheid is veel te hoog (140%) en moet dringend onder controle genomen worden.

In het volgende scherm verzoekt de duikcomputer om trager te stijgen. Het is nog geen overdreven stijgsnelheid en het te snel stijgen kan nog onder controle genomen worden (de duikcomputer komt (nog) niet in de foutmodus). Merk ook op dat dit een bergmeerduik is.



### 2.1.12. No-Fly-Time (hh:min) of Niet VliegTijd (NVT)

‘De no-fly-time’ geeft aan hoe lang de duiker moet wachten alvorens hij een vliegtuig mag nemen. De duikcomputer veronderstelt dat de duiker eventueel een vliegtuig zal nemen met drukcabine. Sommige duikcomputers geven echter een gevaarlijke lage Niet-VliegTijd op. Het mag duidelijk zijn dat de complicaties enorm kunnen zijn indien de duiker tijdens zijn terugvlucht merkt dat hij verschijnselen van de decompressieziekte begint te vertonen.



Daarom schrijft NELOS het volgende voor met betrekking tot de Niet-VliegTijd (NVT).

Vóór de duik moet de NVT bepaald worden en duidelijk aan bod komen in de briefing. (Het is inderdaad problematisch indien je na de duik vaststelt dat je een te lange NVT hebt waardoor je het vliegtuig dat je geboekt hebt niet kunt nemen).

- Indien de vorige duik(en) minder diep waren dan 60 m én indien je een vliegtuig neemt met drukcabine, dan moet er een NVT van minstens 12 uur gerespecteerd worden.
- Indien de vorige duik(en) dieper waren dan 60 m of indien je een vliegtuig neemt zonder drukcabine, dan moet er een NVT van minstens 24 uur gerespecteerd worden.
- Als de duikcomputer een strengere NVT opgeeft dan bepaald in de 2 hogere paragrafen, dan geldt de NVT die de duikcomputer opgeeft.
- Dit alles geldt uiteraard ook voor een rit in de bergen.



#### Verklaring

Zoals bekend ontstaat de decompressieziekte doordat de partiële druk van stikstof in het bloed en de weefsels te hoog is in verhouding tot de omgevingsdruk. Dit gebeurt als de persoon, die een bepaalde tijd is blootgesteld aan een zekere druk, plotseling in een omgeving wordt gebracht waar een veel lagere druk heerst.

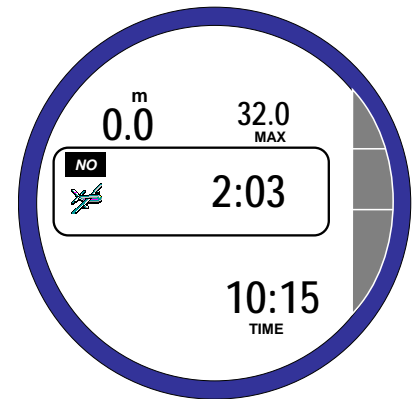
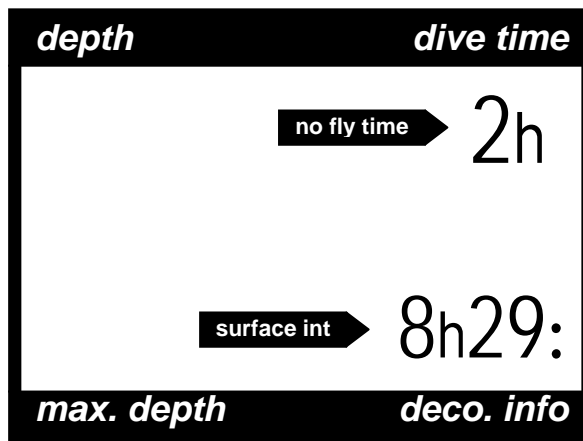
Deze situatie, buiten het te snel opstijgen op het einde van de duik, kan ook voorkomen als iemand na een duik een rit in de bergen gaat maken – of erger nog – in een vliegtuig stapt.

Hoe hoger men komt, des te lager wordt de omgevingsdruk. In vliegtuigen met drukcabine heerst een druk welke lager is dan 1 bar. De druk schommelt tussen 0,8 en 0,6 bar, naargelang de hoogte van de vlucht.

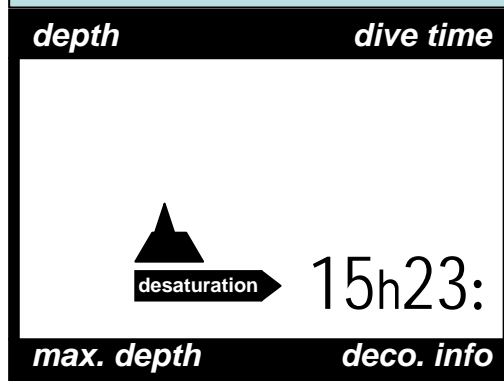
De hoeveelheid stikstof die na de duik nog te veel in het bloed aanwezig is, kan in dergelijke situatie een decompressieongeval doen ontstaan.

Veel duidelijker geldt dit voor iemand die de ziekte reeds heeft opgelopen. De aandoening verergert tijdens de vlucht. Reddingshelikopters vliegen dan ook zo laag mogelijk.

De ‘no-fly-time’ wordt na de duik op het scherm van de computer weergegeven.



In dit voorbeeld bedraagt de 'no-fly-time' 2 uur. We zijn ondertussen al 8 uur en 29 minuten boven water. Het is voor deze duiker te hopen dat hij niet op dit scherm kijkt terwijl het vliegtuig net de toelating krijgt om op te stijgen... Het zijn dus belangrijke gegevens die we vooraf moeten kennen en die ons in staat stellen om te bepalen of de laatste duik al dan niet kan doorgaan. Het missen van een vliegtuig is immers geen attractieve optie. Daarom is ook hier weer een goede duikplanning essentieel.



In dit voorbeeld wordt niet alleen de niet-vliegtijd opgegeven (11:40 uur) maar eveneens de totale desaturatietijd (14:57 uur).

### 2.1.13. Desaturatietijd – uitgedrukt in uren en minuten (h:min)

Nadat de duiker aan de oppervlakte gekomen is zal, hij nog gedurende vele uren verder ontgassen (decompresseren). Vroeger werd algemeen aangenomen dat voor duiken die beperkt zijn tot 57 meter, de duiker na 12 uur volledig gedesatureerd is. Voor duiken dieper dan 57 meter werd toen aangenomen dat dit 24 uur is. Tegenwoordig zal het algoritme van de duikcomputer bepalen hoe

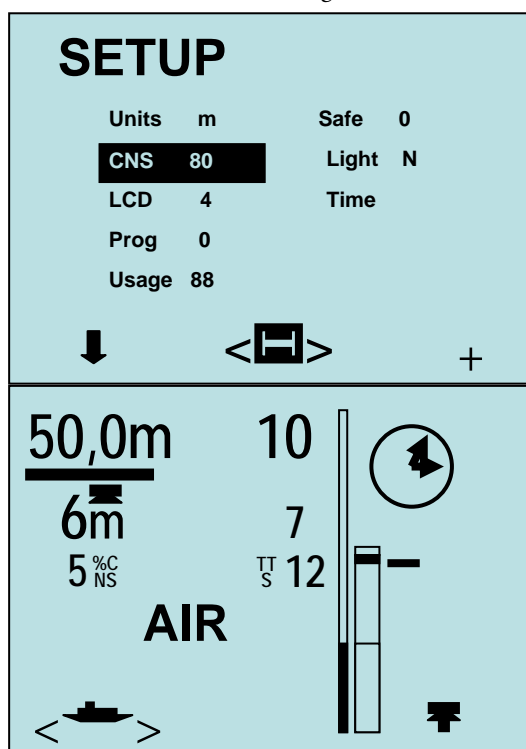
lang het duurt alvorens de duiker volledig gedesatureerd is. Dit is heel dikwijls veel langer dan 12 uur; vooral na vele dagen intensief duiken. 'De tijd die nodig is om volledig te desatureren noemen we 'de desaturatietijd'.

Voorbeeld: zie hoger.

#### 2.1.14. CZS (CNS) en OTU's

Deze begrippen horen eerder thuis in het technisch duiken (duiken met andere mengsels zoals bijvoorbeeld nitrox). De luchtduiker hoeft hier geen rekening mee te houden. Toch komen deze begrippen heel dikwijls ter sprake bij het aankopen van een duikcomputer en worden ze zelfs heel dikwijls getoond op een moderne duikcomputer. We zullen ze bondig verklaren en verwijzen voor meer uitleg naar de specifieke cursussen die NELOS hiervoor op regelmatige basis inricht (zie agenda Sectie Technisch Duiken).

'CZS' staat voor 'Centraal Zenuwstelsel Syndroom'. Als we langdurig een gas ademen aan een verhoogde partiële zuurstofdruk dan kunnen er zuurstofvergiftigingen optreden. Het is duidelijk dat dit vooral van toepassing is bij nitroxduiken of bij extreem diepe duiken met lucht of technische mengsels. Eén vorm van vergiftiging doet zich voor in het centrale zenuwstelsel. De zuurstofbelasting wordt uitgedrukt in % waarbij 100% staat voor een reële kans op acute vergiftigingsverschijnselen (stuipen en dergelijke). De zuurstofbelasting mag nooit hoger zijn dan 100% en de NELOS-duiker mag de 80% niet overschrijden.



Het bereiken van deze alarmgrens is gebaseerd op berekening van de NOAA-zuurstoflimieten. De opgebouwde CZS-niveaus zullen in veel gevallen pas verminderen indien de partiële zuurstofdruk van het ingeademde gas lager wordt dan 0,5 bar. Indien men aan de oppervlakte lucht ademt, zal alle 90 minuten de CZS-klok met 50% dalen.

In geval men onder water overschakelt op lucht (prefererbaar) of op een ander gas en indien men deze gaswissel ook doorvoert in de computer (alleen mogelijk bij sommige modellen), zal de computer met alle belangrijke omstandigheden zoals partiële zuurstofdruk en verdere decompressie

rekening houden.

'CNS' is de Engelse term voor 'CZS' en staat bijgevolg voor 'Central Nervous Syndrome'.

'OTU' staat voor 'Oxygen Tolerance Unit'. Om zuurstofvergiftiging van de longen te vermijden, mogen we een bepaald aantal zuurstofeenheden die we opdoen tijdens zulke duiken, niet overschrijden. 1 OTU stemt overeen met het ademen van normobare zuurstof (zuivere zuurstof bij een omgevingsdruk van 1 bar) gedurende 1 minuut. De NOAA heeft de limieten vastgelegd van de dagelijkse dosis (aantal OTU's) die men mag oplopen zonder dat ziektesymptomen optreden. NELOS stelt dat we een maximaal aantal van 300 OTU's per 24 uur mogen opdoen.

Sommige computers drukken de zuurstofbelasting van de longen uit in %, waarbij 0% de belasting is bij het ademen van lucht aan omgevingsdruk, 100% is de belasting waarbij ziektesymptomen optreden volgens opgelegde normen. Andere duikcomputers geven de werkelijke waarde van het aantal opgenomen OTU's weer. Lees wederom grondig de handleiding.

Om symptomen van Lorrain-Smith te vertonen moet men extreem lang aan een verhoogde zuurstofbelasting blootgesteld zijn zodat het niet van toepassing is voor het normale sportduiken.

## 2.2. Enkele bijzondere bepalingen

### 2.2.1. Multilevelduik

Met 'multilevelduik' wordt een duik bedoeld waarbij men, na een zeker verblijf op de maximumdiepte, beslist om niet aan de voorgeschreven stijgsnelheid op te stijgen maar om op verschillende diepten enige tijd te verblijven. Dit in tegenstelling met de 'vierkante duik' of de 'square dive' waarbij men de ganse tijd op de maximumdiepte verblijft om dan op een zeker ogenblik te beslissen om op te stijgen aan de voorgeschreven stijgsnelheid (10 m/min).

Als men een multilevelduik uitvoert, volgt men een dynamisch duikplan (zie ook 'Praktisch Duiken'). Het is aangeraden om bij multilevelduiken in het begin van de duik de grootste diepte op te zoeken en de duik al stijgend voort te zetten. Tijdens de opstijgfase terug afdalen is bijgevolg afgeraden.

Als men trager stijgt dan de voorgeschreven stijgsnelheid zal de duikcomputer hier in zijn berekeningen rekening mee houden. Let echter zeer goed op dat de decompressieverplichtingen onder controle blijven (deze nemen immers toe omdat men verder stikstof blijft opnemen of alleszins niet optimaal stikstof zal afgeven) en dat deze binnen de afgesproken limieten blijft.

### 2.2.2. Gemengde decompressie

Het zal vrij frequent voorkomen dat er in een duikploeg gedoken wordt met diverse decompressiemiddelen (decompressiemodellen). De ploeg zal uiteraard decompresseren op een manier waarbij correct rekening gehouden wordt met elk decompressiemiddel uit deze ploeg en dit voor elke fase van de decompressie. Op deze manier decompresseren noemen we 'gemengde decompressie'.

Indien op een bepaald decompressiemiddel op een gegeven ogenblik een bijzondere werkwijze op (bijvoorbeeld het uitvoeren van 'deep stops'), dan moet hier rekening mee gehouden worden. Concreet betekent dit dat de duikleider zich tijdens elke fase van de opstijging vergewist van de decompressieverplichtingen van elk decompressiemiddel in de ploeg.

- We onderscheiden de volgende fasen:
- het opstijgen.
- het eventueel uitvoeren van bijzondere verplichtingen (deep stops, veiligheidstrap, controle op 12 meter,...) .

- de eigenlijke decompressiestops.

Het is duidelijk dat hieraan tijdens de briefing veel aandacht wordt geschonken.

### 2.2.3. Duikincident

Elke duik waarbij er bijzondere maatregelen moeten genomen worden om veilig boven te komen noemt, men een duikincident. Elk duikincident houdt automatisch het stopzetten van de duik in. Opstijgen en eventuele decompressieverplichtingen gebeuren dan volgens de regels (zie veiligheidsreglement decompressietechnieken). Meestal is een successieve duik toegelaten.

### 2.2.4. Duikcomputer in de foutmodus

De NELOS-duiker brengt nooit zijn duikcomputer (indien hij dit gebruikt als primair decompressiemiddel) gewild in de foutmodus.

Indien de duikcomputer in de foutmodus terecht komt, kan deze als dusdanig pas opnieuw gebruikt worden vanaf het ogenblik dat de fout (volgens de computer) terug hersteld is. Indien een duikcomputer ‘crasht’ zullen de gegevens van de duik niet meer aanwezig zijn of in elk geval niet betrouwbaar zijn. Als we deze computer dus opnieuw willen gebruiken betekent dit eigenlijk dat we overstappen naar een nieuw decompressiemiddel (we gaan aan de slag met een decompressiemiddel dat niet op de hoogte is van de voorgaande duik – zeker indien we een ‘reset’ uitvoeren).



Voor het omschakelen van het ene decompressiemodel naar het andere geldt dat indien de vorige duik(en) beperkt bleven tot 60 m, een tussentijd van minstens 12 uur nodig is en indien de vorige duik(en) dieper waren dan 60 m, een tussentijd van minstens 24 uur vereist is. Toch primeert de opgelegde tijd welke door de fabrikant wordt opgegeven indien deze respectievelijk de 12 uren of de 24 uren overschrijdt om de computer uit de foutmodus te krijgen.

### 2.2.5. Jojoduiken

Jojoduiken zijn duiken waarbij na een forse opstijging er opnieuw duidelijk afgedaald wordt en dit herhaaldelijk. Deze manier van duiken wordt volledig afgeraden omdat dit een correcte decompressie in het gedrang kan brengen.

- Voer daarom geen jojoduiken uit. Bovendien reageren de meeste (alle) duikcomputers niet adequaat op dit gedrag. Dit probleem wordt nog eens versterkt in geval van herhalingsduiken. Elke referentie voor het uitvoeren van een correcte decompressie gaat dus verloren.

### 2.2.6. Deep stops

Trappen op een veel grotere diepte dan normaal. De deep stops beperken de oververzadiging in de snelle weefsels om de microbellen in een zeer vroeg stadium reeds te elimineren zodat de longfilter zeer efficiënt blijft werken.

Moderne computers kunnen zodanig ingesteld worden dat ze deep stops kunnen tonen.

Deep stops zijn (nog) niet algemeen opgenomen in de algoritmes van alle moderne duikcomputers.

De duur van de deep stop bedraagt gewoonlijk één à twee minuten.

Indien de duikcomputer zo wordt ingesteld dat hij, indien nodig, deep stops op het display doet verschijnen, dan worden deze stops gewoon uitgevoerd volgens de aanwijzingen van het algoritme. Het is wel belangrijk dat, indien de duikcomputer deep stops kan genereren, dit aan de duikploeg wordt medegedeeld tijdens de briefing.

Indien de duikcomputer geen optie heeft om deep stops te kunnen genereren, kan de duiker overwegen om zelf deep stops in te voeren. NELOS raadt aan om deep stops uit te voeren volgens de methode van Pyle (zie verder).

### 2.2.7. De verliesprocedure

Als een duiker (of enkele duikers) de groep kwijtraakt (kwijtraken), volgen zowel de verloren duiker(s) als de duikleider dezelfde standaardprocedure:



#### Op de bodem

- Enkele meter s stijgen en zich om zijn lengteas 360° draaien en tegelijkertijd goed rondkijken (ook boven en onder zich kijken).
- Dit mag niet langer dan 30 seconden in beslag nemen.
- Bij een negatief resultaat stijgt men op aan de voorgeschreven stijgsnelheid.



#### Duik binnen de veiligheidscurve

- Opstijgen tot aan de oppervlakte volgens de standaardprocedure.
- Oppervlakteveiligheid verwittigen.
- Deelnemen aan de zoekactie.
- De omstandigheden (o.a. gebaseerd op de aanduidingen van alle instrumenten) bepalen of de duik al dan niet kan voortgezet worden.



#### Duik buiten de veiligheidscurve (decompressieduiken) – mogelijkheid 1

- Opstijgen volgens de standaardprocedure tot op een diepte van 12 m.
- De duikleider stijgt tot aan de oppervlakte. De rest van de ploeg blijft op trapdiepte of stijgt, zulks volgens de specifieke instructie van de duikleider (naargelang de omstandigheden, stroming, zichtbaarheid, ervaring mededuikers, trappenprofiel, enz.).
- De duikleider verwittigt de oppervlakteveiligheid of start zelf een zoekactie indien de oppervlakteveiligheid niet kan verwittigd worden.
- De rest van de ploeg laat onmiddellijk een OSB op en maakt de nodige trappen onder leiding van de hekkensluiter. De ploeg tracht in de buurt van de duikleider te blijven.
- Indien mogelijk voert de duikleider met behulp van zijn primair of back-updecompressiemiddel de noodzakelijke trappen uit.

In geval de duiker terug afdaalt en zijn computer geeft nog weer hoe er verder moet gedecomprimeerd worden, dan moet hij de aanwijzingen van zijn computer opvolgen. Dit zijn dan de noodzakelijke trappen volgens zijn computer en het bijbehorende computermodel (lees goed in de handleiding de beperkingen na).

Het is de verantwoordelijkheid van de duiker om deze aanwijzingen al dan niet aan te passen (te verzwaren). In dat geval is het strikt noodzakelijk dat zulke mogelijke aanpassingen op voorhand in de briefing worden doorgesproken.

Stel dat er een back-upstelsel was, al dan niet verzwaard naar eigen goeddunken, dan is vervolgens (na het uitvoeren van dit noodscenario) observatie aan de oppervlakte gedurende minstens 1 uur noodzakelijk. Bij de minste symptomen moet er nog naar de dichtstbijzijnde decompressiefaciliteit gegaan worden.

- Indien het niet mogelijk is voor de duikleider om terug te vallen op zijn primair of back-updecompressiemiddel, dan begeeft hij zich naar de dichtstbijzijnde decompressiekamer (indien mogelijk samen met de verloren buddy).



#### Duik buiten de veiligheidscurve (decompressieduiken) – mogelijkheid 2

- Opstijgen volgens de standaardprocedure tot op een diepte van 12 m.
- De duikleider stijgt niet door tot aan de oppervlakte maar blijft bij de rest van de ploeg.
- De duikleider duidt onmiddellijk iemand aan of laat zelf een OSB op.
- De nodige trappen worden uitgevoerd onder leiding van de duikleider.
- Deze tweede optie wordt uiteraard op voorhand duidelijk in de briefing gecommuniceerd.

### 2.2.8. Trappen maken in zware zee of bij zware deining

Indien men vermoedt de duik te moeten beëindigen in zware zee of deining, dan moet men binnen de veiligheidscurve duiken. Wanneer er door omstandigheden toch trappen dienen uitgevoerd te worden (bijv. doordat de duikcomputer toch onverwacht trappen aangeeft of wanneer er zich een storm ontwikkelt tijdens de duik) moet de volgende procedure gevolgd worden:



Men maakt de voorziene trappen tot 6 meter inbegrepen op de normale manier en diepte. Daarna is het aangeraden om bij zware zee de trappen op 5 meter of dieper uit te voeren. Dit zal als gevolg hebben dat de computer de trappen trager zal aftellen. Successieve duiken zijn toegelaten.

### 2.2.9. Duiken met krachtinspanning

Duiken met krachtinspanning wordt afgeraden. Indien men op voorhand verwacht dat er krachtinspanningen geleverd gaan worden (stroming, losmaken van het anker, proeven, enz.) dan raadt NELOS aan om de duikcomputer conservatiever in te stellen (indien mogelijk). Verder laat NELOS alternatieve methodes van decompresseren toe (dit is de verantwoordelijkheid van de duikers) maar spreekt zich geenszins uit over het heilzaam karakter ervan. In elk geval wordt, indien er een alternatieve decompressiemethode gevolgd wordt, de computer nooit in de foutmodus gebracht: hetgeen het display toont wordt absoluut uitgevoerd. Bovendien wordt elke alternatieve werkwijze zeer duidelijk op voorhand gebriefd. Men bedenkt dus nooit onder water een ander decompressieplan voor de duikgroep.

Als men buiten adem is geweest ('essoufflement') dan zou men eveneens best een zwaardere decompressie uitvoeren maar meestal kan men dit onder water niet meer aanpassen. Opnieuw is het aan de wijsheid van de duikleider om eventuele aanpassingen te doen in de decompressie, die uiteraard op voorhand gebriefd worden.

### 2.2.10. Duiken bij koude

Duiken met zeer lage watertemperatuur of met grote watertemperatuurschommelingen mogen uitgevoerd worden maar deze duiken gebeuren binnen de nultijd. Indien de computer dit aankan mag een conservatievere nultijd ingesteld worden of mag de duikcomputer in een conservatievere stand geplaatst worden (aangeraden).



Een successieve duik bij koude is toegelaten indien de duiker terug opgewarmd is en indien de successieve duik een duikduur heeft van maximaal 30 minuten.

Sommige fabrikanten beweren dat hun duikcomputers rekening houden met de actuele watertemperatuur bij het bepalen van de decompressieverplichtingen.

### 2.2.11. 'Blow-up' en onderbreking der trappen

#### 2.2.11.1. Definities

'BLOW-UP'

Indien een duiker sneller opstijgt dan de door de duikcomputer voorgeschreven stijgsnelheid (meestal 10 m/min) en indien hij daarbij de oppervlakte doorbreekt, dan is er sprake van een

'blow-up'. Hierbij zijn er twee mogelijkheden: het was een duik binnen de multijd of het was een duik met decompressieverplichtingen.

#### ONDERBREKING DER TRAPPEN

Indien een duiker een trap afbreekt en vervolgens naar de oppervlakte stijgt, dan is er sprake van 'het doorbreken der trappen'.

#### DUIKINCIDENT

Zowel een 'blow-up' als een onderbreking der trappen zijn duikincidenten. Elk duikincident houdt automatisch het stopzetten van de duik in. Opstijging en eventuele decompressieverplichtingen gebeuren dan volgens de regels (zie veiligheidsreglement decompressietechnieken).

In deze beide situaties is een successieve duik verboden.

#### 2.2.11.2. Maatregelen

Hierna volgen enkele maatregelen die men kan nemen om een poging te doen deze hoger genoemde zware fouten te herstellen. Er moet echter wel voldaan worden aan bepaalde voorwaarden.



#### VOORWAARDEN

- Men plaatst zich nooit moedwillig in deze omstandigheden.
- Er mogen geen symptomen van een deco-ongeval zijn.
- Bij het uitvoeren van deze maatregelen moet de duiker begeleid zijn.
- Deze maatregelen worden uitgevoerd onder haalbare omstandigheden (geen koudeprobleem, geen te sterke stroming, geen risico op luchtgebrek, enz. ...)
- Er wordt zeer langzaam naar de volgende trap of naar de oppervlakte gestegen.
- Na het uitvoeren van deze maatregelen mag er geen successieve duik meer uitgevoerd worden. De duiker moet wachten totdat zijn duikcomputer opnieuw helemaal 'vrij' is (of uit de foutmodus gekomen is).
- Na het uitvoeren van deze maatregelen wordt de duiker nog minstens 1 uur in het oog gehouden om te zien of er toch geen symptomen optreden.



#### MOGELIJKHEDEN

Indien de duiker(s) in een uitzonderingssituatie ('blow-up' of onderbreking der trappen) gedwongen worden, dan hebben ze de volgende opties:

- Het primair decompressiemiddel reageert nog voldoende adequaat om een relevante decompressie uit te voeren. De duiker voert strikt de aanwijzingen van dit primair decompressiemiddel uit. Lees hier heel goed de handleiding op na, omdat het best kan zijn dat de computer bepaalde aspecten niet correct zal oplossen. Het is zelfs aan te raden om, indien dit mogelijk is, de laatste trappen te verlengen.
- Het primair decompressiemiddel reageert nog voldoende adequaat om een relevante decompressie uit te voeren. De duiker zal op een op voorhand duidelijk gebriefte manier een (zelf gekozen) nooddecompressieplan uitvoeren waarbij de aanduidingen van het display altijd minimaal uitgevoerd worden.
- Het primair decompressiemiddel kan de toestand niet aan (faalt). Er moet overgestapt worden op het back-updecompressiemiddel. De regels of aanwijzingen van het back-updecompressiemiddel worden strikt uitgevoerd. Ook dit wordt op voorhand besproken in de briefing.

- Het back-updecompressiemiddel geeft een niet realistisch uitvoeren van de uitzonderingsregels weer. De duiker daalt af naar 5 meter (indien voldaan wordt aan de eerder gestelde voorwaarden) en maakt daar verder zijn flessen leeg. Vervolgens verlaat hij het water en begeeft zich naar de dichtstbijzijnde decompressiefaciliteit voor een check-up. Bedenk wel dat dit een erg speculatieve werkwijze is en volledig onder de verantwoordelijkheid van de duiker(s) zal geschieden. Garanties kunnen er bij zulke overtredingen nooit gegeven worden.
- Indien er niet kan overgeschakeld worden op het back-updecompressiemiddel of indien een natte wederonderdompeling om diverse redenen niet mogelijk is, dient onverwijld naar de dichtstbijzijnde meerplaatsherdrukingsfaciliteit gegaan te worden terwijl men zoveel mogelijk water drinkt (minimum 1 liter) en terwijl men zuurstof inneemt.



Indien men gebruik maakt van de duikcomputer als primair decompressiemiddel en men niet kan overstappen naar een adequaat back-updecompressiemiddel EN de duikcomputer in 'error' of in 'SOS' is komen te staan, moet de duikploeg zo snel mogelijk evacueren naar de dichtstbijzijnde meerplaatsdecompressiefaciliteit. Natte wederonderdompeling behoort dan niet meer tot de mogelijkheden. Het is vanzelfsprekend dat indien men decompressieduiken uitvoert waarbij er niet kan overgeschakeld worden naar een adequaat back-updecompressiemiddel in geval van 'blow-up' of onderbreking der trappen, men zich in ontoelaatbare problemen plaatst indien de decompressiefaciliteit zich te ver weg bevindt (meer dan een uur). Het is aan de duikleider en aan de leden van zijn ploeg om dit risico correct in te schatten (ervaring van de duikers, profiel van de duiken, enz.)

#### OPMERKINGEN

- Men spreekt van een 'blow-up' of een onderbreking der trappen indien de duiker het wateroppervlak doorbroken heeft tijdens deze 'blow-up' of tijdens deze onderbreking der trappen. Alle andere fouten zoals te snel gestegen gedurende een korte periode of het doorstijgen naar een verkeerde trap horen hier dus duidelijk niet bij maar, deze fouten moeten zo snel mogelijk en zeker alvorens de duikcomputer in 'error' gaat, hersteld worden. Indien dit niet tijdig lukt moet, overgeschakeld worden naar het back-updecompressiemiddel.
- De kans is bijzonder groot dat indien het primaire middel een duikcomputer is en deze in 'error' gaat als gevolg van 'blow-up' of traponderbreking, het tweede decompressiemiddel eveneens in 'error' gaat indien dit eveneens een duikcomputer is.
- De verantwoordelijkheid ligt duidelijk bij de duiker zelf, niet bij de duikfederatie NELOS. Er zijn tegenwoordig zo veel verschillende soorten duikcomputers en er is zo veel ander duikmateriaal op de markt, dat het onmogelijk is om hier allemaal sluitende regels voor op te stellen - laat staan dat door het gebruik ervan het NELOS-Duikonderricht enige verantwoordelijkheid kan in de schoenen geschoven worden.

### 2.3. Duiken met andere mengsels dan lucht



Mengelduiken is geen onderdeel van de leerstof, maar hoort bij specifieke opleidingen technisch duiken, deze paragraaf is dus informatief.

In de professionele en militaire duikwereld is men al veel verder gegaan dan de beperkingen die lucht als ademgas opleggen. Dit kan gaan van langer onder water verblijven zonder meer decompressiestops uit te moeten voeren of veel dieper te duiken.

De oplossing daartoe is het gebruiken van andere ademmengsels. Ook in het sportduiken nemen deze toepassingen een vlucht. Vanzelfsprekend is een gedegen opleiding noodzakelijk, gezien de bijzondere gevaren die eraan verbonden zijn.

NELOS verzorgt via haar Sectie Technisch Duiken (STD) CMAS-opleidingen Basis-Nitrox-Duiker en Gevorderde-Nitrox-Duiker. Ook de titel van Gevorderde-Nitrox-Instructeur kan via onze federatie behaald worden.

### 2.3.1. Nitrox

Nitrox is net zoals lucht ook een mengsel van stikstof ('nitrogen') en zuurstof ('oxygen'), maar er is meer zuurstof en minder stikstof in het ademmengsel dan in gewone lucht. Bijvoorbeeld: nitrox36 bestaat uit 36% zuurstof en 64% stikstof.

#### 2.3.1.1. Voordelen

- Men duikt met nitrox36 naar een diepte van 30 meter.
- Op die diepte ademt men stikstof in aan een partiële stikstofdruk ( $ppN_2$ ) van:  $ppN_2 = 0,64 \times 4 \text{ bar} = 2,56 \text{ bar}$ .
- Op welke diepte (m.a.w. op welke absolute druk) hebben we met lucht dezelfde partiële stikstofdruk?  
 $p_{abs} = 2,56 \text{ bar} / 0,79 = 3,2 \text{ bar}$ . Dit stemt overeen met een diepte van 22 meter.
- Men duikt dus op 30 meter maar het is alsof men op 22 meter duikt. Men kan dus veel langer duiken zonder trappen te maken.
- Als de duikcomputer de mogelijkheid heeft om ook ingesteld te worden om te duiken met nitrox, dan kan men door het bepalen van de nultijden of door het oproepen van een duikplan, vaststellen dat er een enorm verschil bestaat in de decompressieverplichtingen of nultijden indien men gebruik maakt van een rijker mengsel (nitrox) in tegenstelling tot lucht.

#### 2.3.1.2. Nadelen

- Het grote gevaar schuilt in de verhoogde aanwezigheid van zuurstof.
- Een  $ppO_2$  van 1,5 bar wordt als maximale waarde beschouwd. Boven die grens kan zuurstofvergiftiging van het centrale zenuwstelsel ontstaan (effect Paul Bert). Dit leidt meestal tot zeer ernstige ongevallen!
- De normale maximale waarde van  $ppO_2$  bedraagt 1,5 bar.
- Dit betekent dat men serieus in zijn diepte beperkt is.
- Voor nitrox36 is dit:  $p_{abs} = 1,5 \text{ bar} / 0,36 = 4,1 \text{ bar}$  en dit komt overeen met een maximale diepte van 31 meter!

#### 2.3.1.3. Besluit

- Met een nitroxmengsel kan men op een gegeven diepte langer verblijven.
- Men kan een extra veiligheid inbouwen door met nitrox te duiken en te decompresseren met de duikcomputer ingesteld op een armer mengsel (lucht bijvoorbeeld) of door gewoon met een luchtcomputer te duiken.
- Nitrox is totaal ongeschikt om dieper te duiken. Het is dan zelfs levensgevaarlijk. Bij elk nitrox-mengsel hoort een maximaal toegelaten duikdiepte.
- Men kan slechts met nitrox duiken na een grondige opleiding genoten te hebben. De STD verzorgt dergelijke opleidingen.

### 2.3.2. Trimix en heliox

Om dieper te duiken moet men dus het percentage zuurstof verminderen om zuurstofvergiftiging van het centrale zenuwstelsel te vermijden en moet men tevens het percentage stikstof verminderen of de stikstof zelfs volledig verwijderen om stikstofnarcose te vermijden.

De oplossingen zijn TRIMIX (een mengsel van zuurstof, stikstof en helium) of HELIOX (een mengsel van zuurstof en helium).

Door de aanwezigheid van helium gelden dan totaal andere decompressieverplichtingen. Het spreekt voor zich dat hiervoor een zeer doorgedreven opleiding noodzakelijk is. Ook dit soort opleidingen wordt door NELOS verzorgd via de Sectie Technisch Duiken. Bij dit soort duiken wordt ook aangeleerd om met meerdere gassen te duiken en onder water over te stappen naar een geschikter ademgas op het juiste moment om op die manier versneld te kunnen decompresseren.

## 2.4. Bepaling 'enkelvoudige en successieve duik'

Duikcomputers duiden op hun display een welbepaalde waarde aan (in hh:min) welke aangeeft hoe lang het zal duren alvorens de duiker volledig ontgast is. Nadat de duikcomputer weergeeft dat de duiker volledig gedesatureerd is, zal zijn volgende duik opnieuw beschouwd worden als een enkelvoudige duik. Voor duiken die uitgevoerd worden indien de desaturatietijd nog niet verstreken is, geldt dat dit moet beschouwd worden als een herhalingsduik.

### 2.4.1. Definitie nultijdduik

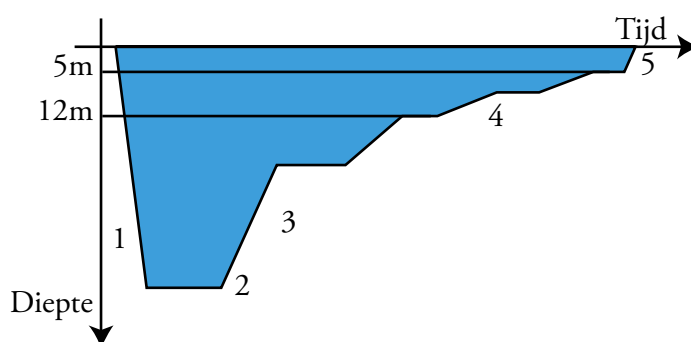
Nultijdduik is een duik waarbij geen trappen moeten gemaakt worden.

Bij gebruik van een decocomputer is dit een duik waarbij tijdens het beëindigen van de duik vanaf een diepte van 12 meter of ondieper geen decostops op het scherm worden weergegeven.

Als NELOS-duiker kunnen we dus opteren om binnen de nultijd te duiken.

Duiken binnen de nultijd zal geschieden volgens de volgende procedure (zie schets).

1. Daalsnelheid is groter dan de stijgsnelheid (een daalsnelheid van 20 m/min wordt aangeraden indien voldoende comfortabel),
2. Laat, eens op diepte aangekomen, minimum 2 minuten over op de nultijd.
3. Stijg aan 10 m/min tot een diepte die een voldoende nultijd oplevert.  
Let erop dat je steeds minimum 2 minuten nultijd over hebt.
4. Duik verder uit naar wens indien je een diepte van 12 meter bereikt hebt.
5. Maak een veiligheidstrap indien de omstandigheden dit toelaten (5 minuten op 5 meter).



### 2.4.2. Definitie decompressieduik

Decompressieduik: is een duik waarbij trappen moeten gemaakt worden.

Bij gebruik van een decocomputer is dit een duik waarbij tijdens het beëindigen van de duik vanaf een diepte van 12 meter of ondieper wel decostops op het scherm worden weergegeven.

### 2.4.3. Successief duiken met een duikcomputer

#### 2.4.3.1. Het successief duiken

Er mogen successieve duiken met de duikcomputer uitgevoerd worden op voorwaarde dat men zeer minutieus de aanwijzingen en de verplichtingen van dit instrument opvolgt. Niet alleen hetgeen op

het scherm verschijnt tijdens de duik moet correct uitgevoerd worden; men moet ook de eventuele beperkingen die in de handleiding vermeld staan zeer goed kennen en eveneens correct toepassen.

Het successief duiken is overal ter wereld van toepassing.

Verder dient er bijzonder veel aandacht besteed te worden aan de volgende raadgevingen

#### 2.4.3.2. Aanbevelingen

- Het is aangeraden tijdens de herhalingsduik naar een minder grote diepte dan tijdens de eerste duik af te dalen.
- Het is aangeraden een dag rust te nemen na 5 dagen van intensief duiken.
- Het is aanbevolen om de tijden tussen de opeenvolgende duiken zo groot mogelijk te houden (aangeraden om minimaal 2 en liever nog minstens 3 uur tussentijd te voorzien).
- Het is aangeraden om de desaturatietijd zo beperkt mogelijk te houden en om deze regelmatig zelfs naar nul te herleiden (bijvoorbeeld door een rustdag in te bouwen).
- Het is aangeraden om niet meer dan één successieve duik per dag uit te voeren indien er decompressieverplichtingen moeten uitgevoerd worden (het maken van trappen). Het is aangeraden om minstens 12 uur te wachten na het uitvoeren van deze successieve duik met trappen of te wachten totdat de duikcomputer geen saturatietijd meer aangeeft.
- Het is aangeraden om slechts één duik per dag uit te voeren indien er een extreem diepe duik wordt uitgevoerd (dieper dan 60 meter).
- Het is aangeraden om, indien de duikcomputer dit aankan, deze in een meer conservatieve stand te plaatsen bij het veelvuldig uitvoeren van successieve duiken gedurende meerdere dagen omdat het successief duiken fysiologische impact heeft op het lichaam waar algoritmes in de duikcomputer niet altijd in voldoende mate rekening mee houden (o.a. efficiëntie van de longfilter, vermoeidheid van de duiker, enz.).

Vergeet immers niet dat het risico op decompressieziekte toeneemt met het aantal successieve duiken en met het aantal dagen dat men na elkaar duikt, ook al respecteert men strikt de aanwijzingen van de decocomputer.



**Het niet opvolgen van bovenstaande aanbevelingen verhoogt het risico op decompressieziekte!**

Men weet dat men na afloop van een gewone duik toch nog niet geheel 'de oude' is. Het lichaam bevat namelijk een grotere hoeveelheid stikstof dan vóór de duik. Deze extra hoeveelheid is echter niet voldoende om een decompressieongeval te veroorzaken. Het bloed en de weefsels kunnen een extra hoeveelheid  $N_2$  vasthouden, zonder dat pathologische belvorming optreedt.

Het uitwassen van deze hoeveelheid stikstof gaat zolang door tot de evenwichtstoestand, behorend bij een verblijf aan de oppervlakte, weer is ingetreden; d.w.z. een partiële stikstofdruk van 0,8 bar. De duur ervan hangt af van de gemaakte duik, maar voor sportduikers is dat ten hoogste 12 uur, tenzij de duikcomputer meer aangeeft.

Gaat men binnen de periode van 12 uur te water voor een successieve duik én de duikcomputer geeft nog een desaturatietijd aan, dan moet men rekening houden met een verhoogde stikstofspiegel in het lichaam. De duik valt onder de zogenaamde herhalings- of successieve duiken.

#### 2.4.4. Reglement Diep Duiken

In feite vormen deze richtlijnen een uitbreiding op het Reglement Diep Duiken.

Men onderscheidt in dit reglement:

- recreatieve duiken: 0 m tot 30 m
- diepe duiken: 31 m tot 60 m

- extreme duiken: dieper dan 60 m

Voor al deze duiken geldt dat het aantal successieve duiken ongelimiteerd is indien men met de duikcomputer duikt.



Denk eraan dat bij diepe en extreem diepe duiken het risico op decompressieziekte toeneemt, ook al worden de decompressieverplichtingen correct uitgevoerd!

Het maken van extreem diepe duiken met adempluicht wordt niet gepropageerd door het Duikonderricht.

### 2.4.5. 'Deep stops' en decompressiestops

De duikleider zal er zich tijdig van vergewissen of er geen 'deep stops' moeten uitgevoerd worden. Dit wordt tijdens de briefing (dus op voorhand) besproken.

Verder zal de duikleider tijdens het beëindigen van de duik er zich op 12 meter diepte van vergewissen of er op dat moment decostops door de gebruikte decocomputers worden weergegeven of niet. Indien dit het geval is, wordt de duik immers beschouwd als een decompressieduik en kan de duikleider de standaard decompressieverplichtingen voor een gemengde decompressie afwerken.

## 3. Werken met de duikcomputer

### 3.1. Primaire en back-updecompressiemiddelen

#### 3.1.1. Soorten decompressiemiddelen.

We onderscheiden de volgende primaire decompressiemiddelen.

- De multijdcomputer.
- De duikcomputer.
- De duikcomputer van de buddy.
- De dieptemeter in combinatie met een uurwerk en een tabel (D-U-T).
- Duikplanning (aan de hand van planningssoftware) in combinatie met een uurwerk en een dieptemeter (D-U-D).



Het is belangrijk om te begrijpen dat elk decompressiemiddel zijn eigen randvoorwaarden heeft om te kunnen gebruiken op een veilige manier. Lees daarom het NELOS-Veiligheidsreglement inzake decompressie grondig na. Lees en begrijp bovendien de handleiding van elk decompressiemiddel dat je wenst te gebruiken en oefen dit decompressiemiddel in onder begeleiding van een instructeur. Vorder geleidelijk om de risico's tot een strikt minimum terug te dringen. Ken ook alle mogelijke regels, beperkingen en noodprocedures van elk decompressiemiddel dat je aanwendt en zorg ervoor dat je ze kunt toepassen indien nodig.

In het Veiligheidsreglement (regel III) staat een tabel met hierin opgenomen de hoger genoemde primaire decompressiemiddelen.

Daar wordt eveneens aangegeven onder welke omstandigheden je welk back-updecompressiemiddel mag aanwenden. In elke duikploeg moet volgens dit reglement een adequaat en compatibel back-updecompressiemiddel aanwezig zijn. Het is evident dat het door de duikploeg geselecteerde back-updecompressiemiddel tijdens de briefing aan bod moet komen.

		Back-up					
		Decocomputer	Nultijdcomputer	Decocomputer buddy	D-U-T	D-U-D	Bail-out planning
Primair	Decocomputer	■	■	■	■	■	■
	Nultijdcomputer	■	■	■	■	■	■
	Decocomputer buddy	■	■	■	■	■	■
	D-U-T	■	■	■	■	■	■
	D-U-D	■	■	■	■	■	■

1. Slechts toegelaten tijdens niet-decompressieduiken.
2. Toegelaten wanneer de duiker een kandidaat 1\*D of 1\*D is en de instructeur op computer duikt en tijdens niet-decompressieduiken.

■ Niet van toepassing

■ Toegelaten

■ Niet toegelaten

D-U-T staat voor Dieptemeter, Uurwerk, Tabel

D-U-D staat voor Dieptemeter, Uurwerk, Decoplan

Terwijl het gebruik van een back-updecompressiemiddel in de praktijk heel dikwijls neerkomt op het overstappen op een tweede computer van de duikgroep, is de bail-outplanning (ook een back-upmiddel) er eentje waarvan kan gezegd worden dat dit voor de vooropgestelde duik steeds zal functioneren op voorwaarde dat we de bail-outplanning niet verliezen en we niet buiten de limieten van deze bail-outplanning terecht komen (diepte en tijd).

De bail-outplanning kunnen we bijvoorbeeld maken met behulp van onze duikcomputer. Indien we bijvoorbeeld een duik plannen van 30 minuten op 30 meter simuleren we op onze duikcomputer een gelijkaardige duik (qua profiel) maar naar bijvoorbeeld 33 meter en met een duiktijd van 35 minuten. We noteren de trappen die we voor deze fictieve duik zouden moeten maken en nemen deze mee onder water. Dit is onze bail-outplanning.

Iedereen begrijpt dat het niet de bedoeling is om onder normale omstandigheden het 'back-upmiddel' te gebruiken. Het is dus een preventieve veiligheidsmaatregel (een noodoplossing). Het is ongeveer zoals met een EHBO-kit. We hebben dat wel bij maar we hopen dat we ons niet vol met pleisters moeten plakken. Nog minder zullen we ons moedwillig in de vingers snijden om dan te redeneren dat dit geen kwaad kan omdat we toch een EHBO-kit bij hebben.



Moeten we het back-updecompressiemiddel toch aanwenden dan zijn hier consequenties aan verbonden. Het gebruik van een back-upsysteem impliceert 1 uur observatie en duikverbod totdat de duikcomputer (of het alternatief) terug vrij is (zonder resterende saturatietijd).

### 3.1.2. Niet compatibel

De duiker moet er zich bewust van zijn dat bepaalde decompressietechnieken **niet compatibel** zijn met elkaar.

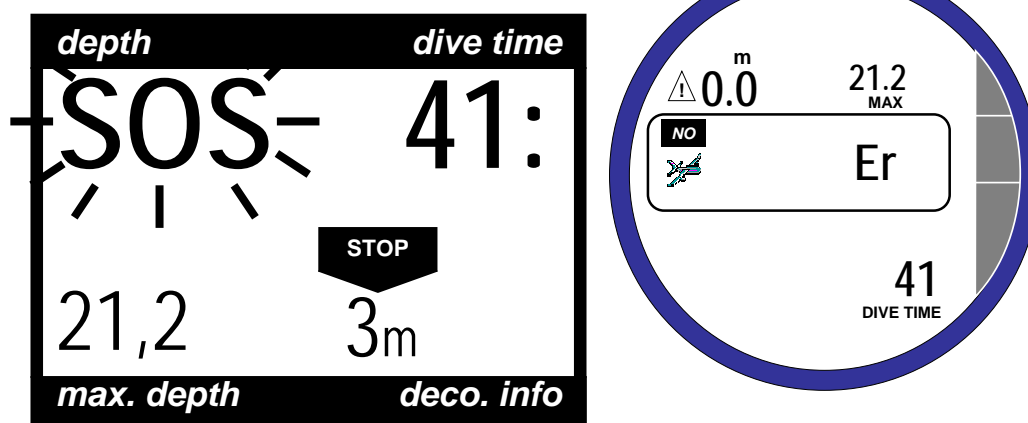
Stel dat de duiker een duikplanning opstelt met behulp van planningssoftware en hij wenst deze planning te gebruiken als primair decompressiemiddel in combinatie met een uurwerk en een dieptemeter, dan kan het zijn dat de duikcomputer die hij wenste te gebruiken als back-updecompressiemiddel, op bepaalde dieptes andere stops vereist zodat de computer in de foutmodus terecht komt en bijgevolg onbruikbaar kan worden als decompressiemiddel (niet alle duikcomputers blijven verder rekenen als ze in de foutmodus gebracht worden). Dit zou kunnen voorkomen indien het algoritme dat in de duikcomputer gebruikt wordt, flink afwijkt van hetgeen de planningssoftware voorstelt te doen.

Vanaf het moment dat de duikcomputer in de foutmodus komt, kan deze niet meer gebruikt worden als betrouwbaar decompressiemiddel. In deze situatie is de duikcomputer als back-upmiddel niet compatibel. De computer is met andere woorden als back-upmiddel niet in overeenstemming te brengen met de duikplanning die opgesteld werd aan de hand van planningssoftware.

### 3.1.3. Niet adequaat

Soms kan de duiktabel als back-upmiddel **niet adequaat** genoemd worden. Inderdaad moet je maar eens dynamische duiken plannen. Het is dan typisch dat de duiktijd (volgens de definitie van de duiktabel) bijzonder groot wordt in combinatie met een grote duikdiepte (volgens de definitie van de duiktabel). Daardoor is het niet onwaarschijnlijk dat de waarden in de duiktabel niet meer af te lezen zijn. De duiktabel is dan niet adequaat of niet geschikt te noemen.

### 3.1.4. Computer in de fout



Als we dit scherm zien, dan weten we dat de duikcomputer in de foutmodus gebracht werd ('SOS'). We zien op het scherm dat de maximum diepte 21,2 meter was en de duiktijd 41 minuten. We merken eveneens dat we decompressieverplichtingen hadden op 3 meter maar dat we die genegeerd hebben.

## 3.2. Veel voorkomende combinaties van primaire en back-updecompressiemiddelen

Het is belangrijk om in te zien wat de mogelijkheden en vooral de onmogelijkheden zijn van een back-updecompressiemiddel. Anders gezegd: er moet verklaard worden wat er moet verstaan worden onder 'veilig, adequaat en compatibel'. We bespreken de meest voorkomende situaties en plaatsen er telkens de nodige bedenkingen bij.

### 3.2.1. Primair: Decoduikcomputer Back-up: Decoduikcomputer buddy of tweede decoduikcomputer



Dit is allicht de meest voorkomende combinatie en volstrekt toelaatbaar.

#### Bedenkingen

- De kans is erg groot dat er aan gemengde decompressie moet gedaan worden. Inderdaad is de kans reëel dat er niet met dezelfde duikcomputers wordt gedoken in de ploeg, of niet met dezelfde instellingen of niet met dezelfde algoritmes. Bij gemengde decompressie moet in elke decompressiefase de strengste computer als leidinggevende computer gerespecteerd worden.
- Indien we als back-updecompressiemiddel niet een primaire duikcomputer nemen uit de ploeg maar een daarvoor speciaal meegenomen duikcomputer dan moeten we deze computer ook mee in rekening brengen bij het 'gemengd decompresseren'. Dit vergt de nodige aandacht tijdens de briefing en tijdens het duiken.
- Als we onverhoopt moeten overstappen op het back-updecompressiemiddel, bedenk dan dat de aanleiding om hiernaar over te stappen evengoed het back-upmiddel om zeep kan geholpen hebben.

**Voorbeeld 1:** De primaire duikcomputer valt uit (batterij leeg of verlies of...). Dan zal de back-upduikcomputer een prima back-upmiddel zijn.

**Voorbeeld 2:** We zijn te snel gestegen of hebben trappen niet uitgevoerd. Allicht zal daardoor de back-upduikcomputer ook in de problemen komen. Als we geen correct functionerende back-up meer hebben is een nooddecompressie het enige wat ons nog rest.

- Een supplementaire bottom timer en / of een OSB met een touwtje waar een visuele of gevoelsmatige herkenning op 12 meter en op 5 meter (dit is minimaal) werd op aangebracht is sterk aan te raden. Inderdaad; als de computer(s) uitvallen is het leuk om enig idee te hebben van tijd en diepte.
- Buiten de keuze van de duikcomputer van je buddy als back-updecompressiemiddel kan men overwegen een supplementair back-updecompressiemiddel mee te nemen om te vermijden dat, indien zowel het primair als het back-updecompressiemiddel faalt we moeten terugvallen op de nooddecompressie (hetgeen per slot van rekening een 'beste gok' kan genoemd worden. Het is een prima idee om op voorhand voor de specifieke duik een bail-outplanning op te maken. Een bail-outplanning kan opgemaakt worden met duikplanningssoftware op een standaard computer (laptop of werkstation) of met een planningstool op de duikcomputer. Het is de bedoeling dat de bail-outplanning steeds gemaakt wordt voor een duik die dieper is en langer duurt dan de uit te voeren duik. De decompressieverplichtingen van de bail-outduik worden op een bordje geschreven of geplastificeerd en uiteraard meegenomen.

### 3.2.2. Primair: decoduikcomputer Back-up: multijdcomputer



Deze combinatie kan voorkomen bij duiken met beginnende duikers waar decompressie nog niet aan de orde is. Dit komt typisch voor indien een instructeur met een beginneling gaat duiken. Als de instructeur een multijdcomputer heeft, kan hij dit toestel aan zijn beginnende buddy geven of zelf meenemen als back-updecompressiemiddel.

#### Bedenkingen

- Het is evident dat de duikplanning binnen de multijd dient te gebeuren. Zelfs al geeft de multijdcomputer ook decompressieverplichtingen weer, dan nog mag de NELOS-duiker hier geen decompressieduiken mee uitvoeren.

- De multijdcomputer is dan een uitgelezen instrument om nog notitie te hebben van tijd en diepte. De duikleider zal, na het vaststellen dat de decoduikcomputer (primair decompressiemiddel) is uitgevallen, opstijgen naar een diepte van 5 meter en hier een veiligheidstrap uitvoeren van 5 minuten.
- Het is verstandig om een duik te plannen en ook uit te voeren waarbij de resterende multijd niet minder bedraagt dan 3 à 5 minuten.

### 3.2.3. Primair: decoduikcomputer Back-up: D-U-T (dieptemeter, uurwerk en tabel)

Deze combinatie kan veelvuldig voorkomen bij duikers die in het verleden zeer frequent de D-U-T als primair decompressiemiddel hebben aangewend. Ze zijn zeer gewend met deze werkwijze en hebben ook alle vertrouwen in de degelijkheid ervan. Toch moet men bijzonder opletten dat dit back-updecompressiemiddel geen vals gevoel van veiligheid oplevert. Het is, zoals uit de bedenkingen mag blijken, één van de moeilijkste combinaties om het back-updecompressiemiddel adequaat en compatibel te houden.



#### Bedenkingen

- Bij deze duiken zal eveneens het principe van de gemengde decompressie gelden. Dit betekent dat na de controle op 12 meter de duiker plotseling kan vaststellen dat er volgens zijn primair decompressiemiddel geen decompressieverplichtingen zijn, maar dat er wel een aanzienlijke hoeveelheid decompressie moet uitgevoerd worden volgens de tabellen. Hij moet, wil hij na deze duik nog een successieve duik uitvoeren met D-U-T als back-updecompressiemiddel, al deze trappen afwerken. Dit is de enige garantie om compatibel te blijven voor een volgende duik. Doet de duiker dit niet, dan kan hij geen successieve duiken meer doen – hij moet dan minstens 12 uur wachten of wachten totdat de duikcomputer volledig gedesatureerd is. Het gemengd decompresseren is logisch, verplicht en in principe nog gemakkelijk uit te voeren (let wel op koude en stroming). Het is echter quasi onbegonnen werk indien de duikcomputer plots wel een trap laat zien maar waarbij er volgens de tabellen verder moet opgestegen worden. Stijgen we niet verder op, dan verlengt de duiktijd voor de tabellen en dit is nog amper te verwerken (zeker onder water). Stijgen we toch verder op, dan moeten de tabellen als niet langer meer compatibel beschouwd worden. Successief duiken is dan onmogelijk.
- Terwijl de regels en de modaliteiten van de duikcomputer als primair decompressiemiddel allicht (hopelijk) in de praktijk zeer goed gekend zijn door de duiker, valt het te betwijfelen of de duikers daarnaast ook nog alle bijzondere regels van de duiktabellen, die ze als back-up hebben meegenomen, kennen en kunnen toepassen als het er op aankomt. Het is dan zeer de vraag in welke mate deze tabellen compatibel en ook adequaat zijn.
- Duikcomputers zijn ideaal om multilevelduikprofielen uit te voeren. Duiktabellen zijn vooral interessant om vierkante duiken mee uit te voeren. Dit gegeven op zich wijst al op een incompatibiliteit en als we niet opletten dan zou - zeker bij successieve duiken -het kunnen voorkomen dat een multilevelduik op de computer een redelijke decompressie aangeeft (binnen de normduik) maar dat de decompressieverplichtingen buiten de mogelijkheden vallen van de duiktabellen. Op dat ogenblik zijn de duiktabellen niet meer adequaat. Dit is dus verboden.
- Duikcomputers kunnen gemakkelijk omspringen met multilevel, successieve duiken en met duiken over meerdere dagen. Met duiktabellen is dit bijna niet bij te houden, zeker niet in combinatie met een duikcomputer.

### 3.2.4. **Primair: decoduikcomputer** **Back-up: D-U-D (dieptemeter, uurwerk en duikplan)**

Deze combinatie kan veelvuldig voorkomen bij het technisch duiken. Een duikplan wordt opgemaakt met een computersoftware of met de duikcomputer. Deze planning wordt op een leetje geschreven en meegenomen. Het duikplan wordt strikt uitgevoerd. Dit brengt een zeer gedisciplineerde aanpak met zich mee waarbij de 'runtimes' (de duiker bevindt zich op een welbepaald tijdstip op een exacte diepte en dat gedurende gans de duik). Hoewel de duikcomputer 'schijnbaar' het primair decompressiemiddel is, moeten, om compatibel te blijven, de 'runtimes' exact gerespecteerd worden. Daarom dat de meeste technische duikers de zaak omdraaien en DUD als het primair decompressiemiddel nemen in combinatie met de decoduikcomputer als back-upmiddel. Heel dikwijls wordt er ook een bail-outplanning meegenomen omdat de uitvoering van zulke duiken meestal de duikcomputer in de foutmodus brengt zodat we de duikcomputer in 'gauge'-mode moeten plaatsen zodat de decoduikcomputer zijn mogelijkheden als back-updecompressiemiddel verliest. We moeten dan een back-upmiddel bepalen en dat is dan meestal een goed gekozen bail-outmiddel.



#### **Bedenkingen**

- Deze werkwijze is vooral gangbaar bij technische duikers in opleiding. Eens er verder zelfstandig als technisch duiker gedoken wordt, neemt men gemakkelijk zijn toevlucht tot de duikcomputer als primair decompressiemiddel en zal een geschikte bail-out (of meerdere bail-outs) meegenomen worden.

### 3.2.5. **Primair: D-U-T (Diepte-Uurwerk-Tabel)** **Back-up: Decoduikcomputer**

Deze combinatie kan voorkomen indien de duiker omwille van anderen in de groep beslist om ook op duiktabellen te duiken maar waarbij hij graag de decoduikcomputer als back-up meeneemt. Meestal zullen de tabellen wel toonaangevend zijn wat de decompressie betreft, tenzij er een vierkant duikprofiel wordt gedoken. Hoe dan ook moet er gemengd gedecomprimeerd worden als we willen dat het back-upmiddel compatibel blijft.



#### **Bedenkingen**

- We moeten gemengd decompresseren.
- De kans dat de back-up niet adequaat zal worden is zeer gering.
- Als we een redelijk vierkant profiel duiken, dan bestaat de kans dat de duikcomputer de decompressieverplichtingen bepaalt. Het wordt dan een hele klus om de beide decompressiemiddelen onder controle te houden. De kans dat we uiteindelijk een bepaalde keuze maken is zeer groot maar daardoor wordt het back-updecompressiemiddel niet meer bruikbaar voor volgende duiken (niet meer compatibel en niet meer adequaat). Dit probleem stelt zich ten gronde indien bijvoorbeeld de decoduikcomputer 'deep stops' toont. Daar kunnen de tabellen geen rekening mee houden. De duiktijd loopt dan gewoon door met alle gevolgen van dien.
- Duikplanningen opmaken als er een combinatie van tabellen en duikcomputers in de duikgroep gehanteerd worden is helemaal niet evident.

### 3.2.6. Primair: D-U-D (Diepte-Uurwerk-Duikplan) Back-up: Bail-out planning

Als de duiker een duikplan heeft opgemaakt waarna hij dit op een bordje heeft genoteerd, waarna hij dit minutieus wenst te volgen, dan kan hij volstaan met een bail-outplanning als back-upmiddel. Deze werkwijze komt regelmatig voor bij technische duikers.



#### Bedenkingen:

- Deze werkwijze vergt een grondige voorbereiding.
- Het is aan te raden om meerdere bail-outplanningen mee te nemen.
- Het is bijzonder belangrijk om de maximumdiepte en de maximumtijd zeer goed in de gaten te houden en absoluut niet te overschrijden. Gebeurt dit toch dan moet er zonder meer overgegaan worden op de bail-outplanning welke meestal heel wat strenger is.
- Een supplementaire bottom timer en / of een OSB met een touwtje waar een visuele of gevoelsmatige herkenning op 12 meter en op 5 meter (dit is minimaal) werd op aangebracht is sterk aan te raden. Inderdaad, als de computer(s) uitvallen is het leuk om enig idee te hebben van tijd en diepte.

### 3.2.7. Andere combinaties

Zoals blijkt uit de tabel zijn er andere combinaties mogelijk. Deze worden niet verder uitgewerkt. De belangrijkste opmerkingen werden reeds in de bovenstaande voorbeelden besproken. De logica voor het gebruik van deze andere combinaties is gemakkelijk hieruit af te leiden.

## 3.3. Extra veiligheid tijdens de decompressie

Uit al het bovenstaande kunnen we één belangrijke conclusie trekken: we willen echt alles op alles zetten om veilig terug boven te komen. M.a.w. we willen alles in het werk zetten om een decompressieongeval te vermijden.

Het NELOS-Duikonderricht raadt dan ook aan om, indien dit mogelijk is en er geen tegenindicaties zijn, extra veiligheid in te bouwen. Hoe kunnen we dit aanpakken? De volgende mogelijkheden hebben we ter beschikking.

1. De veiligheidstrap bij niet-decompressieduiken.
2. “Diver on the line” of “tussen ‘floor’ en ‘ceiling’” (zie ook ‘Uitduiken’).
3. De computer zwaarder instellen.
4. Uitduiken.
5. De 12 meterprocedure.
6. ‘Deep stops’.

### 3.3.1. De veiligheidstrap



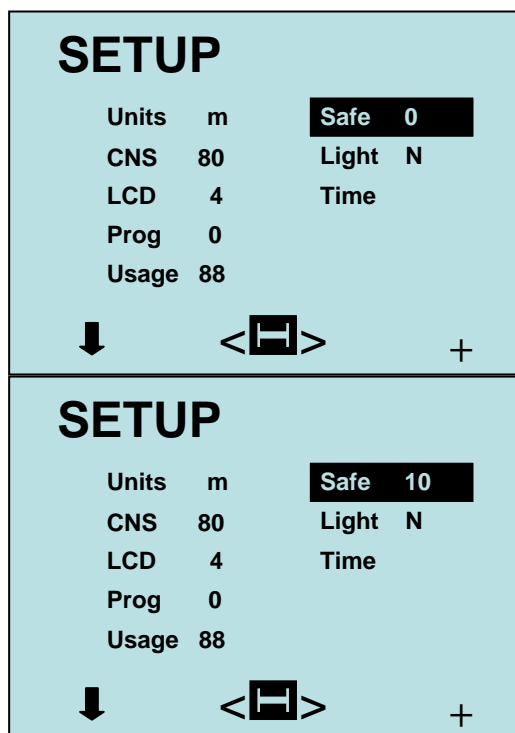
Volgens de definitie is een veiligheidstrap een decompressietrap van 5 minuten op 5 meter diepte die niet verplicht is en enkel uitgevoerd wordt onder gunstige omstandigheden.

Bij elke duik, dieper dan 20 meter wordt een veiligheidstrap sterk aangeraden. Een veiligheidstrap in deze context wordt enkel gemaakt indien het volgens de duikcomputer (check dit instrument als we tijdens het opstijgen aankomen op een diepte van 12 meter) een duik binnen de multijd is.

### 3.3.2. De computer zwaarder instellen



De meeste duikcomputers laten toe om een veiligheidscoëfficiënt te programmeren. Sommige computers doen dit in de 'setup'-menu. Bij de optie 'Safe' kan dan bijvoorbeeld een waarde ingegeven worden tussen 0% en 50% met sprongen van 5%. Het algoritme zal hierdoor veiliger (conservatiever) rekenen.



### 3.3.3. Uitduiken



Een natuurlijke manier om de veiligheid te verhogen bij het duiken is het 'uitduiken'.

Uitduiken is het uitvoeren van een multilevelduik volgens een voorwaarts duikprofiel waarbij van de diepte wordt opgestegen tot een diepte van 15 à 10 meter en men daar een geruime tijd doorbrengt (5 à 15 minuten). Merk op dat de diepte waarbij we controleren of de duik al dan niet een decompressieduik is (en indien ja welke decompressieverplichtingen er voor de duikploeg gelden), op 12 meter gelegen is. Op 12 meter zijn alle snelle weefsels (periodes kleiner dan 27 min) aan het ontgassen en de verzadiging van de tragere weefsels is er zeer gering. Dit is een ideale diepte om het 'uitduiken' te beginnen.

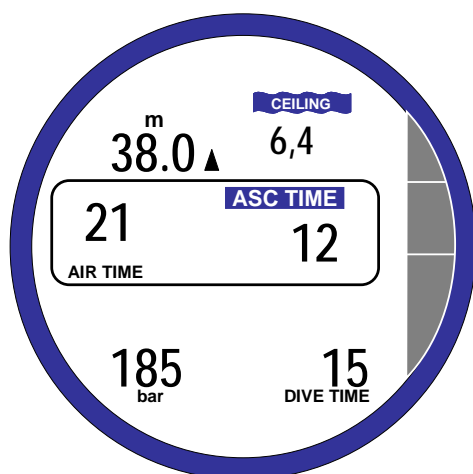
Vervolgens kan men nog wat tijd doorbrengen op nog geringere diepte. Het is alleszins de bedoeling dat eenmaal opgestegen er niet meer afgedaald wordt en de diepte geleidelijk afgebouwd wordt. Door het uitduiken kan de trap op een aangename manier volkomen verdwenen zijn en heeft men een grote bewegingsvrijheid. Toch moet erop gelet worden om niet meer af te dalen wegens het risico op een decompressieongeval bij een eventuele valsalva en om het voorwaartse duikprofiel aan te houden. Een ideaal hulpmiddel hiertoe is 'de duiker op de lijn'.

Voorbeeld: 'Duiker op de lijn' ('diver on the line')

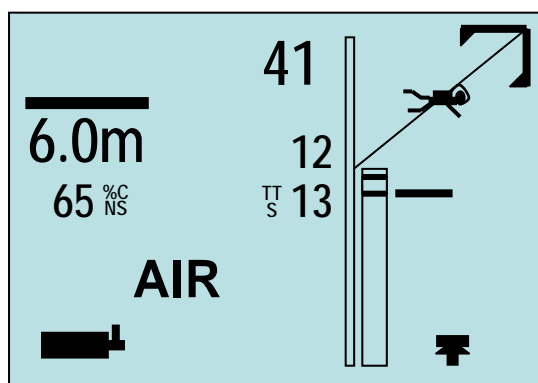


Om te decompresseren moeten we minder diep dan de 'floor' duiken maar mogen we niet minder diep dan de 'ceiling' duiken. Dit wordt uitgebreid besproken in het hoofdstuk 'Praktisch duiken'. Sommige computers geven aan waar de duiker zich bevindt tussen het plafond en de vloer. Niet alle

duikcomputers kunnen dit aan en zullen vaste trapdieptes opgeven waar er gedecomprimeerd moet worden.



Sommige computers geven de positie van de duiker weer door middel van pijltjes (de Suunto - boven); andere duikcomputers geven dit grafisch weer (de VR3 - onder)



Omdat je kan zien aan de duikcomputer vanaf welke diepte je desatureert, kan dit ideaal gebruikt worden om uit te duiken op een geringere diepte (zie verder). Het snelst, maar daarom niet het veiligst, wordt er gedecomprimeerd als de duiker in zijn 'hokje' zit.

### 3.3.4. De 12 meterprocedure

Het is ook mogelijk dat de bezwarende factor ontstaat tijdens de duik zelf. In dit geval is het niet mogelijk om de decompressieverplichting in de duikcomputer te verzwaren en zal men hiervoor zelf moeten instaan.

Het NELOS-Duikonderricht wil er eveneens de nadruk op leggen dat het absoluut niet de bedoeling is opzettelijk te zorgen voor bezwarende factoren en die dan te compenseren met een 'lapmiddel' zoals hier beschreven. Deze bezwarende factoren moeten vermeden worden.

Stijgproeven en het volgen van het bodemprofiel zijn een bewuste keuze die hierop een uitzondering vormen.



De eenvoudigste methode om meer trap uit te voeren dan de computer aangeeft, is de '12 meterprocedure'.

Deze procedure bestaat erin op te stijgen tot 12 meter en op die diepte 5 minuten te verblijven. Na deze vijf minuten stijgt je verder volgens de richtlijnen van je duikcomputer.



- Uiteraard kan dit niet wanneer de door de computer opgelegde trapdiepte groter is dan 12 meter.
- Door op 12 meter enkele minuten te verblijven:
- zullen snelle weefsels goed ontgassen,
- zullen trage weefsels slechts zeer weinig verzadigen,
- zal de traptijd op je duikcomputer slechts zeer weinig afnemen,
- zal de belgroei sterk teruggebracht worden en dus ook het risico op een decompressieongeval.

### 3.3.5. De procedure 'deep stops'

Voor vierkante duiken kan je best decompresseren met 'deep stops'. Het NELOS-Duikonderricht raadt het maken van 'deep stops' aan. Sommige duikcomputers geven eveneens 'deep stops' aan ook, al worden er multilevelduiken uitgevoerd.



Een 'deep stop' is een trap (of een reeks van trappen) die veel dieper gemaakt wordt dan het plafond dat de duikcomputer aangeeft. 'Deep stops' duren één à twee minuten en dienen om de spanning op de snelle weefsels zeer geleidelijk te laten afnemen. 'Deep stops' verminderen zeer sterk het aantal circulerende microbellen.

'Deep stops' kunnen berekend worden door sommige duikcomputers, door decompressieplanningssoftware of volgens de regels van Richard Pyle.

#### 3.3.5.1. 'Deep stops' berekend door de duikcomputer

Indien je dit instelt in je duikcomputer zoals aangegeven in de handleiding is het belangrijk dat iedereen daarvan op de hoogte is. Er dient hier dan ook veel aandacht aan besteed te worden in de briefing en eveneens aan de communicatie hierover onder water. Uiteraard zijn deze 'deep stops' dan ook van toepassing op de volledige duikploeg volgens de regels van de gemengde decompressie. Indien de computer door het opleggen van 'deep stops' minder decotijd geeft op de gewone trapdiepte moet het duidelijk zijn dat, indien er in de ploeg computers zijn die geen 'deep stops' berekenen en hier voordeel mee doen bij de ondiepere trappen, deze tijdwinst niet kan verzilverd worden en de ploeg dus ook langer trappen moet maken op ondiepte. Inderdaad zijn ook nu de regels van gemengde decompressie geldig en mag er pas gestegen worden als alle computers (primaire decompressiemiddelen) dat toestaan.

Indien die computer een 'deep stop' aangeeft op 20 meter diepte zullen de meeste andere computers van die ploeg inderdaad nog traptijd bij krijgen omdat ze te diep zitten om te ontgassen.



#### **Zeer belangrijke opmerking**

Indien er in de ploeg duikers zijn waarvan de duikcomputer 'deep stops' zal weergeven tijdens de opstijging, dan moet dit zoals reeds eerder vermeld duidelijk in de briefing vermeld worden. Het is ook aan de duikleider om hier systematisch naar te informeren. Het zou inderdaad best kunnen dat, indien de duikploeg op relatief grote diepte (bijvoorbeeld een eerste stop op 28 meter en een tweede stop op 17 meter) telkens enkele minuten moet wachten op de duiker met 'deep stops', sommige duikers bijzonder zenuwachtig worden als ze zien dat ondertussen hun decompressieverplichtingen toenemen, gepaard gaande met een duidelijke vermindering van de ademautonomie. **HET UITVOEREN VAN DEEP STOPS MOET BIJGEVOLG VOORAF GEWETEN ZIJN.** Wordt hier vooraf geen melding van gemaakt, dan kunnen er onder water gevaarlijke toestanden ontstaan.

Het is aan de duikleider om gepast te reageren en eventueel de reservedruk te verhogen of het duikplan meer conservatief te maken.

### 3.3.5.2. 'Deep stops' berekend met planningssoftware

Je kan ook een duikplanning maken met planningssoftware. Dit is te vergelijken met tabelduiken waar je slechts één combinatie van diepte en tijd hebt. Alle stopdiepten en -tijden worden dan vaak op een leetje genoteerd en megedragen tijdens de duik. Op elk moment van de duik moet de duiker zich op een welbepaald tijdstip op een welbepaalde diepte bevinden, opgelegd door de planningssoftware. Er zijn hier geen vrijheidsgraden. In het technisch duiken spreekt men dan van het minutieus volgen van 'runtimes'. Dit is echter buiten het bestek van het gewone duiken en situeert zich dus duidelijk binnen het technisch duiken. Weet ook dat er aan bijzondere back-upscenario's moet gedacht worden en dat er hier geen vrijheid is zoals we dat gewoon zijn in het standaard computerduiken.

Weet ook dat het voorzien van een adequate en compatibele back-up bij dit soort duiken niet evident is. Je moet immers de strak opgelegde tijden en dieptes van de planning respecteren ('runtimes') maar allicht zal de duikcomputer die je als back-up hebt meegenomen andere decompressieverplichtingen eisen. De kans is dus reëel dat de computer gaat falen en dat hij dus niet als adequate of compatibele back-up kan gekozen worden. In het technisch duiken bieden we hiervoor een effectieve oplossing aan (dit is buiten het bestek van dit werk).

### 3.3.5.3. 'Deep stops' volgens Richard Pyle: De 'Pyle' stops

Indien je duikcomputer geen 'deep stops' aangeeft en je geen duikplan met planningssoftware berekend hebt, dan kan je ook de methode van Pyle toepassen.

- De 'deep stop' diepte (DSD) bevindt zich op de halve duikdiepte + de halve trapdiepte.
- De duur van elke 'deep stop' is één à twee minuten. Bij voorkeur kortere diepe 'deep stops' (1 min) en eventueel iets langere ondiepere 'deep stops' (2 min).
- Na de eerste 'deep stop' wordt er verder opgestegen tot de volgende 'deep stop'.
- De diepte van de volgende 'deep stop' vind je door opnieuw op te stijgen naar halve diepte + halve trapdiepte.
- Indien je 'deep stop' minder dan 10 meter onder je trapdiepte ligt, zijn er geen 'deep stops' meer en stijgt je op tot je trapdiepte.



$$DSD = \frac{\text{duikdiepte}}{2} + \frac{\text{trapdiepte}}{2}$$



#### Praktische richtlijnen

- Het berekenen van 'deep stops' doe je bij voorkeur boven water. Als je toch een dynamisch duikplan uitvoert en je toch onder water de 'deep stops' wenst te berekenen, neem dan de som van de halve maximum diepte + halve trapdiepte. Rond steeds af naar boven (dus dieper).
- Vereenvoudig het rekenwerk onder water door oneven dieptes naar boven af te ronden. Ben je op 39 meter en je hebt trap op 3 meter: maak er dan  $40/2 + 4/2 = 20 + 2 = 22$  meter van. Wiskundig kan je inderdaad berekenen  $(39+3)/2 = 42/2 = 21$  meter. Praktisch zal je de opstijging aanvatten en je berekent eerst je halve diepte (= 20 meter) en telt er dan de halve trapdiepte bij (= 2 meter). De eenvoudigere berekening levert zelfs een veiliger resultaat!

#### Voorbeeld 1



Je maakte een duik naar 40 meter diepte en besluit op te stijgen. Je computer geeft een trap aan op 6 meter. Zoals afgesproken in de briefing voer je 'deep stops' uit met de methode van Pyle.

- Stijg op tot de halve diepte + halve trapdiepte =  $40/2 + 6/2 = 20 + 3 = 23$  meter.
- Voer hier een eerste 'deep stop' uit van 2 minuten (minimaal 1 minuut – maximum 2 minuten).
- Indien je computer nog steeds trap op 6 meter aangeeft is de volgende 'deep stop' op  $24/2 + 6/2 = 12 + 3 = 15$  meter. Voer hier ook een 'deep stop' uit van 2 minuten.
- Indien na deze 'deep stop' je computer aangeeft dat je geen trap meer hebt op 6 meter maar pas op 3 meter is het verschil tussen deze 'deep stop' en de eerste trapdiepte nog steeds groter dan 10 meter. Je volgende 'deep stop' is dus op  $16/2 + 4/2 = 8 + 2 = 10$  meter.
- Nu is het verschil tussen deze 'deep stop' en de eerste trapdiepte kleiner dan 10 meter en doe je dus geen 'deep stops' meer.
- Ga nu naar de eerste trapdiepte en voer daar je trappen verder uit zoals door de computer opgelegd wordt.



#### Voorbeeld 2

Je maakte een extreme wrakduik naar 62 meter diepte. Je bent op 50 meter diepte en besluit op te stijgen omdat de afgesproken decompressietijd bereikt is. Je computer geeft een trap aan op 12 meter. Zoals afgesproken in de briefing voer je 'deep stops' uit met de methode van Pyle.

- Stijg op tot de halve diepte + halve trapdiepte =  $62/2 + 12/2 = 31 + 6 = 37$  meter.
- Voer hier een eerste 'deep stop' uit van 1 minuut (minimaal 1 minuut – maximum 2 minuten).
- Na deze 'deep stop' geeft je computer trap op 9 meter. Dan is de volgende 'deep stop' op  $38/2 + 10/2 = 19 + 5 = 24$  meter. Voer hier een 'deep stop' uit van 1 à 2 minuten.
- Na deze 'deep stop' geeft je computer trap op 6 meter. Dan is de volgende 'deep stop' op  $24/2 + 6/2 = 12 + 3 = 15$  meter. Voer hier een 'deep stop' uit van 2 minuten.
- Indien na deze 'deep stop' je computer aangeeft dat je geen trap meer hebt op 6 meter maar pas op 3 meter is het verschil tussen deze 'deep stop' diepte en de eerste trapdiepte nog steeds groter dan 10 meter. Je volgende 'deep stop' is dus op  $16/2 + 4/2 = 8 + 2 = 10$  meter. Hier kan je bij voorkeur 2 minuten halt houden.
- Nu is het verschil tussen deze 'deep stop' diepte en de eerste trapdiepte kleiner dan 10 meter en doe je dus geen 'deep stops' meer.
- Ga dan naar de eerste trapdiepte ( in dit voorbeeld 3 meter ) en voer daar je trappen verder uit zoals door de computer opgelegd wordt.

### 3.3.6. Extra veiligheid kan o.a. nodig zijn bij



- Een slecht duikprofiel:
- invers duikprofiel.
- trager afdalen dan opstijgen.
- jodduikprofiel.
- stijproeven.
- Een incident zoals bijvoorbeeld:
- op diepte een grotere inspanning leveren.
- koude en afkoeling van de huid tijdens de duik.
- een stresssituatie, bijv. verward geraakt in een visnet, een materiaalprobleem moeten oplossen of een onaangenaam contact met het onderwaterleven.

Algemeen kan men stellen dat het sowieso veiliger is om de kalmte te bewaren bij een fout tegen de decompressie en dat een extra veiligheid die gemoedsrust kan geven.

## 3.4. Oefeningen

### 3.4.1. Oefening op multijden



Twee duikers duiken toevallig met een duikcomputer van hetzelfde merk en hetzelfde type (en hetzelfde algoritme). Ook de basisinstellingen en de setup blijken identiek te zijn voor beide duikers. Bij nazicht van de multijden constateren ze het volgende:

NO STOP PLANNER	
SI + 0 hrs	AIR
MaxD	NST
29 m	23 mins
<b>30 m</b>	21 mins
31 m	19 mins

- < → > < [ ] > +

NO STOP PLANNER	
SI + 0 hrs	AIR
MaxD	NST
29 m	14 mins
<b>30 m</b>	13 mins
31 m	12 mins

- < → > < [ ] > +

Duiker 1

Duiker 2

Welk besluit moeten ze hieruit trekken?

**Antwoord**

Indien de tweede duiker bevroegd wordt, zal blijken dat hij reeds een duik gedaan heeft.

Als er gekeken wordt in het logboek van de duiker, dan stelt men inderdaad vast dat hij een successieve duik gaat maken en dat hij nog niet gedesatureerd is.

FLY TIME	
FLY	5:40
DESAT	11:57

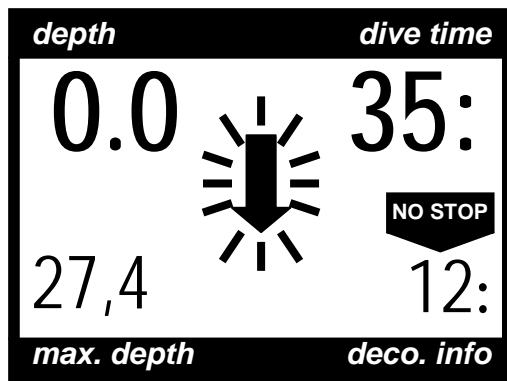
[ ]

## 3.4.2. Oefeningen op 'Probleemsituaties'

### 3.4.2.1. Oefening 1



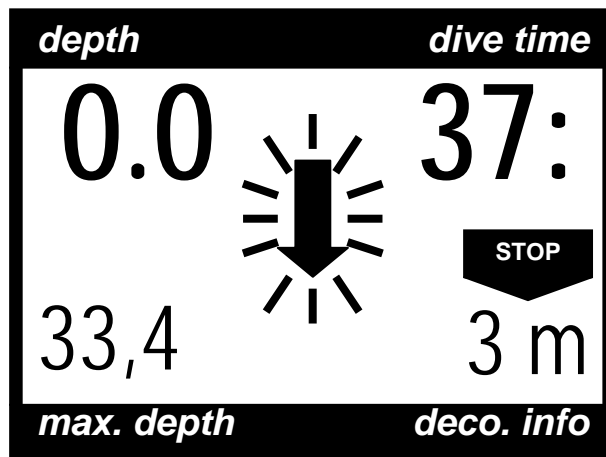
De computer staat niet in error na per ongeluk oppervlakte gemaakt te hebben. Er wordt een computerscherm getoond met alarmsignaal en pijl naar beneden om terug af te dalen. Wat moet er gebeuren? Er zijn geen abnormale omstandigheden.



#### Antwoord

Doordat er geen abnormale omstandigheden zijn (geen symptomen, psychologische gemoedstoestand van de duikers is in orde, er is niet te veel wind of te veel stroming of te veel koude, er is begeleiding, er is voldoende ademgas, ...) neemt de duikleider onmiddellijk het initiatief om terug af te dalen. Het is aangeraden om de OSB op te laten en met behulp ervan de duik te beëindigen.

- De duikleider checkt alle duikcomputers en ademgassen en voert alle aanwijzingen, die de computers hem opgeven, systematisch uit.
- Indien het een niet-decompressieduik betreft (dit is hier het geval omdat er geen aanwijzingen staan dat er ook trappen onderbroken werden – er staat zelfs 'NO STOP' – 12 minuten) zal de duikleider afdalen naar een diepte van 5 meter en hier een veiligheidstrap van 5 minuten uitvoeren.
- Ken heel goed de handleiding van je duikcomputer, want het is mogelijk dat hierin verwezen wordt naar het feit dat de duikcomputer zulke fouten niet correct kan opvangen.
- Verder moeten de duikers na het bovenkomen minstens gedurende 1 uur geobserveerd worden om te controleren of er geen decompressieverschijnselen optreden.
- Successieve duiken zijn niet toegelaten. Er moet minstens 12 uur gewacht worden en de computer mag geen desaturatietijden meer weergeven.
- Indien er toch decompressieverplichtingen getoond worden, dan voert de duikleider deze systematisch en nauwgezet uit (principe van gemengde decompressie).

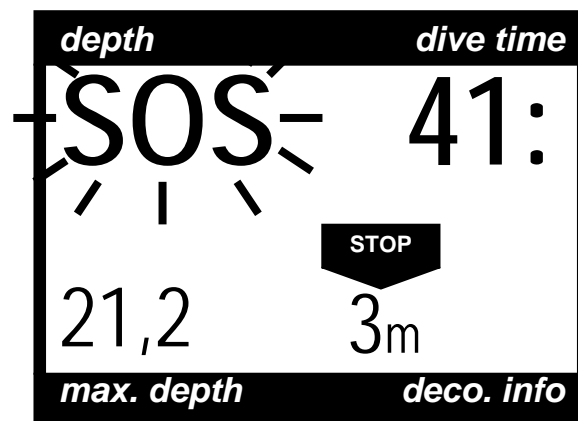


Ook hier geldt uiteraard dat de duikers na het bovenkomen minstens gedurende 1 uur moeten geobserveerd worden om te controleren of er geen decompressieverschijnselen optreden. Successieve duiken zijn niet toegelaten. Er moet minstens 12 uur gewacht worden en de computer mag geen desaturatietijden meer weergeven.

#### 3.4.2.2. Oefening 2



De computer staat in error en de back-upcomputer eveneens. Wat moet er gebeuren?



Er is (soms) een indicatie van de trapdiepte welke onderbroken werd. Dit is meestal geen betrouwbare informatie en bovendien zal de duikcomputer in dit geval niet meer aangeven hoe lang de duiker zou moeten decompresseren op (in dit geval) de diepte van 3 meter. Er zijn twee mogelijkheden:

1. Het uitvoeren van de nooddecompressie.
2. Het onmiddellijk evacueren naar een meerplaatsherdrukkamer.

#### Voorwaarden

- Deze nooddecompressie mag enkel uitgevoerd worden indien de omstandigheden het toelaten (geen symptomen, psychologische gemoedstoestand van de duikers is in orde, er is niet te veel wind of te veel stroming of te veel koude, er is begeleiding, er is voldoende ademgas, ...).
- Uitvoeren aan OSB.
- Na de nooddecompressie moet er onmiddellijk geëvacueerd worden naar een meerplaatsherdrukkamer terwijl er veel water wordt gedronken (minstens 1 liter) en zuurstof wordt toegediend (normobar).

- Er is een duikverbod van minimum 24 uur en de computer moet uit de foutmodus gekomen zijn.

#### Procedure

- Alle flessen leegmaken op een diepte van 5 meter.

#### 3.4.2.3. Oefening 3



De computer staat in error, de back-upcomputer niet maar je buddy vertoont symptomen van decompressieongeval.

Het is verboden om terug te duiken om ofwel de aanwijzingen van het back-upmiddel te volgen of om een nooddecompressie uit te voeren.

Er is maar één mogelijkheid en dat is zo snel mogelijk evacueren naar een meerplaatsherdrukkamer. Tijdens de evacuatie wordt er veel water gedronken (minstens 1 liter) en zuurstof toegediend (normobar).

Er is een duikverbod van minimum 24 uur en de computer moet uit de foutmodus gekomen zijn. De dokter zal allicht een nog strengere uitspraak formuleren.

### 3.4.3. Oefeningen op 'Bijzondere omstandigheden'

#### 3.4.3.1. Oefening 1



Tijdens de duik heb je hard moeten zwemmen tegen de stroming om terug bij de kant te geraken. Je bent allebei net niet buiten adem. Op 12 meter en vlak bij de kant geeft jouw computer 7 minuten trap en die van je buddy 8 minuten. Wat ga je doen en hoe communiceer je dit?

#### Antwoord

Er wordt extra veiligheid ingebouwd.

Veel duikcomputers kunnen onder water deze extra veiligheid niet programmeren dus moeten er andere principes toegepast worden. Deze kunnen een combinatie zijn van de volgende mogelijkheden:

- De veiligheidstrap bij niet-decompressieduiken. Dit is hier niet relevant (decompressieduik).
- 'Diver on the line' of tussen 'floor' en 'ceiling' (zie ook 'Uitduiken').
- De computer zwaarder instellen (zelden onder water te programmeren).
- Uitduiken.
- De 12 meterprocedure.
- 'Deep stops' (in dit geval ook niet meer van toepassing).

Voor detailuitleg – zie hoger.

#### 3.4.3.2. Oefening 2



Je bent opgestegen van een wrakduik in de Noordzee en je hebt aardig wat stroming gehad. Dat komt waarschijnlijk door het springtij en het late uur van arriveren op de duikstek. Volgens de computers zit iedereen net binnen de multijd en moet er dus geen trap gemaakt worden. Wat doe je?

#### Antwoord

- Er wordt extra veiligheid ingebouwd.
- Er wordt een veiligheidstrap gemaakt van 5 minuten op 5 meter.
- Als we niet aan de ankerlijn opstijgen moeten we verplicht de OSB ontplooiën.
- Er wordt zeer langzaam gestegen naar de oppervlakte (principe van 'diver on the line').
- Indien we nog moeten opstijgen vanaf het wrak en we zitten nog binnen de multijd en we kunnen langs de ankerlijn opstijgen dan kunnen we ook gebruik maken van de 12 meterprocedure of van het uitduiken.

### 3.4.3.3. Oefening 3



Je bent op duikcruise in Egypte en duikt alle dagen 4 en soms 5 keer (Als je een nachtduik wil maken). Je duikcomputer is een oud model maar doet het nog steeds prima. Wat kan je doen om toch veilig te blijven duiken?

#### Antwoord

Extra veiligheid inbouwen:

- De veiligheidstrap bij niet-decompressieduiken.
- 'Diver on the line' of tussen 'floor' en 'ceiling' (Als de oude computer dit weergeeft – dit is twijfelachtig).
- De computer zwaarder instellen (mogelijk kan de oudere computer dit niet).
- Uitduiken.
- De 12 meterprocedure.
- 'Deep stops' (zelf berekenen met Pylemethode). Voor detailuitleg – zie hoger.
- Na 5 dagen een dag rust nemen.

### 3.4.4. Oefeningen op 'Duikplanning'

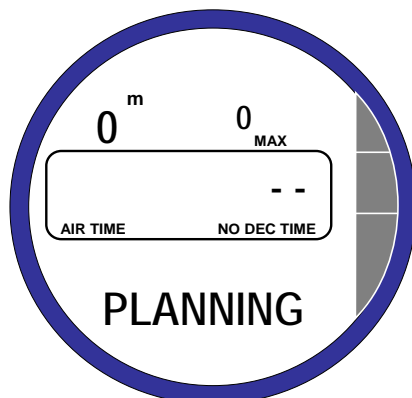
#### 3.4.4.1. Oefening 1



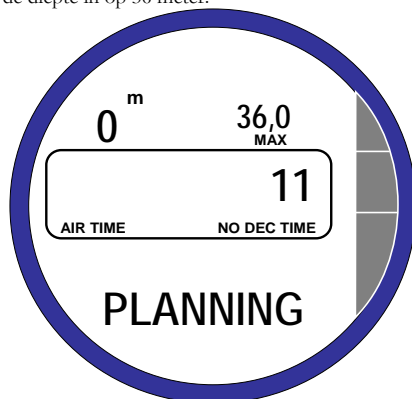
Je wenst een duik te maken naar 36 meter. Je wenst geen trappen te maken. Plan deze duik.

#### Antwoord

We plaatsen onze computer in de plan modus:



En stellen de diepte in op 36 meter.



Dit geeft ons een nultijd van 11 minuten.

### 3.4.4.2. Oefening 2

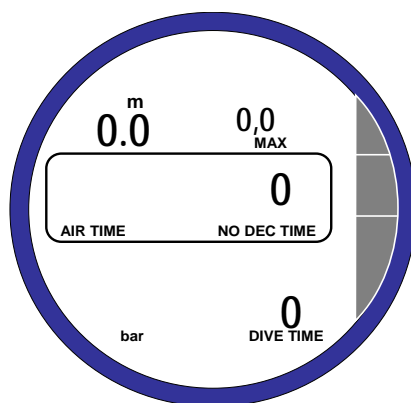


Je wenst een duik te maken naar 35 meter.

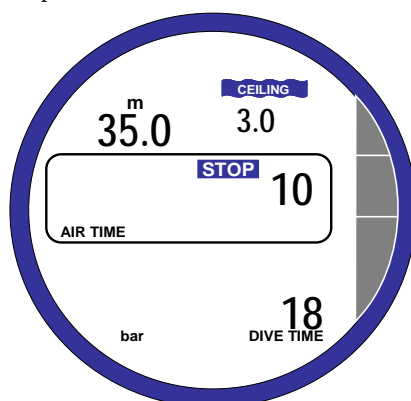
Je wenst niet langer dan een uur te duiken en je wenst maximum 10 minuten trap (TTS maximum 15 minuten). Plan deze duik!

#### Antwoord

We plaatsen onze computer in de simulatiemodus (we bevinden ons boven water):



We verhogen nu de fictieve diepte tot 35 meter. De computer laat ons ook toe om de daalsnelheid te verhogen of te verlagen. Op het ogenblik dat we de daling inzetten begint de duiktijd automatisch op te lopen. Nu wachten we tot we 10 minuten trap hebben (de duiktijd stijgt automatisch aan een constant tempo):



#### Besluit

Na 18 minuten duiktijd moeten we reeds naar onze trapdiepte beginnen stijgen om de vooropgestelde decompressieverplichtingen aan te houden (maximum 10 min trap).

We beslissen veel minder lang op de maximumdiepte te blijven zodat we langer kunnen duiken.

### 3.4.4.3. Oefening 3



Op de Noordzee ligt er een prachtig wrak met een maximumdiepte van 28 meter en een diepte op dek van 23 meter. We willen een duik plannen zo goed als binnen de nultijden (maximum 5 minuten trap) en we wensen zowel de bodem van het wrak als het dek te verkennen. De duik moet binnen het uur afgerond zijn. Plan deze duik.

#### Antwoord

We plannen met de V-Planner.

- In eerste instantie hopen we een kwartiertje op de bodem te kunnen verkennen en een kwartiertje ter hoogte van het dek.

- We bekomen het volgende duikplan:

V-Planner 3,81 door Ross Hemingway,

VPM code door Erik C. Baker.

Decompressie model: VPM - B/E

DUIKPLAN

Oppervlakte interval = 1 dag 0 hr 0 min.

Hoogte = 0m

Conservatisme = + 2

daal	28m		(1)	Air	20m/min daal.
Level	28m	13:36	(15)	Air	0,79 pp O <sub>2</sub> , 28 m ead
stijg	23m		(15)	Air	-10m/min stijg.
Level	23m	15:00	(30)	Air	0,69 pp O <sub>2</sub> , 23 m ead
stijg	6m		(32)	Air	-10m/min stijg.
Stop op 6m opper.		9:48	(42)	Air	0,34 pp O <sub>2</sub> , 6 m ead
			(42)	Air	-10m/min stijg.

OTU's deze duik: 17

CNS Total: 6,0%

### Besluit 1

We merken dat we veel te veel trap moeten maken.

- We besluiten met nitrox 36 te gaan duiken.
- Na wat iteraties met de duikplanner bekomen we de volgende duikplanning.

V-Planner 3,81 door Ross Hemingway,

VPM code door Erik C. Baker.

Decompressiemodel: VPM - B/E

DUIKPLAN

Oppervlakte-interval = 1 dag 0 hr 0 min.

Hoogte = 0m

Conservatisme = + 2

daal	28m		(1)	Nitrox 36	20m/min daal.
Level ead	28m	28:36	(30)	Nitrox 36	1,36 pp O <sub>2</sub> , 21 m ead
stijg	23m		(30)	Nitrox 36	-10m/min stijg.
Level ead	23m	25:00	(55)	Nitrox 36	1,18 pp O <sub>2</sub> , 17 m ead
stijg	6m		(57)	Nitrox 36	-10m/min stijg.
Stop op 6m ead opper.		0:48	(58)	Nitrox 36	0,57 pp O <sub>2</sub> , 3 m ead
			(58)	Nitrox 36	-10m/min stijg.

OTU's deze duik: 81

CNS Total: 30,6%

### Besluit 2

We hadden de vorige duik qua tijdsduur op de bodem en op het dek kunnen inkorten maar we hebben gekozen voor een ander ademgas (nitrox 36).

We zien onmiddellijk dat we met dit ademgas zelfs 30 minuten op 28 meter kunnen verblijven (bodem) en dan nog eens 25 minuten op 23 meter (dekhogte).

Jammer genoeg is er een duiker bij die niet gecertificeerd is voor nitrox. We delen de ploegen in zodanig dat nitrox-duikers met elkaar kunnen duiken waarbij ze de hoger vermelde duikplanning niet

overschrijden. Ze zijn binnen het uur boven maar misschien kunnen ze de bodemtijd nog met 5 minuten inkorten en overwegen om een veiligheidstrap te maken van 5 minuten op 5 meter.

Voor de luchtduikers zullen we de bodemtijd nog moeten inkorten.

- We bekomen de volgende planning:

V-Planner 3,81 door Ross Hemingway,

VPM code door Erik C. Baker.

Decompressiemodel: VPM - B/E

DUIK PLAN

Oppervlakte-interval = 1 dag 0 hr 0 min.

Hoogte = 0m

Conservatisme = + 2

daal	28m		(1)	Air	20m/min daal.
Level	28m	8:36	(10)	Air	0,79 pp O <sub>2</sub> , 28 m ead
stijg	23m		(10)	Air	-10m/min stijg.
Level	23m	15:00	(25)	Air	0,69 pp O <sub>2</sub> , 23 m ead
stijg	6m		(27)	Air	-10m/min stijg.
Stop op opper.	6m	1:48	(29)	Air	0,34 pp O <sub>2</sub> , 6 m ead
			(29)	Air	-10m/min stijg.

OTU's deze duik: 13

CNS Total: 4,9%

### Besluit 3

De luchtduikers kunnen maximum 10 minuten op de bodem verblijven en 15 minuten op het dek van het wrak (23 m). Ze zullen na een goed half uur aan de oppervlakte komen.

De luchtduikers merken droogjes op dat ze zich volgende week zonder aarzelen zullen inschrijven voor een cursus nitrox bij NELOS.

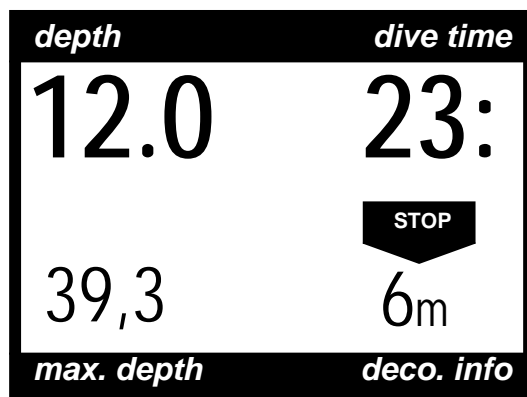
## 3.4.5. Oefeningen op 'Gemengde decompressie en back-up'

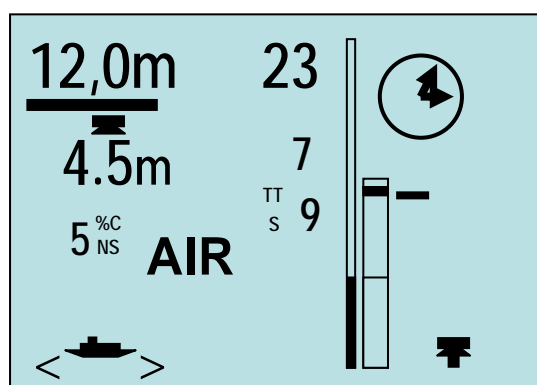
### 3.4.5.1. Oefening 1



Op het einde van een duik zonder noemenswaardige gebeurtenissen tonen de displays van de beide duikcomputers op 12 meter diepte het volgende aan.

Beschrijf wat je doet en wat je communiceert.





#### Antwoord

- Voor de eerste computer moeten we een stop maken op 6 meter. De computer geeft niet duidelijk weer hoe lang de trap zal duren en we hebben ook geen indicatie van de 'Time To Surface'.
- De tweede computer vereist een trap op 4,5 meter van 7 minuten en er is een totale opstijgtijd vereist van 9 minuten.
- Na evaluatie van beide computers zal er (al dan niet na het uitvoeren van de 12 meterprocedure of na het invoeren van het principe van 'uitduiken', gestegen worden naar 6 meter. Daar wachten we af tot deze trap verdwenen is en allicht zal er dan een trap op een diepte van 3 meter te voorschijn komen.
- We stijgen na het afwerken van de trap op 6 meter echter door naar een diepte van 4,5 meter omdat de tweede computer dit zo aangeeft. Als deze trap afgewerkt is wordt er naar 3 meter gestegen en wordt daar, indien er nog een trap moet uitgevoerd worden, deze rustig afgewerkt.
- Zowel op 12 meter als op de trapdiepten communiceren we met de geijkte tekens: het teken van de trapdiepte, het teken van de trapduur en nadat de computer geen trappen meer aangeeft het teken dat de computer vrij is. Voor deze teksten verwijzen we naar de bundel 'praktisch duiken - decompressietechnieken'.

#### 3.4.5.2. Oefening 2



Ik duik in de Oosterschelde. Mijn buddy heeft deze ochtend al een duik gedaan en ik niet. Is zijn duikcomputer dan een geldige back-up voor mij? En andersom? Ik besluit toch om een NELOS 94-tabel mee te nemen als back-up. Na een duiktijd van 30 minuten ben ik terug op 12 meter. De maximumdiepte was 28 meter. Wat moet er gebeuren opdat iedereen een geldige back-up blijft behouden?

#### Antwoord

- Inderdaad is de computer van mijn buddy een geldige back-up. Het is immers te verwachten dat hij strenger zal reageren dan mijn computer want hij heeft al gedoken. Het omgekeerde is heel zeker niet in orde. Mijn computer mag in geen geval fungeren als back-upmiddel van de duikploeg.
- De duiktabel meenemen zal wellicht geen zin hebben want:
- De duikbuddy had deze morgen geen duiktabel bij als back-upmiddel en heeft geenszins gedoken volgens de NELOS 94-tabel. Daardoor komen we in de problemen om de tabel correct te kunnen gebruiken.
- Er kan natuurlijk gesteld worden dat mijn buddy het uur van bovenkomen kent en ook de maximum diepte van zijn eerste duik en ook de duikduur (we nemen veiligheidshalve de duiktijd gelijk aan de duikduur). Op basis van deze gegevens kan de NELOS 94-tabel toch als

back-upmiddel dienen maar we moeten goed opletten dat deze tabel nog wel adequaat is. Het kan inderdaad zijn dat we buiten de tabelwaarden terecht komen. Is dat het geval, dan is wederom deze tabel geen geldig back-updecompressiemiddel.

- We kunnen een bail-outplan opmaken dat rekening houdt met de eerste duik van de buddy (planningssoftware of duikcomputer buddy).
- We kunnen de duik aanpassen zodat we binnen de multijden blijven duiken. Valt de computer uit dan doen we gewoon een veiligheidstrap van 5 minuten op 5 meter.
- We kunnen ook afspreken dat we maximum 10 minuten trap zullen maken. We zorgen er voor dat we steeds ver genoeg van deze 10 minuten weg blijven. Valt de computer uit, dan stijgen we onmiddellijk naar trapdiepte en doen we deze 10 minuten trap voor alle veiligheid. Zorg ervoor dat er geen trappen moeten gemaakt worden op meerdere dieptes want dan ben je ook al vlug de tel kwijt. Deze oplossing en ook de vorige kunnen beschouwd worden als een bail-outplan. Het belang van bail-outplanningen kan niet genoeg onderstreept worden.