

Diepe stops: zin of onzin...?

Je hebt misschien al in de wandelgangen gehoord dat er in de nieuwe NOB Gevorderd Nitroxopleiding (is in de maak) geen gebruik meer wordt gemaakt van diepe stops, zoals de Pyle-stops. In het hoofdstuk over decompressie in het 3*-boek en in de specialisatie Decompressieduiken werd nog wél volop gerekend met Pyle-stops. Je vraagt je dus wellicht af: wat is er veranderd tussen het moment van schrijven van die boeken en nu?

Het antwoord is: voortschrijdend inzicht.

De toepassing van diepe stops in het recreatieve duiken vindt nog niet erg lang plaats. Het is over komen waaien vanuit het technische duiken. De afgelopen tien jaar is het daar populair geworden door de toepassing van Gradient Factors, bovenop de vertrouwde Bühlmann-tabellen. Ook de introductie van de vrij nieuwe VPM- en RGBM-decomodellen speelde daarbij een belangrijke rol. Deze zijn gebaseerd op zowel de oplossing van gas in weefsels, als op de groei en krimp van bellen. Gebruik van VPM of RGBM leidt eigenlijk altijd wel tot de generatie van diepere stops dan we gewend zijn uit bijvoorbeeld de NOB-DCIEM- of de US Navy-tabellen.

We noemen deze nieuwe modellen *dual phase*, oftewel twee-fasenmodellen, omdat ze zowel de gas-in-oplossingfase, als de fase waarin het gas al een bel heeft gevormd in beschouwing nemen.

Aan het eind van de jaren '90 ontstond een idee van "*Diepe stops zijn altijd beter dan alleen maar ondiepe stops*". De behoefte aan diepere stops leidde onder andere tot de ontwikkeling van het Gradient Factor-mechanisme bovenop het veel gebruikte Bühlmann-model, zoals dat in veel duikcomputers gebruikt wordt. Dit extra mechanisme was nodig omdat het 'kale' Bühlmann-model geen diepe stops genereert.

Zonder hier nu diep in te gaan op de werking van het Gradient Factor-mechanisme is het belangrijk te weten dat je dit mechanisme beschrijft met twee getallen, die een norm vormen voor de mate waarin dit mechanisme invloed heeft op het Bühlmann-model: de "Gradient Factor Low" en de "Gradient Factor High". Je drukt deze uit in een fractie tussen 0 en 100%. Hoe kleiner de waarde (bijv. 15%), hoe groter de invloed van de gradient factor op het onderliggende Bühlmann-model en dus hoe dieper en/of hoe langer de berekende stops worden.

Met name een lage waarde voor de Gradient Factor Low leidt vrijwel altijd tot het ontstaan van diepere stops dan een gewoon 'kaal' Bühlmann-model zou genereren.

Een lage waarde voor de Gradient Factor High leidt niet zozeer tot diepe stops, maar tot langere stoptijden voor de ondiepe stops.

Door toepassing van dit mechanisme kon dus in de behoefte worden voorzien om diepe stops ook beschikbaar te maken bij gebruik van de 'oude' Bühlmann-tabel.

Een model is echter altijd slechts een versimpelde voorstelling van de werkelijkheid.

We proberen daarmee in een paar simpele (nou ja, simpele....) wiskundige formules te beschrijven wat er in het complexe menselijke lichaam gebeurt tijdens een duik.

We weten echter ook al sinds de tijd van professor J.S. Haldane, aan het begin van de vorige eeuw, dat het menselijk lichaam zich ogenschijnlijk makkelijk laat modelleren, maar dat zo'n model zeker niet perfect is: het blijft maar een benadering. Daarom zijn heel veel duikmodellen in de praktijk gevalideerd en als gevolg daarvan bijgesteld – *getuned* zeg maar. Dat valideren gebeurt door mensen, of qua lichaamsbouw op mensen lijkende dieren (geiten of varkens) duiken te laten maken volgens het berekende model en dan te kijken of de verschijnselen van decompressieziekte inderdaad weg blijven. Dat valideren gebeurt ook door met behulp van Doppler-metingen na een duik te kijken hoeveel bellen er in de bloedbaan van de duiker zijn ontstaan.

Ook hier is echter recent discussie over ontstaan: het is lang niet zeker dat een met behulp van Doppler geconstateerde grote hoeveelheid bellen in de bloedbaan ook

daadwerkelijk zal leiden tot verschijnselen van decompressieziekte. Er is zeker nog geen hard verband tussen die twee aangetoond. Aan het eind van deze paragraaf vind je een stukje achtergrondinformatie over de toepassing van Doppler-onderzoek voor het voorspellen van de kans op decompressieziekte.

De oorspronkelijke Haldane-, Bühlmann- en DCIEM-tabellen zijn alle in de praktijk gevalideerd. Haldane deed dat door duikers in gecontroleerde omstandigheden te laten duiken en vervolgens te kijken of er verschijnselen van decompressieziekte ontstonden. De Bühlmann- en DCIEM-tabellen zijn daarnaast ook gevalideerd met behulp van Dopplermetingen, terwijl Bühlmann ook nog testen met proefdieren in de decompressietank heeft uitgevoerd. Deze drie tabellen moesten allemaal na de testen conservatiever bijgesteld worden; zo zie je dus maar weer dat een goed ogend model niet altijd precies zo blijkt te werken als je vooraf had gehoopt.

De VPM- en RGBM-tabellen zijn nog vrij nieuw en ze gaan pas echt fors van de oudere modellen en tabellen afwijken als je diepe en lange duiken maakt. We hebben het dan echt over duiken van een half uur of meer bodemtijd naar dieptes van 60 tot soms wel 150 meter of meer.

Het zal je duidelijk zijn dat het niet zo makkelijk is om dit gebied te valideren, omdat er gewoonweg niet zo veel duikers zijn die dat soort extreme expeditie-achtige duiken maken. Er is mede daardoor nog niet veel wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de juistheid van de VPM- en RGBM-modellen: er heeft slechts weinig validatie in de praktijk plaats gevonden.

Dat geldt overigens ook voor de DCIEM-tabellen op de bovengenoemde grotere dieptes. De conclusie is dus dat we gewoon nog te weinig van deze modellen weten om met zekerheid te kunnen zeggen of diepe stops de veiligheid van het duiken nu verhogen of niet.

Om toch te proberen op deze vraag een antwoord te geven, werd in juni 2008 door de Undersea & Hyperbaric Medical Society (UHMS) een workshop georganiseerd in Amerika. Tijdens deze workshop waren vrijwel alle knappe koppen op het gebied van decompressie-modellen aanwezig: voor- en tegenstanders van diepe stops, medici, tabellenmakers, vertegenwoordigers van diverse Marines (waaronder de Nederlandse) en van grote technische duikorganisaties en duikbedrijven.

Na twee lange dagen van heel veel presentaties en discussies konden ze het echter helaas niet eens worden over een aanbeveling. Eigenlijk was de conclusie: we weten het nog niet echt; er zal eerst meer onderzoek moeten worden gedaan.

Letterlijk was de slotconclusie: *"In respect of decompression diving there is conflicting evidence regarding the relative efficacy of decompression regimens that include empirical or model-derived deep stops and decompression regimens prescribed by gas content models"*.

Vrij vertaald: er is conflicterende informatie uit de wetenschappelijke literatuur over de werkzaamheid van diepe stops. Dit betreft zowel diepe stops die voortkomen uit de nieuwere bellen-modellen, als de diepe stops die voortkomen uit aangepaste gas-oplossing-modellen, zoals Bühlmann met Gradient Factors. Uiteraard geldt dit ook voor Pyle-stops.

Als je hier meer over wilt lezen, kun je op internet het volledige workshoprapport bestellen. De titel is: "Decompression and the Deep Stop Workshop Proceedings" met ISBN-nummer 0-930406-24-9.

Als zoveel specialisten bij elkaar eigenlijk niet goed kunnen zeggen of diepe stops de decompressie nu verbeteren of niet, dan past ons als NOB uiteraard alleen maar bescheidenheid. De Medische Commissie van onze NOB heeft daarom het principe "bij twijfel niet inhalen" toegepast en gesteld dat er voorlopig onvoldoende reden en wetenschappelijke onderbouwing is om diepe stops toe te gaan passen. We zijn dus in wezen een beetje door de harde werkelijkheid ingehaald en daarom vind je geen diepe

stops meer terug in het nieuwe Gevorderd Nitrox cursusboek dat momenteel in ontwikkeling is. Ze zullen ook in een volgende versie van de cursusboeken voor 3* en de specialisatie Decompressieduiken gaan verdwijnen.

Let wel: de conclusie van bovengenoemde workshop was óók niet dat diepe stops per definitie 'fout' zijn!

Er zijn aanwijzingen dat het soort duik, bijvoorbeeld 'lang en diep' versus 'kort en diep', hierbij een rol speelt. Het zou dus heel goed kunnen zijn dat we over een paar jaar, gebaseerd op meer aanvullend onderzoek, met meer zekerheid kunnen stellen dat diepe stops wellicht toch goed zijn – of juist niet, of alleen zinvol voor een bepaald soort duikprofiel.

Maar nu, in 2009, bij de ontwikkeling van het nieuwe Gevorderd Nitrox boek, kunnen we dat nog niet met voldoende zekerheid zeggen en dus blijven we binnen de NOB voorlopig tabellen gebruiken (DCIEM en Bühlmann) zonder extra voorzieningen die diepe stops generen, zoals Pyle-stops of Gradient Factors.

Zo zie je maar weer: duiken is niet echt een exact vak en soms leidt voortschrijdend inzicht tot een bijstelling van eerder ingenomen standpunten. Al doende leert men!

Je zult je wellicht ook afvragen: *“waarom komen ze in de Gevorderd Nitrox opleiding ineens met het Bühlmann-model op de proppen? Is het vertrouwde NOB-DCIEM model niet meer goed genoeg..?”*

Het antwoord daarop is: er is helemaal niks mis met de DCIEM-tabel. Die blijven we ook gewoon gebruiken voor de niet-technische opleidingen binnen de NOB (1, 2 en 3*). Binnen de Gevorderd-Nitroxopleiding is het echter nodig om met een model te kunnen werken waarvoor ook computerprogramma's beschikbaar zijn waarmee je complexe duiken snel, veilig en betrouwbaar door kunt rekenen.

Met 'complex' bedoelen we dan met name duiken waarin binnen één duik van meerdere ademgassen gebruik wordt gemaakt, bijvoorbeeld Nitrox-32 (EAN32) voor het bodemdeel van de duik en Nitrox-50 (EAN50) tijdens de decostops, om zodoende die stops te kunnen verkorten. Helaas was er niet zo'n computerprogramma voor het DCIEM-model beschikbaar, maar gelukkig wel voor het Bühlmann-model. De NOB gaat daartoe een samenwerking aan met Kees Hofwegen, de auteur van het bekende decompressieprogramma GAP (zie www.gap-software.com) om een speciale versie van zijn programma voor de NOB te ontwikkelen.

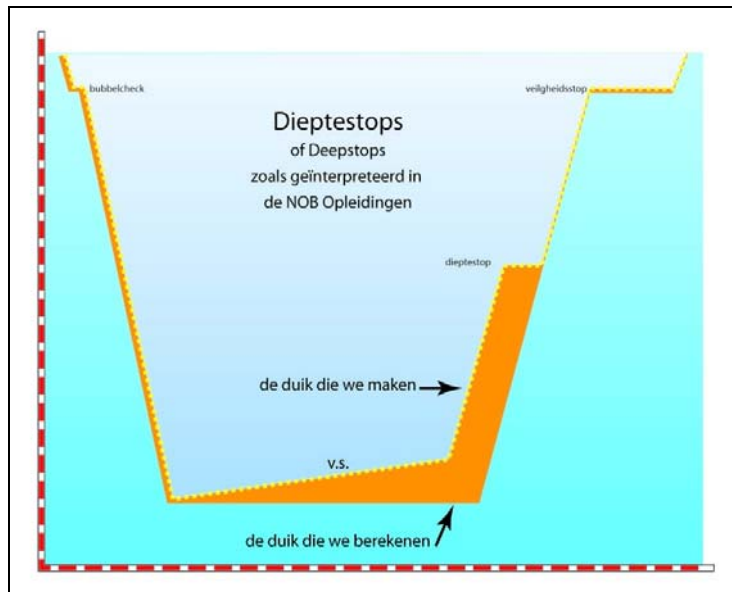
Misschien denk je na dit alles ook: *“Maar ik maak nu al weer twee jaar lang duiken met de NOB-DCIEM-tabel en Pyle-stops! Heb ik dan een onnodig groot deco-risico gelopen?”*

Het antwoord daarop is een volmondig: nee!

De wijze waarop de NOB de Pyle-stops heeft geïmplementeerd, leidt nooit tot een reductie van de decostoptijden op de gewone ondiepere stops; iets dat bijvoorbeeld bij de VPM- of RGBM-modellen wél mogelijk is.

De tijd die je spendeert op de berekende Pyle-stopdieptes wordt immers toegevoegd aan de bodemtijd. De duik wordt vervolgens doorgerekend als een gewoon emmerprofiel volgens die verlengde fictieve bodemtijd. Anders gezegd: je maakt in wezen een multi-level duik binnen de ruimere contouren van een emmerprofielduik, waarbij de duik qua decompressie gewoon berekend wordt als een recht-toe-recht-aan NOB-DCIEM-duik. De duik is daardoor qua decompressieberekening conservatiever en zal dus hooguit tot langere ondiepe stops leiden, maar nooit tot kortere. Dit kun je in het plaatje op de volgende bladzijde nog eens duidelijk zien.

Maar risico of niet: we moeten consistent zijn in onze herziene benadering van diepe stops. Dat betekent dat we niet meer aan diepe stops doen en dus ook van de Pyle-stops afscheid nemen.



(Copyright Hes van Schoonhoven)

Doppler-onderzoek: het magische antwoord of niet?

Doppler-onderzoek wordt de laatste jaren nog wel eens naar voren geschoven als het ultieme antwoord op de vraag of een duiker na een duik kans loopt op decompressieziekte of niet. Doppler-onderzoek lijkt simpel: er is geen heel dure apparatuur voor nodig en het is niet intrusief (er hoeft niet geprikt o.i.d. te worden). Het onderzoek vindt plaats door ultrasoon geluid uit te zenden en dit met een heel gevoelige microfoon weer op te vangen en weer te geven. Dit gebeurt op specifieke plaatsen van het lichaam waar grote aderen dicht onder de huid liggen. Dat geluid, een soort ruis, wordt geproduceerd door de bellen die zich in het bloed bevinden en tegen elkaar en de aderwand aanbotsen. Daar zit overigens meteen het eerste probleem: het vergt veel training om het geluid goed te analyseren en in een zogenaamde Doppler-score te vertalen. Die Doppler-score is een norm voor het aantal bellen dat zich in de bloedbaan bevindt. Het is dus niet voldoende om zo'n apparaat te hebben: je moet ook goed zijn opgeleid om ermee om te kunnen gaan en de juiste conclusie uit het geproduceerde geluid te trekken.

Er is inmiddels veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen een hoge Doppler-score (dus veel bellen in het bloed) en de kans dat de duiker ook daadwerkelijk verschijnselen en klachten van decompressieziekte krijgt. Helaas moeten we constateren dat er niet zo'n harde relatie blijkt te bestaan. Je kunt dus een hoge Doppler-score hebben en toch niet ziek worden; andersom kan echter ook.

De mogelijke oorzaken waarom Doppler toch niet het magische antwoord is, zijn nog niet duidelijk. Mogelijk (maar dus niet zeker!) spelen de volgende aspecten daarin mee:

- de meest gehanteerde Doppler-techniek meet mogelijk alleen de bellen in het aderlijk (veneuze) bloed. De bellen hierin zijn op weg naar de longen en kunnen daar nog worden weggefilterd, voordat ze schade aanrichten;
- verder zegt de hoeveelheid bellen in het bloed mogelijk weinig over de belvorming in de andere weefsels, zoals het centrale zenuwstelsel of de gewrichten. En deze laatste zijn met name bepalend voor het optreden van decompressieziekte en de gevreesde weefselschade. Uiteraard is er altijd wel iets van een correlatie tussen de hoeveelheid bellen in het bloed en in andere weefsels, maar bloed is gewoon een heel ander weefsel met andere opname- en afgiftekenmerken dan andere weefsels;
- ook onderzoek in hoeverre de hoeveelheid bellen in het bloed met subklinische schade correleert, is er nog niet. Met subklinisch bedoelen we schade die ontstaat zonder dat de patiënt dit merkt, dus zonder dat er klachten optreden. Die schade kan zich echter op de lange termijn opstapelen en alsnog problemen opleveren.

Het is ook haast te mooi om waar te zijn dat de Doppler-methode een zeer gevoelige test is die – voordat er daadwerkelijk klachten optreden – kan aantonen dat er schade door decompressieziekte is. Was het maar waar.... Kortom: ook op dit gebied zijn we er nog lang niet in de wetenschap!