

## GUE Gasmanagement – Introductie

Door Anton van Rosmalen en Robert Leenen

Je zit op 30 meter diepte en je hebt nog 10 bar in je fles. Nu beslissen: een kans op DCS of verdrinken. ...Wat doe je?

Het antwoord op deze vraag is voor iedereen zonder suïcidale neigingen eenvoudig. Bij een keuze tussen de kans op pijn of een zekere verdrinkingsdood zal iedereen kiezen voor de eerste optie. Kort gezegd: gas is veel belangrijker dan decompressie.

Iedereen lijkt dit te begrijpen aangezien het cliché *“Plan je duik en duik je plan”* er reeds vanaf de eerste theorieles bij iedere beginner ingeprent wordt. Waar echter geen bevredigend antwoord op gegeven wordt is de vraag: *“Hoe doe ik dat dan?”*

### **“Plan je duik en duik je plan”**

Gasberekeningen maken zittend achter een bureau als je beschikt over pen, papier en een rekenmachine is heel eenvoudig. Daar waar geleerden hun hoofd breken over wat nu precies de juiste decompressie is, is voor gasmanagement niet meer nodig dan wat rekenvaardigheden die -als het goed is- zijn opgepikt op de lagere school.

Dit doet onmiddellijk de vraag rijzen waarom er dan niet een eenvoudige, praktische en algemeen geaccepteerde methode door de reguliere opleidingsinstituten is ontwikkeld en uitgedragen wordt.

In theorieboeken en in internetdiscussies wordt veel aandacht besteed aan het omgaan met decompressie met als doel het voorkomen van decompressieziekte. Lange avonden worden besteed aan het doorgronden van het gedrag van bellen in weefsels en menig discussie wordt gewijd aan het verfijnen van opstijgprofielen. Dit terwijl een groot deel van de decompressie ongevallen veroorzaakt wordt door het overslaan van stops als gevolg van een gebrek aan gas.

In dit artikel wordt een poging gedaan een eenvoudige en praktisch toepasbare methode voor het plannen van duiken aan te reiken. Hopelijk zal het duikers laten inzien dat *“Plan je duik en duik je plan”* niet iets is dat tijdens een theorieavond voor beginners in een clubhuis verkondigd moet worden maar dat het ook echt een plaats verdient aan de waterkant.

### **De Klassieke Methode**

Eerst bekijken we de *“klassieke methode”* om een gasberekening te maken en die werkt als volgt:

- Neem een profiel in gedachten; tijd en diepte
- Bereken gasverbruik voor afdaling, bodemfase en opstijging.
- Kijk of je met 50 bar in de fles boven komt.
- Pas bodemtijd en vervolgens de bijbehorende opstijging net zo lang aan dat je op die 50 bar uit komt.

Deze methode roept een aantal fundamentele vragen op:

- *Waarom 50 bar en niet 60, 75 of 43 bar?*  
Waar is deze hoeveelheid eigenlijk op gebaseerd? Lekker rond getal? Makkelijk onthouden? ...Omdat de wijzer van manometer daar in het rood gaat?
- *Wanneer moet aan een opstijging worden begonnen?*  
50 bar overhouden aan de oppervlakte is eigenlijk een volkomen irrelevant gegeven. Niemand is geïnteresseerd in dingen die niet gebruikt worden. Zo wil een automobilist niet weten hoeveel liters hij over heeft als hij de pomp eenmaal gehaald heeft, maar liever tijdig weten wanneer hij moet gaan tanken om niet zonder brandstof komen te staan. Een duiker wil na afloop niet weten hoeveel langer zijn duik nog had kunnen duren. De échte vraag zou eigenlijk moeten zijn: hoeveel gas is nodig om een opstijging te kunnen maken zonder dat er, in het meest ongunstige scenario, een gastekort kan ontstaan?
- *Hoe kan ik deze ingewikkelde berekening snel toepassen?*  
Hoe ga je bovenstaande proces van trial-and-error toepassen als je vlak voor de duik hoort dat het wrak of rif toch op een andere diepte ligt dan waarvoor is gepland?

### **Problemen met deze methode**

Het probleem van deze klassieke methode is dat hij niets zegt over het moment waarop je je duik moet afbreken. Er wordt niet of nauwelijks rekening gehouden met verschillende soorten apparatuur (cilindermaten), verschillende dieptes, falende apparatuur en het feit dat je met een buddy duikt.

Tegelijk is de klassieke methode zeer exact: tot op de minuut, de meter waterdiepte en op een liter nauwkeurig wordt gebruik makend van een zo laag mogelijke Surface Air Consumption (SAC) per individueel onderdeel van het (denkbeeldige) duikprofiel berekend hoeveel gas verbruikt zou worden om zo tot een exact aantal liters gas te komen.

In een ideale wereld zouden we inderdaad in staat zijn om ook werkelijk dit exacte plan uit te voeren. De wereld is echter niet ideaal en duiken volgens een dergelijk nauwkeurig plan is dan ook niet of nauwelijks mogelijk. Veel duikers beseffen dit ook en zien dan ook de beperkte toegevoegde waarde van de moeite die het kost om een dergelijk plan te maken. Op basis van wat er tijdens de duik te zien is en wat ervaring, wordt daarom op een willekeurig moment een opstijging ingezet met de bedoeling om met de eerder genoemde 50 bar boven te komen. Wanneer het exact moment gekozen moet worden om aan de opstijging begonnen moet worden, wordt een ruime marge vaak te conservatief en zonde van gas en duiktijd gevonden.

De klassieke methode geeft duikers onvoldoende houvast op kritieke momenten, is te ingewikkeld en daarom in de praktijk te weinig toegepast.

### **De 1/3 regel**

Veel duikers leren, bij gebrek aan een nauwkeurige of praktische berekening, gebruik te maken van de 1/3 regel. Bij deze regel wordt een derde van het gas gebruikt voor de heenweg, een derde voor de terugweg en een derde als reserve. Hoewel het voor menig recreatieve duik (zonder decompressieverplichting dus) op zich geen slechte benadering is, geeft deze regel nog steeds maar een beperkt houvast voor de duiker en kan het niet echt bestempeld worden als een duikplan. Profielen waarbij dit te agressief of te conservatief is, zijn eenvoudig te bedenken.

De 1/3 regel is afkomstig uit het grotduiken en wordt ook wel de *Rule of Thirds* genoemd. Deze regel komt meer tot zijn recht bij het plannen van een verre duik (horizontale afstand), dan het plannen van een diepe duik omdat de terugweg bij een diepe duik langer duurt dan de heenweg.

## Software

Decompressiesoftware zoals Decoplanner, GAP en V-Planner geven ook een indicatie van de hoeveelheid gas die nodig is voor een bepaalde duik. Deze software houdt echter geen rekening met noodgevallen zoals een buddy die zonder gas komt te zitten.

## ...Maar hoe moet het dan wél?

Een praktische gasplanning is niet gebaseerd op een standaard getalletje van 50 bar, maar dient rekening te houden met de bijzonderheden van de duik, houdt rekening met mogelijke problemen en is niet meteen waardeloos zodra wordt afgeweken van het oorspronkelijke plan. Tenslotte moet de planning snel op te stellen zijn, zonder het gebruik van computers of een rekenmachine. De ervaring leert dat een planning waarbij veel rekenwerk komt kijken in de praktijk eigenlijk niet opgesteld wordt.

De planning die op deze pagina's wordt toegelicht is de methode die wordt aangeleerd bij de duikopleidingen van Global Underwater Explorers (GUE). De methode van GUE wijkt erg af van wat de traditionele (technische) organisaties instrueren tijdens hun opleidingen.

Deze methode lijkt op het eerste gezicht omslachtig, maar is dat niet. Je voert de meeste berekeningen namelijk eenmalig uit en kan daar bij latere duiken van profiteren. Het resultaat is een realistische gasplanning die snel kan worden aangepast aan wisselende omstandigheden.

Een veelgehoord commentaar op de GUE methode is dat het te conservatief zou zijn, wat weer zou resulteren in kortere bodemtijden en het gebruik van te grote flessen.

## Uitgangspunten

Aan de basis van GUE gasplanning staan een aantal uitgangspunten:

- Je hebt een realistisch beeld van het eigen gasverbruik.
- We duiken met een buddy en willen ook altijd met die buddy boven kunnen komen.
- We gaan uit van een standaardopstijging waar we eventueel een decompressieverplichting aan toevoegen.
- Vanaf het moment dat de duik begint zijn we op de bodem, de afdaling is dus onderdeel van de bodemtijd.
- Bij de berekeningen gaan we steeds uit van flessen die zijn gevuld tot 200 bar. Er wordt veel gevuld tot 232 bar, maar de praktijk leert dat deze druk vaak rond de 200 bar uitkomt als gevolg van warmteontwikkeling tijdens het vullen en het koude water waarin gedoken wordt. Het is daarom niet realistisch om met drukken hoger dan 200 bar te plannen. Hierbij moet worden opgemerkt dat binnen het DIR systeem geen gassen op 300 bar worden gebruikt.

### **GUE gasplanning gaat op hoofdlijnen als volgt:**

1. Bepaal de gemiddelde Diepte voor je duik
2. Bepaal de bijbehorende hoeveelheid Minimum Gas voor de opstijging
3. Plan de Bodemtijd en Decompressie
4. Bepaal de Turnpressure

Noot: Dit artikel behandelt de basis onderdelen van de GUE methode. Er worden geen voorbeelden gegeven van het maken van een gasplanning waarbij bodemstages of aparte decompressiegassen worden gebruikt. Hier zijn aparte richtlijnen voor die naadloos aansluiten bij de in dit artikel behandelde procedures. Om deze correct aan te leren wordt aangeraden om een passende GUE opleiding te volgen.

## **Stap 1: Diepte**

Het gasverbruik is ondermeer afhankelijk van de diepte waarop een duiker zich bevindt. Voor een conservatieve benadering van het verwachte gasverbruik (of als je gewoonweg geen idee hebt wat de gemiddelde diepte gaat worden) zou je uit kunnen gaan van de maximale verwachte diepte gedurende de duik.

### **Gemiddelde diepte**

Bij de meeste duiken blijft de duiker niet de gehele bodemtijd op de maximale diepte. Meestal wordt het diepste punt slechts even 'aangetikt' om vervolgens een geleidelijke opstijging te maken. Het gebruik van de verwachte gemiddelde diepte van de duik levert dan ook een nauwkeuriger benadering voor het gasverbruik op.

#### **Voorbeeld 1: Vinkeveen, Zandeiland 4**

Het plan is om het grootste deel van de duik langs de lijn te zwemmen die zich op ongeveer 10 meter bevindt. Het is echter wel de bedoeling dat het diepe platform op 18 meter even wordt aangetikt. Als je conservatief zou willen plannen zou je dus uit kunnen gaan van 20 meter diepte terwijl het waarschijnlijk realistischer is om gewoon 10 meter, of iets dieper, aan te houden. Het gaat er in dit geval vooral om dat de duiker zich van tevoren even de vraag stelt wat de meest realistische diepte zou zijn om het plan op te baseren.

#### **Voorbeeld 2: Noordzee wrakduik**

Bij een (Noordzee) wrakduik is deze stap tamelijk eenvoudig. Een blik op de dieptemeter van het schip is voldoende om een indicatie te hebben. Als dit te kort dag is, dan is de diepte waarop een wrak ligt doorgaans wel via internet te achterhalen.

## Stap 2: Minimum Gas

Deze paragraaf gaat over het belangrijkste deel van de duik: de opstijging. Wat we ook gaan doen, we willen immers altijd weer -als team- bovenkomen.

Het idee is dat we, zodra bekend is hoeveel gas nodig is voor de opstijging, kunnen bepalen hoeveel gas er beschikbaar is voor de bodemfase.

Eerst dus maar eens berekenen wat voor opstijging er hoort bij de geplande duik. Daarna berekenen we hoeveel gas daarvoor nodig is. Hierbij wordt altijd uitgegaan van een worst case scenario: de noodopstijging. Als het plan volstaat in het meest slechte scenario, dan volstaat het ook in alle andere gevallen.

De noodopstijging bestaat uit de volgende fases:

- Eén minuut op de bodem om een probleem op te lossen. Probeer overigens maar eens in het zwembad of je ook echt in staat bent om een probleem in een minuut op te lossen.
- Opstijgen met 10 meter per minuut tot 50% van de diepte bij een recreatieve duik, opstijgen tot 80% van de druk op diepte bij een duik met een decompressieverplichting.
- Opstijgen met 3 meter per minuut tot aan de volgende gasvoorraad (oppervlakte of fles met decompressiegas).

### Minimum Deco

De spreuk *“Iedere duik is een decompressieduik”* wordt door DIR duikers letterlijk genomen. In de praktijk betekent dit dat iedere opstijging wordt voorzien van een reeks stops en dus niet alleen een enkele veiligheidsstop. Deze minimale decompressieverplichting wordt ook wel *“Minimum Deco”* genoemd en er is een speciale tabel voor beschikbaar op [www.DIR-Diver.com](http://www.DIR-Diver.com).

Er zijn natuurlijk verschillende visies op welke stops nu strikt noodzakelijk zijn en welke niet. Ook de wetenschap biedt hierin geen eenduidig antwoord. Vanuit het DIR perspectief worden de Minimum Deco stops echter -altijd- gemaakt. Minimum Deco wordt in dit artikel niet verder toegelicht, maar het is belangrijk om te weten dat het wel van invloed is op de opstijging en daarmee dus ook de gasplanning.

De zojuist beschreven opstijging moet door twee personen op één gasvoorraad gemaakt kunnen worden. Verder gaan we er vanuit dat de duikers door de stress anderhalf keer hun normale gasverbruik hebben.

### Voorbeeld: Noodopstijging

Bereken de benodigde hoeveelheid Minimum Gas voor een recreatieve duik naar 30 meter diepte.

### Noodopstijging

Eerst bereken je hoe lang de opstijging duurt vanaf 30 meter diepte. Je houdt rekening met Minimum Deco voor deze diepte komt dit op het volgende meer:

	Benodigde tijd (min.)
Probleem oplossen op 30m	1
Opstijgen 30m → 15m	2
15m	1
12m	1
9m	1
6m	1
3m	1
<b>Totaal</b>	<b>8</b>

Bovenstaande is een noodopstijging, er worden dus geen niet strikt noodzakelijke stops gehouden, zoals bijvoorbeeld een veiligheidsstop.

### Minimum Gas / Rockbottom

Nu bekend is hoe de noodopstijging van je geplande duik er uit ziet, kan de hiervoor benodigde hoeveelheid gas worden berekend. Dit is je "Minimum Gas" en wordt door GUE ook wel "Rockbottom" genoemd.

Minimum Gas is als volgt te bepalen:

Twee duikers \* SAC \* 1.5 stressfactor = Gasconsumptie tijdens noodopstijging

Bij een SAC van 20 liter/minuut onder normale omstandigheden resulteert dit in de volgende berekening:

Twee duikers \* 20 liter/minuut \* 1,5 stressfactor = 60 liter/minuut tijdens noodopstijging.

Voor de hele opstijging wordt dit dan als volgt in een tabel gezet om inzicht te krijgen in de benodigde liters gas:

	Gemiddelde druk	Tijd	Verbruik
Oplossen probleem op 30 m	4 bar	1 min.	240 liter
Opstijgen van 30 m → 15 m	3 bar	2 min.	360 liter
Opstijgen van 15 m → 0 m	2 bar	5 min.	600 liter
<b>Totaal</b>			<b>1200 liter</b>

Het getal in de vierde kolom (gasverbruik in deze fase van de opstijging) komt als volgt tot stand:

Verbruik (in liters) = 60 liter/minuut \* gemiddelde druk \* tijd

### Variabele veiligheidsmarge

Als bovenstaande getal uitgezet wordt tegen een aantal veelgebruikte flesvolumes levert dat (na afronding) de volgende tabel op voor de minimaal benodigde hoeveelheid gas op een diepte van 30 meter:

Fles	12	15	D12	D15
Minimum gas (bar)	100	80	50	40

Interessant is dat de gebruikelijke “veiligheidsmarge” daardoor opeens flesafhankelijk blijkt te zijn! Een standaard hoeveelheid gas van 50 bar hoeft dus niet altijd voldoende te zijn voor het maken van een noodopstijging.

De 50 bar veiligheidsmarge die veel duikers hanteren blijkt wél te kloppen indien gebruik gemaakt wordt van een 12 literfles bij een duik naar 30 meter. ...Mits dus al bij 100 bar met de opstijging begonnen wordt, alleen dan hou je immers de gewenste 50 bar over aan de oppervlakte.

Zolang je echter niet weet dat je met 100 bar in je fles moet beginnen aan je opstijging, blijft het een gok met welke hoeveelheid gas je aan de oppervlakte gaat verschijnen.

Bovenstaande berekeningen lijken erg voor de hand liggend, maar zijn helaas geen realiteit bij de meeste duikopleidingen. Veel organisaties hanteren standaard een marge van 50 bar maar zijn onduidelijk over het moment waarop aan de opstijging begonnen moet worden. De “oplossing” die bij diepe duiken nog weleens wordt gehanteerd is “alvast opstijgen” bij 70 bar. Die 70 bar is echter vooral gebaseerd op gevoel in plaats van een eenvoudig rekensommetje.

Dit soort berekeningen van Minimum Gas lijken behoorlijk uitgebreid, maar het voordeel is dat je het maar eenmaal hoeft te berekenen voor de combinatie van je eigen duikflessen en SAC. Op deze manier is Minimum Gas te berekenen voor een aantal dieptes en kan een persoonlijke tabel worden gemaakt. Dit voorbeeld is gebaseerd op een SAC van 20 liter/ minuut:

Minimum gas	Tankinhoud				Tijd tot oppervlakte	Liters tot oppervlakte	Deepstops vanaf
	12	15	D12	D15			
<b>Recreatief: Alleen backgas</b>							
Toevoegen per minuut deco	8	6	4	3		100 (l./min.)	
20m	60	50	40	40	6 min.	720 liter	9m
30m	100	80	50	40	8 min.	1200 liter	15m
<b>Technisch: EAN50 vanaf 21 meter</b>							
30m			40	40	3 min.	630 liter	21m
40m			60	50	6 min.	1440 liter	30m
50m			100	80	9 min.	2430 liter	36m
60m			150	120	12 min.	3600 liter	45m

**Tabel 1: Minimale hoeveelheid gas (in bar) benodigd voor een noodopstijging**

Het gedeelte onder “Tankinhoud” kan het beste overgenomen worden in wetnotes zodat het beschikbaar is indien er gepland moet worden. Het rechter deel is vooral onderbouwing van de cijfers.

De tabel bestaat uit twee gedeelten: Recreatief en Technisch, oftewel met en zonder gebruik van stages. Duiken dieper dan 30 meter worden gezien als technische duiken waarbij waarschijnlijk gebruik gemaakt wordt van een stage met decogas. In een later voorbeeld zal worden toegelicht waar deze veronderstelling op gebaseerd is.

De tabel gaat verder nergens onder de 40 bar aangezien manometers doorgaans onnauwkeurig zijn in dit gebied. Op basis van de kolom "*Liters tot oppervlakte*" kan de exacte hoeveelheid druk alsnog berekend worden en kan de tabel ook geconverteerd worden naar andere flesvolumes zoals D7 en 10 liter en de Alu80 waar je op vakantie mee duikt. "*Liters tot oppervlakte*" en "*Tijd tot oppervlakte*" dienen in het onderste deel van de tabel overigens gezien te worden als liters en tijd tot de volgende gasvoorraad: EAN50 vanaf 21 meter.

In een opstijging naar een stage wordt rekening gehouden met een gasswitch van een minuut.

Een opstijging van een recreatieve duik vindt uit decompressie-overwegingen plaats tot de helft van de diepte in plaats van 80% van de druk op diepte zoals in de kolom "*Deepstops vanaf*" terug te zien is.

Als er sprake is van een decompressieverplichting dan zal deze tijd doorgebracht worden op een gemiddelde diepte van 6 meter. Per minuut verplichte stop dient dan een bepaalde voorraad, weergegeven in de rij "*Toevoegen per minuut deco*", gereserveerd te worden. Deze rij staat onder het recreatieve deel van de tabel aangezien voor technische duiken uitgegaan wordt van een aparte gasvoorraad decompressiegas.

### **Een paar opmerkingen bij Minimum Gas**

In de berekening is uitgegaan van een SAC van 30 liter/minuut (stressfactor 1,5 met een SAC van 20 l/min) in een gecontroleerde opstijging waarin flink gewerkt moet worden en er van enige stress waarschijnlijk wel sprake is. Besef dat een SAC van 30 nog redelijk laag is als er écht sprake is van stress.

Ondanks dat de kans dat een duiker precies op het allerlaatste (geplande) moment van de duik volledig zonder gas komt te zitten wel zeer klein is, betekent Minimum Gas ook echt minimum gas: het absolute minimum dat je nodig hebt om in het slechtste geval heelhuids boven te komen. Het feit dat dit het absolute minimum is betekent dus dat je ook echt maar 1 minuut hebt om een probleem op te lossen, vervolgens niet te langzaam stijgt, strak op een stop aankomt meteen goed hangt en precies op tijd weer doorstijgt. Neem je te veel tijd dan kom je uiteindelijk zonder gas te zitten en zal je dus alsnog de reeds minimaal aangenomen deco over moeten slaan. Je kunt je dus afvragen hoe slim het is om deze uiterste grens als moment van opstijgen aan te houden.

### **Vorbij Minimum Gas = Solo duiken**

Laten we eens stilstaan bij de betekenis van de vorige opmerkingen: besef dat vanaf het moment dat een duiker voorbij Minimum Gas gaat hij/zij op dat moment niet meer in staat is om een buddy in nood volledig te helpen tot aan de oppervlakte. Oftewel: De buddy van een duiker die voorbij Minimum Gas duikt, duikt in feite solo zonder hier zelf van op de hoogte te zijn!



## Stap 3: Bodemtijd en Deco

De planning van je duik is dus geheel afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar gas. Het is dus mogelijk om de hele duik op de manometer te maken in plaats van de klok. Om een tweetal redenen is het echter makkelijker om druk en tijd aan elkaar te relateren:

- Decompressie is afhankelijk van tijd op de bodem en niet van druk in je fles. Het is makkelijker om op een computer of bottomtimer te kijken dan om op een manometer, aangezien de timer vaak op de pols zit. Verder hebben veel mensen meer gevoel bij de kreet *“Na vijf minuten”* dan bij *“Nadat je 30 bar verbruikt hebt”*.
- Als je weet wat het verwachte verbruik is per tijdseenheid geeft een afwijking van die verwachting een belangrijk signaal. Een afwijking kan duiden op zwaar werken op diepte, stress, kranen die onbedoeld dicht staan of wellicht onopgemerkte lekkages. Al deze zaken kunnen aanleiding zijn om actie te ondernemen en problemen in een vroeg stadium te (h)erkennen, bij zowel jezelf als bij je buddy.

### Gasverbruik

Op basis van je SAC is op eenvoudige wijze (druk op diepte \* SAC \* 5 minuten / flesvolume) de volgende tabel te produceren die het gasverbruik per fles per vijf minuten bodemtijd weergeeft. In dit geval is een SAC van 20 liter/minuut gebruikt, hetgeen veelvoorkomend is bij intensieve duiken, zoals op zee. De getallen zijn verder afgerond op vijf bar.

Gasverbruik	12	15	D12	D15	D18	D20
0m	8	7	4	3	3	3
10m	15	15	10	5	5	5
20m	25	20	15	10	10	10
30m	35	25	15	15	10	10
40m	40	35	20	15	15	15
50m	50	40	25	20	15	15
60m	60	45	30	25	20	20

**Tabel 2: Gasverbruik (in bar) per 5 minuten**

Het is handig om bovenstaande tabel te bewaren in de wetnotes. Het is verder aan te raden om het getal dat op de eerste rij (0m) staat bij de gebruikte cilinder(s) te onthouden gedurende de duik. Dit getal hoeft namelijk slechts met de omgevingsdruk vermenigvuldigd te worden om een idee te krijgen van je actuele gasverbruik.

#### Voorbeeld

We willen duiken met een enkele 12 liter fles naar 30 meter. Minimum Gas voor deze combinatie is 100 bar, zie Tabel 1. Dan resteert er dus nog 100 bar voor de bodemfase van de duik.

Met behulp van Tabel 2 kun je opzoeken dat je op 30 meter diepte ongeveer 35 bar verbruikt per 5 minuten. Dan weet je direct dat je  $100 / 35 =$  ongeveer 3 segmenten van 5 minuten op die diepte kunt blijven. Je maximale bodemtijd is dus 15 minuten.

## Variabel Minimum Gas

De eerder berekende 15 minuten bodemtijd lijkt heel kort, maar zoals eerder gezegd varieert Minimum Gas met de diepte. In de praktijk betekent dit dat de duik op verschillende manieren kan worden beëindigd of voortgezet:

Wanneer de opstijging langs een lijn moet plaatsvinden dat is het inderdaad einde duik.

Wanneer er langs een rif kan worden opgestegen (= multilevel duik) dan kan er simpelweg tot een volgend niveau worden gestegen waarvoor een nieuw Minimum Gas van toepassing is. Pas als die is bereikt moet men weer doorstijgen naar een volgend niveau of de oppervlakte. Op deze manier verder gestegen worden om zo met een minimale hoeveelheid gas aan de oppervlakte te verschijnen en al doende het maximale uit een duik te halen, terwijl ondertussen continu voldoende gas was gereserveerd voor een noodgeval.

Samengevat:

- Bij opstijging langs de lijn of vrije opstijging: Minimum Gas = Einde duik
- Bij opstijging langs rif: Minimum Gas = Opstijgen naar volgend level, met nieuw Minimum Gas

### Voorbeeld

Een typische recreatieve duik naar 30 meter langs een rif zou er als volgt uit kunnen zien:

Een kwartier tot 20 minuten op 30 meter (minimum gas: 100 bar in de Alu80 of 12L)  
Opstijgen naar 15 meter en daar blijven tot 50 bar (= minimum gas) bereikt is

Vervolgens:

15 - 1 (voor zover dat net al niet gedaan is tijdens het rondzwemmen op 15 meter)

12 - 1

9 - 1

6 - 3 (of hier blijven tot 20 bar)

3 - 3

met 10 bar boven komen

In plaats van met 50 bar kom je boven met een bijna lege tank. Je hebt dus het maximale uit de duik gehaald terwijl je toch op ieder moment genoeg gas had om met twee personen boven te komen in geval van nood.

Bovenstaande geldt overigens voor duiken op EAN32. Lucht is geen optie binnen de standaard gassen van het DIR systeem.

## Decompressie

Nu de geplande bodemtijd bekend is kan als laatste stap de bijbehorende deco uitgerekend en gepland worden met behulp van tabellen of software.

**Voorbeeld: Een Noordzee wrakduik naar 30 meter met een D12 met EAN32**

Minimum gas	50 bar (zie Tabel 1)
Beschikbaar gas	200 - 50 = 150 bar
Consumptie	15 bar per segment van 5 minuten (zie Tabel 2)
Max. bodemtijd	150 / 15 = 10 segmenten = 50 minuten
Deco	<p>Met behulp van een tabel (Bühlmann met GF30/85) zoeken we op dat een bodemtijd van 50 minuten op 30 meter met EAN32 een decompressietijd geeft van 19 minuten. Van deze 19 minuten zitten er al 7 verwerkt in de Minimum Deco. Dan blijven er nog 12 minuten decompressie over waar we nog gas voor moeten reserveren.</p> <p>Per minuut decompressie verbruiken we ongeveer 4 bar gas uit onze D12 (Tabel 2). Met 12 minuten decompressie moeten we dus <math>12 * 4 = 50</math> bar (afgerond) extra reserveren bovenop Minimum Gas om zo de hele duik af te kunnen ronden.</p> <p>De nieuwe maximale bodemtijd wordt daarmee:</p> <p><math>(150 - 50) / 15 = 6</math> segmenten = 30 minuten</p> <p>Deze 30 minuten maximale bodemtijd is korter dan de maximale 50 minuten bodemtijd die we eerst hadden gepland. De geplande duik is op deze manier dus niet mogelijk omdat er extra gas in de opstijging nodig is bovenop het minimum gas.</p> <p>Als we nu echter gaan plannen met 30 minuten bodemtijd, dan leidt dat tot een kortere deco en zouden we gas overhouden. De waarheid ligt dus ergens in het midden...</p> <p>We proberen 40 minuten bodemtijd, het gemiddelde tussen 30 en 50 minuten.</p> <p>Volgens de tabellen levert dit 10 minuten deco op waarvan er reeds 7 in minimum gas zitten</p> <p>We moeten dus voor 3 minuten deco (<math>10 - 7</math>) gas reserveren. Dit komt neer op 12 bar decoreserve (3 minuten * 4 bar per minuut deco) wat we afronden op 15 bar voor het gemak.</p> <p>De nieuwe maximale bodemtijd: <math>(150 - 15) / 15 = 9</math> segmenten = 45 minuten</p> <p>Maximale bodemtijd is groter dan geplande bodemtijd, dus we hebben nu een solide planning. We zouden zo te zien nog ietsjes langer op de bodem kunnen blijven, maar een duik plannen tot op de minuut is weinig zinvol.</p> <p>Als we nu nog langer beneden zouden willen blijven dan 40 tot 45 minuten, dan moeten we dus meer gas meenemen. Bijvoorbeeld in de vorm van een stage of meer backgas.</p>

## Stap 4: Turnpressure

Minimum gas is de absolute minimale hoeveelheid gas die moet overblijven na de bodemfase van de duik om onder alle omstandigheden veilig de oppervlakte te kunnen bereiken. Dit houdt dus in dat met opstijgen begonnen wordt zodra minimum gas bereikt is. ...Waar je op dat moment ook bent.

Het kan zijn dat het niet mogelijk is om op ieder moment van de duik een vrije opstijging te maken zodra Minimum Gas bereikt is.

Deze paragraaf gaat over het plannen van de bodemfase van de duik en geeft dus een indruk van hoe de bodemfase van de duik er uit gaat zien.

Nadat Minimum Gas, de hoeveelheid benodigd voor de opstijging, van de totale gasvoorraad is afgetrokken, blijft een bepaalde hoeveelheid gas over voor de bodemfase van de duik. De afdaling wordt bij de bodemfase gerekend om het allemaal wat eenvoudiger te maken.

### Gasregels en Turnpressure

Afhankelijk van het soort duik kan je kiezen uit een aantal gasregels. Als de gasregel bekend is kan de druk waarop eventueel teruggekeerd dient te worden naar het startpunt worden bepaald. Dat wordt ook wel de 'Turnpressure' genoemd.

#### **Voorbeeld: Duik naar 30 meter met een enkele 12 liter fles.**

De bemanning heeft aangegeven dat terugkomst via de ankerlijn een vereiste is.

1. Minimum gas: 100 bar (zie Tabel 1)
2. Beschikbaar voor bodemfase:  $200 - 100 = 100$  bar
3. Consumptie: 35 bar per 5 minuten (zie Tabel 2)
4. Gasregel: Rule of Thirds

In theorie is nu dus  $100 / 3 = 33$  bar beschikbaar (wat overeen komt met 1 segment of vijf minuten) om van het anker weg te zwemmen. Nadat één van de duikers op  $200 - 33 = 167$  bar zit, is Turnpressure bereikt en dient het team dus om te draaien. Zodra het team bij het anker terugkomt is een tweede 33 bar verbruikt en zitten ze op 133 bar. Als er niets is misgegaan is er nu nog 33 bar over die bijvoorbeeld gebruikt kan worden voor wat rondkijken rondom het ankerpunt.

Als alternatief kan ook nogmaals uitgezwommen worden volgens de Rule of Thirds. In dat geval moet het team dus na  $33 / 3 = 11$  bar verbruikt te hebben weer omkeren. Dat is dus op  $133 - 11 = 122$  bar.

## Samenvatting

De hier beschreven methode om tot een sluitende gasplanning (duikplanning) te komen is niet alleen realistisch, maar tevens snel toe te passen of bij te stellen, zelfs onderwater!

Het kan in eerste instantie omslachtig lijken, dit is echter al na enkele duiken erg snel uit te voeren. Wat hierbij natuurlijk helpt is dat de gemiddelde duiker maar enkele verschillende maten fles(sen) gebruikt voor zijn duiken. Duikers zijn dus erg snel gewend aan de getallen die het uitgangspunt vormen voor de planning, zoals SAC en flesinhoud. Een paar gepersonaliseerde tabellen als geheugensteuntje in je wetnotes zullen hierbij van pas komen.

### Beperkingen van een gasplanning

Uiteraard wordt ieder duikplan en gasplanning gebaseerd op een aantal aannames. Niet alles is te voorspellen. In je gasplanning kun je echter wel een aantal factoren laten meewegen die het realistischer maken: het gebruik van de gemiddelde diepte, tijd om je probleem op te lossen, gas voor je buddy, een verhoogde SAC, etc. Dat is precies wat de methode van GUE doet. En met wat voorwerk en het maken van persoonlijke tabellen ontstaat een methode die niet alleen rekening houdt met die factoren, maar tevens praktisch is in gebruik.

### In het kort

Neem de volgende twee tabellen over in je wetnotes en gebruik onderstaande stappen om tot een gasplanning te komen:

- Bepaal de geplande diepte.
- Lees Minimum Gas af in Tabel 1.
- Bepaal beschikbaar bodemgas (vuldruk – Minimum Gas).
- Lees consumptie per 5 minuten (segment) af in Tabel 2.
- Bepaal maximale bodemtijd (beschikbaar bodemgas / consumptie).
- Bepaal decompressietijd bij deze bodemtijd (tabellen, software).
- Pas eventueel planning of hoeveelheid gas die wordt meegenomen aan op basis van benodigd gas tijdens decompressie.
- Bepaal Turnpressure op basis van een passende gasregel.
- Schrijf de planning in je wetnotes.
- Duiken!

Minimum gas	Tankinhoud				Tijd tot oppervlakte	Liters tot oppervlakte	Diepstops vanaf
	12	15	D12	D15			
<b>Recreatief: Alleen backgas</b>							
Toevoegen per minuut deco	8	6	4	3		100 (l./min.)	
20m	60	50	40	40	6 min.	720 liter	9m
30m	100	80	50	40	8 min.	1200 liter	15m
<b>Technisch: EAN50 vanaf 21 meter</b>							
30m			40	40	3 min.	630 liter	21m
40m			60	50	6 min.	1440 liter	30m
50m			100	80	9 min.	2430 liter	36m
60m			150	120	12 min.	3600 liter	45m

**Tabel 1: Minimale hoeveelheid gas (in bar) benodigd voor een noodopstijging**

Gasverbruik	12	15	D12	D15	D18	D20
0m	8	7	4	3	3	3
10m	15	15	10	5	5	5
20m	25	20	15	10	10	10
30m	35	25	15	15	10	10
40m	40	35	20	15	15	15
50m	50	40	25	20	15	15
60m	60	45	30	25	20	20

**Tabel 2: Gasverbruik (in bar) per 5 minuten**

Waarschuwing: Deze tabellen zijn gebaseerd op een SAC van 20 liter/minuut. Om ze op de correcte en veilige wijze te gebruiken voor een persoonlijke gasplanning dienen ze aangepast te worden aan het eigen gasverbruik.

## Bijlage 1: Gasregels

De wijze waarop je een gasplanning maakt hangt volledig af van het soort duik dat je wil maken. Daarbij zijn er twee belangrijke factoren van toepassing:

- Moet je terug kunnen komen bij het punt van vertrek?
- Ontbreekt er een directe weg terug naar de oppervlakte?

In beide gevallen moet je nog extra gas reserveren voor de terugweg naar het vertrekpunt. Voor verschillende situaties zijn verschillende gasregels beschikbaar en een aantal hiervan worden hier toegelicht:

### **All Gas: “Terugkeer naar afdaalpunt niet mogelijk of noodzakelijk”**

Afdaalpunt en opstijgpunt liggen uit elkaar. Vrije opstijging op ieder moment mogelijk. Al het bodemgas kan vrij besteed worden.

#### **Voorbeeld: All Gas**

Het maken van een driftduik. In geval van nood kun je direct opstijgen naar de oppervlakte.

### **Rule of Halves: “Terugkeren wenselijk, vrij opstijgen is onhandig maar mogelijk”**

De helft van het gas wordt gebruikt tussen afdaalpunt en keerpunt, de andere helft wordt gebruikt om terug te zwemmen.

#### **Voorbeeld: Rule of Halves**

Een kantduik of een Noordzee wrakduik onder goede omstandigheden. In principe zwem je terug naar het afdaalpunt, maar in geval van nood kun je direct (eventueel driftent) opstijgen.

### **Rule of Thirds: “Terugkeren is noodzakelijk, vrije opstijging niet mogelijk”**

Deze regel staat ook wel bekend als de “1/3 regel”. De duikers dienen hierbij altijd terug te keren naar het afdaalpunt. Deze regel is van oorsprong afkomstig uit het grotduiken en is uitgevonden door de bekende grotduiker Sheck Exley. Deze regel is echter ook goed toepasbaar bij ander soort duiken, zoals wrakduiken.

Let op: Rule of Thirds wordt bij voorkeur gehanteerd bij teams van drie duikers. Bij een team van slechts twee duikers volstaat de Rule of Thirds niet, gezien de gestegen SAC onder stress. Bij een team van twee duikers is de Rule of Thirds, in tegenstelling tot wat veel duikers denken, dus verre van conservatief!

#### **Voorbeeld: Rule of Thirds**

Een wrakpenetratie, een Noordzee wrakduik onder slechte omstandigheden of duiken in de buurt van een scheepvaartroute. In geval van nood kun je (beter) niet zomaar opstijgen. Je kunt dan het beste omkeren en terugkeren naar de ankerlijn of uitgang, alvorens op te stijgen.

## Bijlage 2: Surface Air Consumption

De afkorting 'SAC' staat voor *Surface Air Consumption* en is een maat voor het verbruik van gas door een duiker. SAC is gebaseerd op het aantal liters lucht dat een duiker aan de oppervlakte, dus bij 1 bar omgevingsdruk, per minuut zou verbruiken.

SAC is de basis voor de gehele gasplanning en is daarom iets waar iedere duiker veel aandacht aan zou moeten besteden. In dit artikel wordt uitgelegd hoe je je eigen SAC kunt berekenen en vooral hoe je tot realistische SAC's kunt komen.

### De formule

SAC wordt als volgt berekend:

$SAC = (\text{begindruk} - \text{einddruk}) * \text{flesinhoud} / (\text{minuten onder water} * \text{druk op gemiddelde diepte}).$

### Voorbeeld

Je duikt op vakantie met een enkele 10 liter fles. Deze is aan het begin van de duik gevuld tot 210 bar. Na de duik kom je boven met 70 bar. In het geheugen van je duikcomputer kun je achterhalen dat je tijdens de duik op een gemiddelde diepte van 16 meter (omgevingsdruk = 2.6 bar) hebt gezwommen. De totale duiktijd was 30 minuten.

Je SAC bereken je dan als volgt:

$SAC = (210 - 70) * 10 / (30 * 2,6) = 1400 / 78 = 17.9 \text{ liter/minuut}.$

### Meerdere SAC's per duiker

Waar veel duikers bij hun planning aan voorbij gaan is dat iedere duiker meerdere SAC's heeft. Net als aan de oppervlakte kan het gasverbruik van een individu variëren. We kunnen immers slapen, wandelen, hardlopen of bijvoorbeeld een spannende film kijken. En in al deze gevallen hebben we een ander luchtverbruik vanwege een afwijkende ademhaling.

Onder water is dit niet anders. Een duiker kan een relaxte driftduik maken in warm water of kan rustig rondzwemmen in de Grevelingen. Maar er kan ook een spannende wrakduik worden gemaakt waarbij lijnen gelegd moeten worden en tegen een flinke stroming moet worden gezwommen. Verder spelen natuurlijk zaken als fysieke- en geestelijke gesteldheid, training en geslacht een rol.

Voor ervaren duikers kan een SAC, afhankelijk van het soort duik, bijvoorbeeld variëren tussen 9 liter per minuut voor een relaxte driftduik, 16 liter per minuut tijdens decompressie, 20 liter per minuut voor een wrakduik, tot wel 35 liter per minuut voor een 'werkduik'.

Bij ieder type duik hoort dus een eigen SAC. En er is daarom, per duiker, geen universeel toepasbare SAC te hanteren.



## Realistische SAC's

Het is van belang dat je een realistisch beeld hebt van je eigen SAC voor dat je gasberekeningen gaat maken. Om beter inzicht krijgen in je gasverbruik en de factoren die er op van invloed zijn kun je het best na iedere duik je eigen SAC berekenen. Uiteindelijk zul je zien dat je per soort duik een redelijk stabiele SAC kunt bepalen, bijvoorbeeld duiken in warm water, duiken in stroming, etc. Dit helpt je bij het maken van toekomstige plannings.

Probeer een beeld te krijgen van je eigen SAC en wees eerlijk, hou jezelf niet voor de gek. Een hoge SAC kan betekenen dat je nog niet erg ervaren bent, of dat er iets mis is met je duikvaardigheden. Onder duikers bestaat daardoor vaak het idee dat de SAC slechts bepaald wordt door zaken als ervaring en fysieke gesteldheid. Het hebben van een lage SAC wordt daarmee gezien als een teken van ervaring hetgeen maar ten dele waar is. Een hoge SAC kan namelijk ook betekenen dat je actief bent en op je omgeving let. En je hebt natuurlijk liever een oplettende buddy met een hoge SAC dan een dromer met een hele lage SAC.

## Enkele tips

- Wees nooit te conservatief met het vaststellen van je SAC. Een te lage SAC meenemen in je gasplanning zal resulteren in een planning waarbij je te weinig gasreserve overhoudt.
- Ga bij het maken van plannings uit van de hoogste SAC in je team.
- Bereken je eigen SAC, wees eerlijk tegen jezelf en laat je niet meeslepen door wat je omgeving voor waardeoordeel koppelt aan gasverbruik. Duiken is geen wedstrijd.

## Conclusie

Bereken regelmatig je gasverbruik om een beter beeld te krijgen van jouw persoonlijke SAC's. Ga bij gasplannings uit van een realistische en passende SAC.

Dit artikel en de bijlagen zijn afkomstig van de website [www.frogkick.nl](http://www.frogkick.nl).

Deze informatie is louter informatief bedoeld en geenszins een alternatief voor een duikopleiding.

Op dit artikel berust een copyright. Geen van de teksten en/of graphics mag (gedeeltelijk) worden overgenomen zonder vooraf schriftelijke toestemming te hebben gekregen van de auteurs.

Dit artikel mag offline worden verspreid als bijlage bij duikopleidingen mits het oorspronkelijke format niet wordt aangepast.