

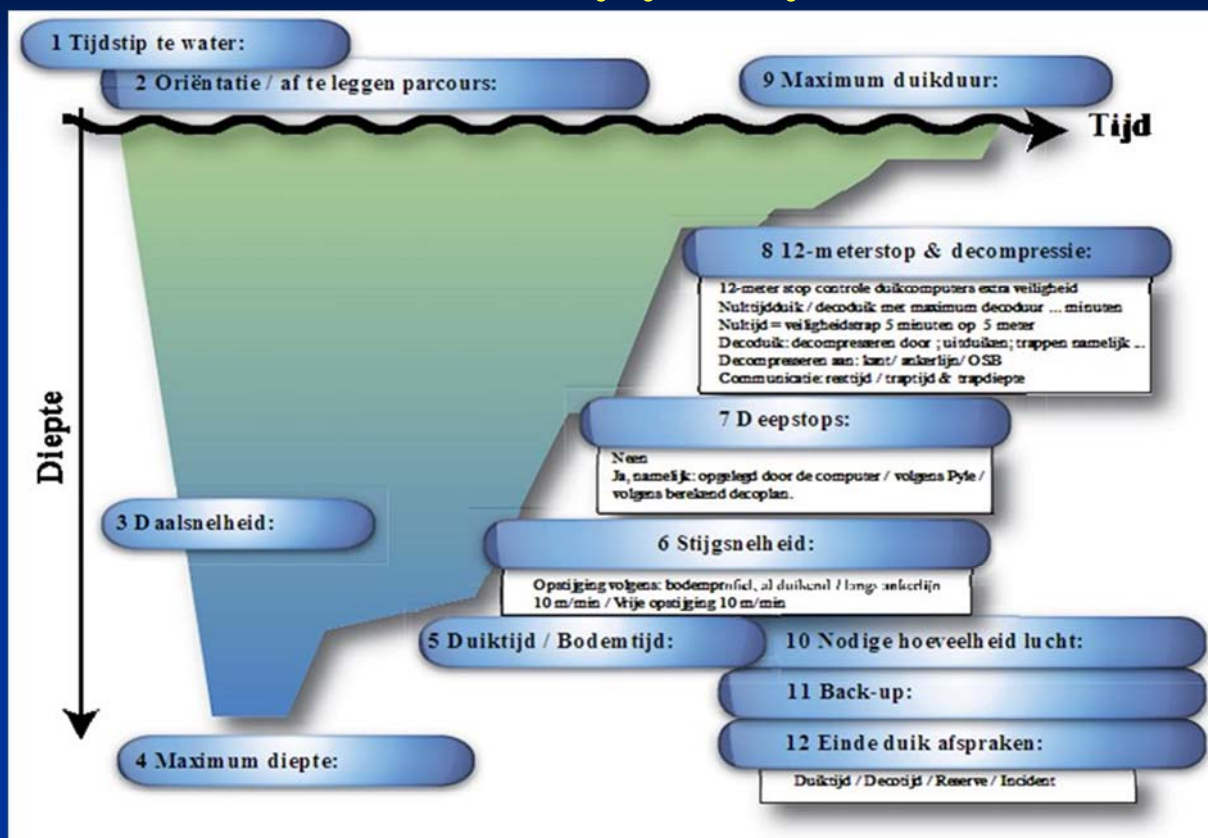
Duikcomputers / planningen

Luc Dupas, 29/03/2013

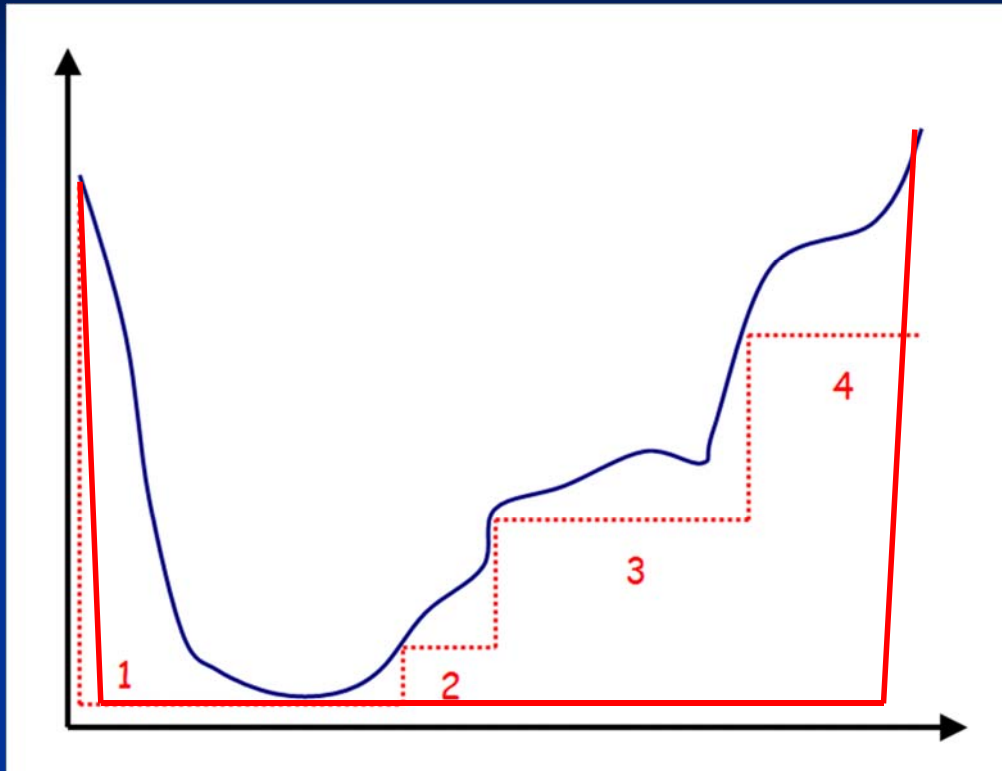
- 12-stappenplan = OOK goed/veilig bovenkomen...
- Deco/no-deco: tabellen, duikcomputers, simulatie-tools
- Praktische voorbeelden/oefeningen
- Luchtverbruik: diepte, tijd, ademhalingsregime
- Je eigen SAC (of GOV)? Hoe bepaal je die? Hoe hangt die af van de duikomstandigheden?
- Ademluchtplanning essentieel onderdeel van je duikplanning: basic + de extra's voor what-if's... Samen uit, samen thuis...
- Praktische voorbeelden/oefeningen

1

12-stappenplan



Deco / no-deco ?



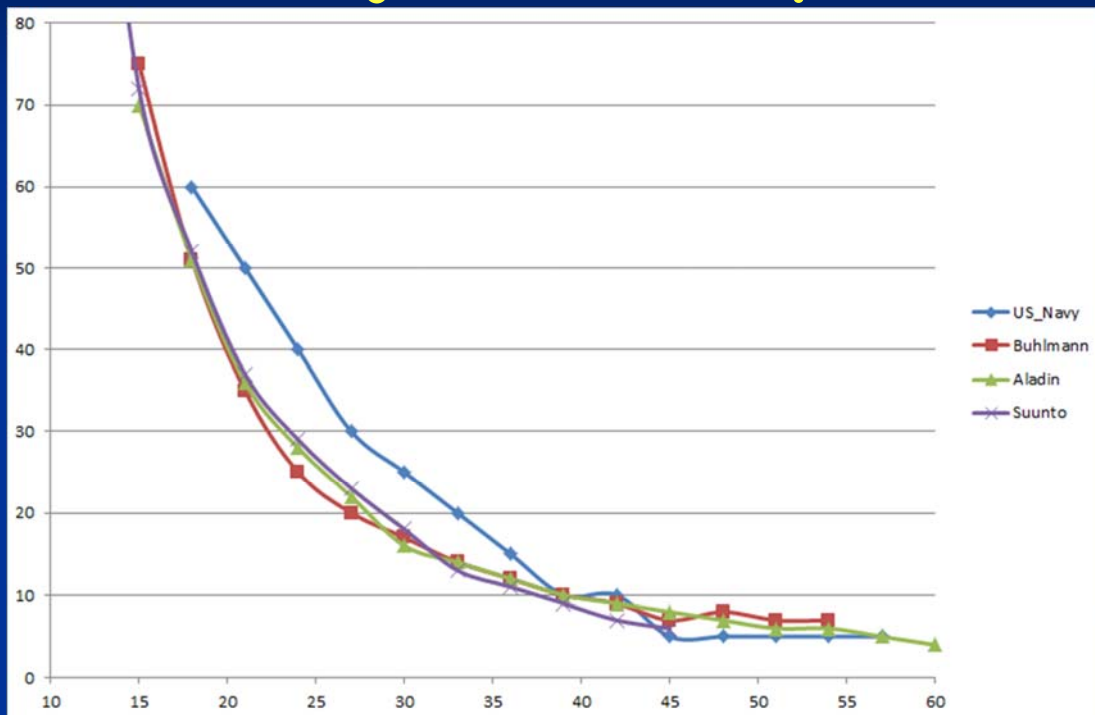
3

Diverse tabellen / modellen: nultijden vs. diepte

- Klassieke US Navy-tabellen
- Buhlmann-tabellen (duikcomputers)
- DCIEM-tabellen
- PADI/RDP
- ...
- GAP
- V-Planner
- SDM (Suunto Dive Manager)
- ...

4

Diverse tabellen / modellen: nultijden vs. diepte



5

Diverse tabellen / modellen: nultijden vs. diepte

Nultijden duik naar 30 meter volgens diverse tabellen

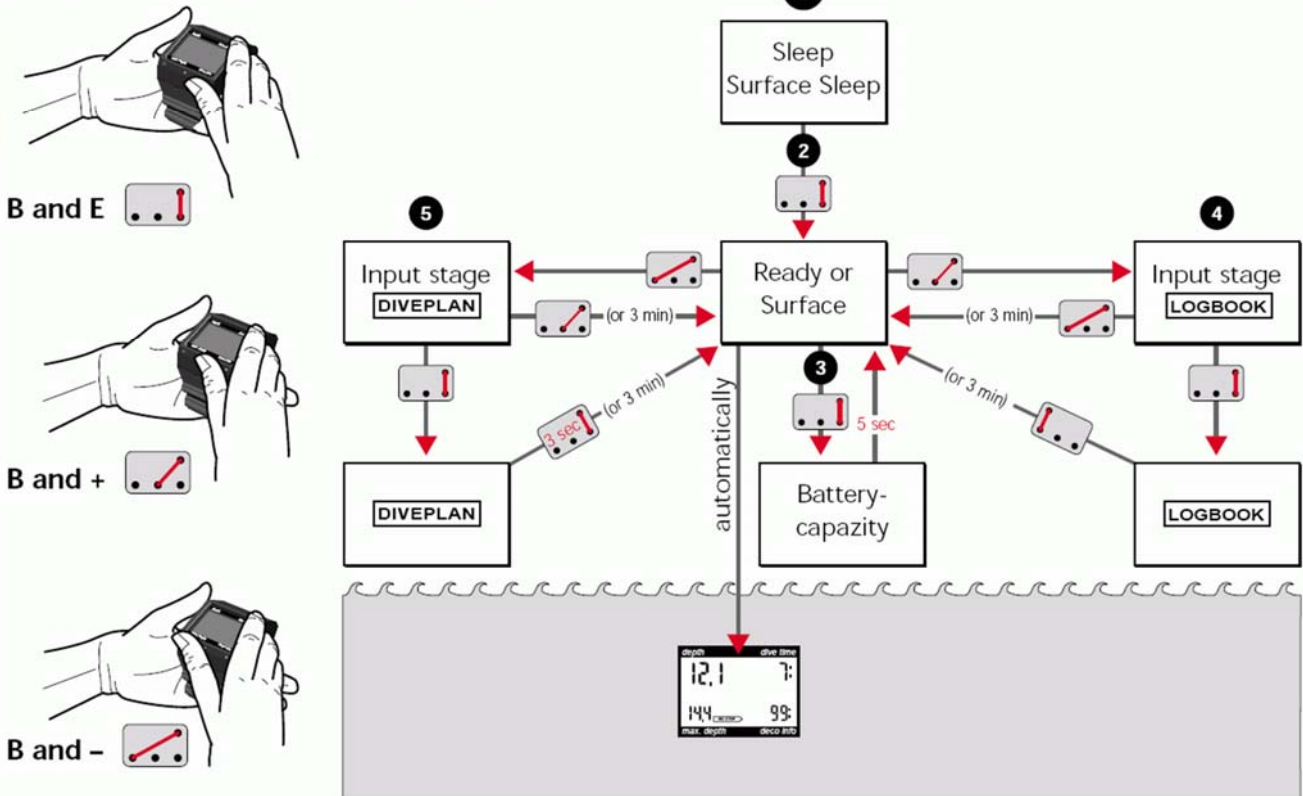
NT	Tabel
25	US Navy
22	NAUI
20	PADI RDP
20	NAUI/Wienke
20	DCIEM/NOB
17	Bühlmann
11	Maximum Likelihood

6

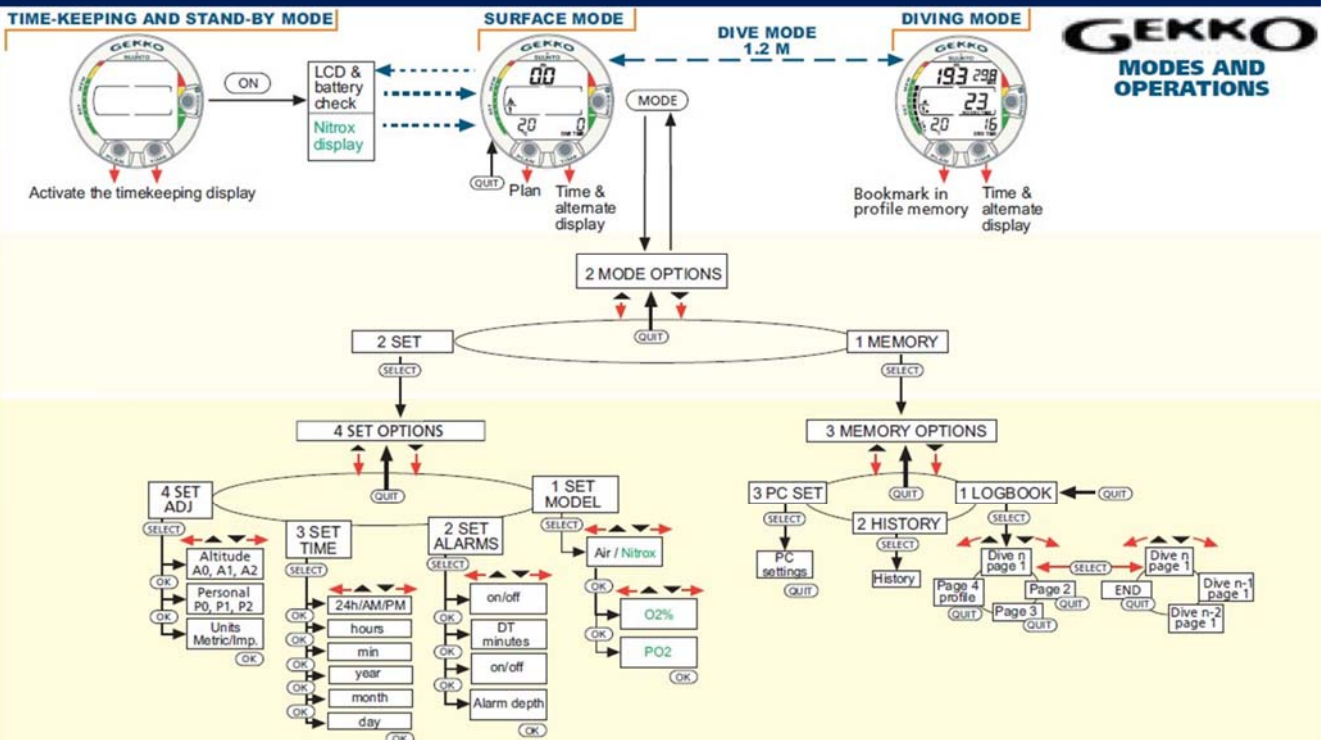
RTFM...

2 Operation

2.1 Operating scheme for surface functions

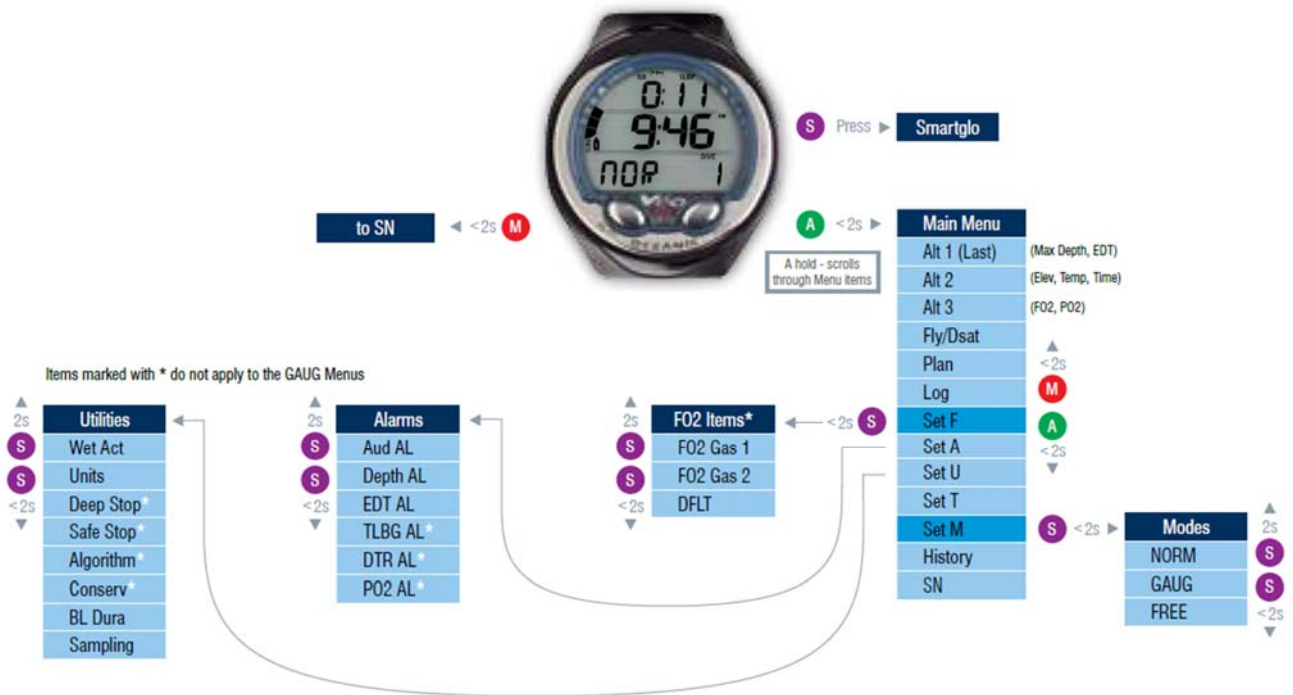


RTFM...



RTFM...

SURFACE MODE



9

Oefeningen: nultijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 12m ?
- 15m ?
- 27m ?
- 30m ?
- 40m ?
- 48m ?
- ...

10

Oefeningen: nultijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 12m ? >100min, >82min
- 15m ? >100min, 75min
- 27m ? 30min, 20min
- 30m ? 25min, 17min
- 40m ? 10min, 9min
- 48m ? 5min, 8min
- ...

11

Oefeningen: nultijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 12m ? >100min, >82min, ??
- 15m ? >100min, 75min, 75min
- 27m ? 30min, 20min, 22min
- 30m ? 25min, 17min, 16min
- 40m ? 10min, 9min, 9min
- 48m ? 5min, 8min, 7min
- ...

12

Oefeningen: decotijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 30m ? 25min, 17min, 16min
- Stel 30m, 40min BT... -> decostops?
- Volgens US Navy:
- Volgens Buhlmann:
- Volgens uw DC:

13

Oefeningen: decotijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

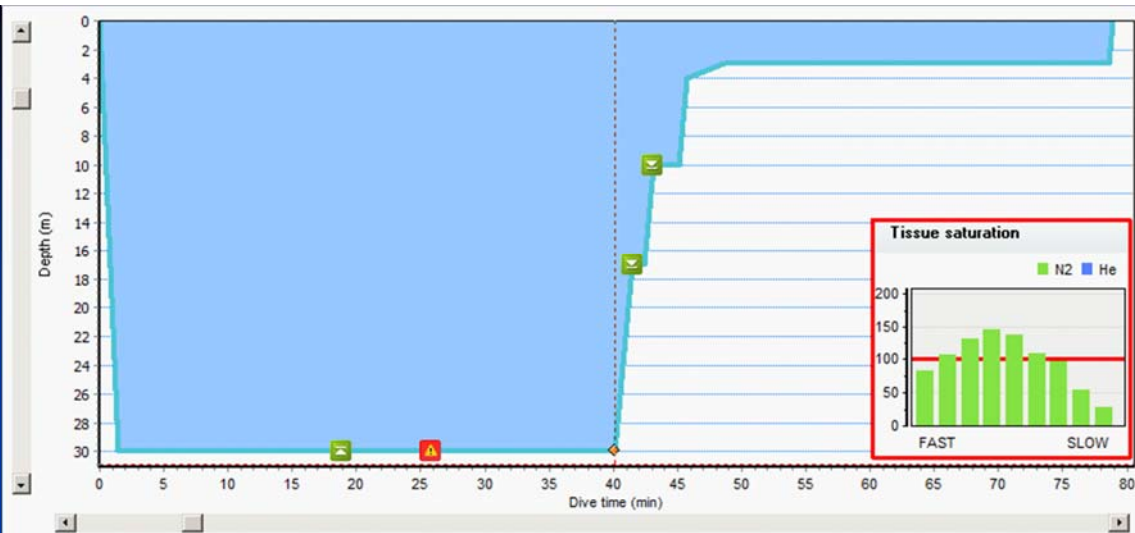
- 30m ? 25min, 17min, 16min,
ASC = 3min + 5min SS = 8min
- Stel 30m, 40min BT...
 - > decostops?
 - > veel/weinig verschillen tabellen,
welke tabellen, DC ?
 - > finale ASC-time verschillen ?

14

Oefeningen: decotijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 30m ? 25min, 17min, 16min, ASC = 3min + 5min SS = 8min
- Stel 30m, 40min BT... -> decostops?
- US Navy: 15min @3m, ASC 18min
- Buhlmann: 5min @6m, 17min @3m, ASC 25min
- Uw DC: 6min @6m, ASC 32min
- SDM: DS + lang @3m, ASC 39min...

15



► Dive profile Backup profile [Print slate](#)

Runtime	Depth	Gas	pO2	OTU	CNS	END	Tank pressure	Alarms
00:00	0 m	21	0.2				200 bar	
00:02	30 m	21	0.9			30 m	195 bar	
00:19	30 m	21	0.9	4	5	30 m	103 bar	Deco
00:26	30 m	21	0.9	6	6	30 m	66 bar	Pressure low
00:40	30 m	21	0.9	10	10	30 m	0 bar	
00:41	17 m	21	0.6	11	11	17 m	0 bar	Deep stop
00:41	17 m	21	0.6	11	11	17 m	0 bar	
00:42	17 m	21	0.6	11	11	17 m	0 bar	
00:43	10 m	21	0.4	11	11	10 m	0 bar	Deep stop
00:43	10 m	21	0.4	11	11	10 m	0 bar	
00:45	10 m	21	0.4	11	11	10 m	0 bar	
00:46	4 m	21	0.3	11	11	4 m	0 bar	
00:49	3 m	21	0.3	11	11	3 m	0 bar	
01:19	3 m	21	0.3	11	11	3 m	0 bar	
01:19	0 m	21	0.2	11	11	0 m	0 bar	

16

Oefeningen: decotijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

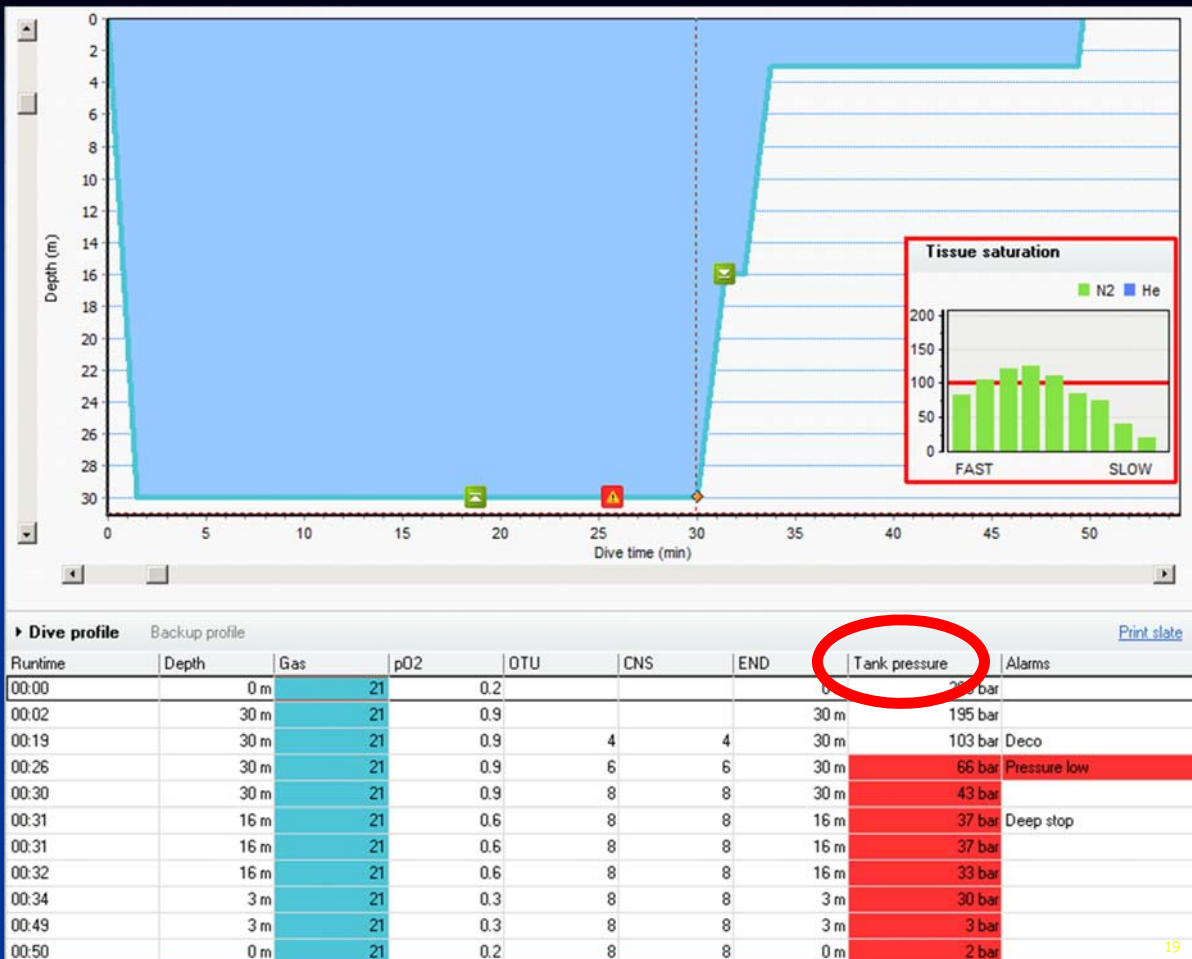
- 30m ? 25min, 17min, 16min
- Stel 30m, 30min BT... -> decostops?
- Volgens US Navy:
- Volgens Buhlmann:
- Volgens uw DC:

17

Oefeningen: decotijden voor US Navy, Buhlmann, uw DC...

- 30m ? 25min, 17min, 16min,
ASC = 3min + 5min SS = 8min
- Stel 30m, 30min BT... -> decostops?
- US Navy: 3min @3m, ASC 6min
- Buhlmann: 2min @6m, 7min @3m,
ASC 12min
- Uw DC: 1min @6m, ASC 16min
- SDM: DS + lang @3m, ASC 20min...

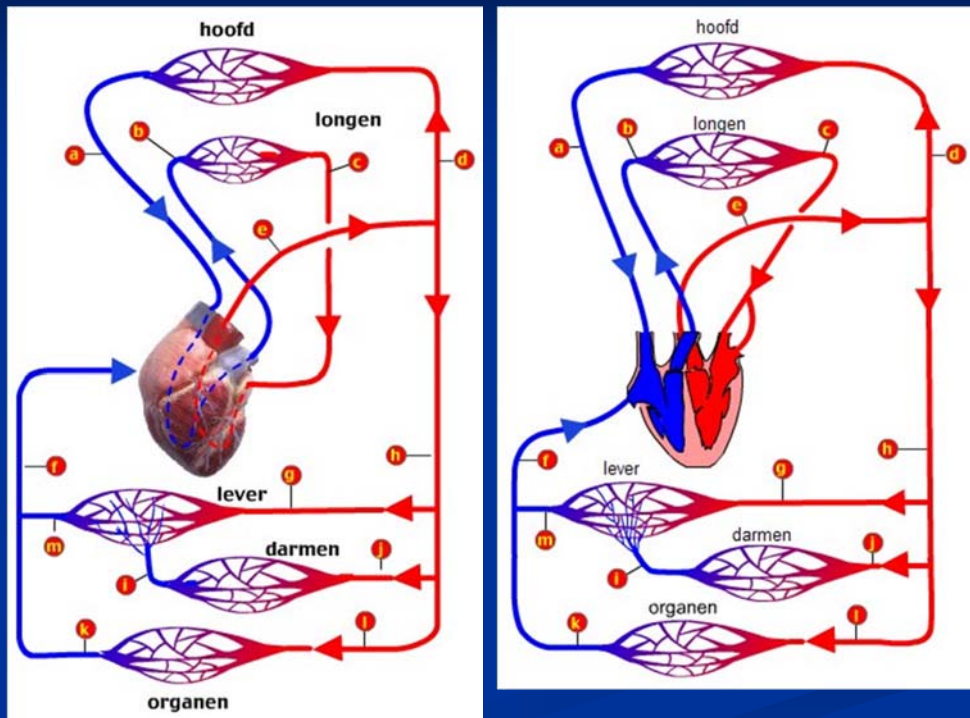
18



Duikcomputers / planningen

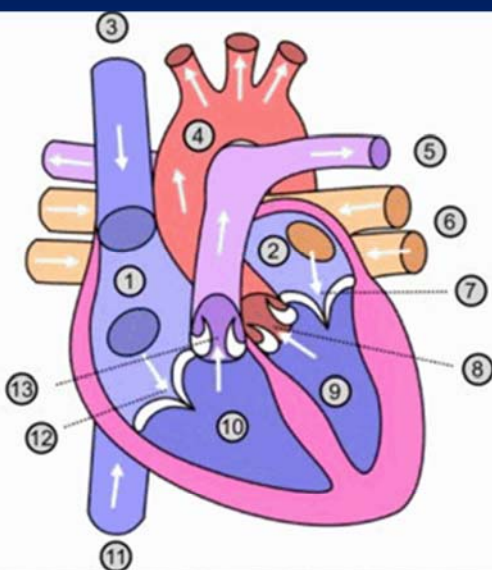
- 12-stappenplan = OOK goed/veilig bovenkomen...
- Deco/no-deco: tabellen, duikcomputers, simulatie-tools
- Praktische voorbeelden/oefeningen
- Luchtverbruik: diepte, tijd, ademhalingsregime
- Je eigen SAC (of GOV)? Hoe bepaal je die? Hoe hangt die af van de duikomstandigheden?
- Ademluchtplanning essentieel onderdeel van je duikplanning: basic + de extra's voor what-if's... Samen uit, samen thuis...
- Praktische voorbeelden/oefeningen

Ademhaling, luchtverbruik

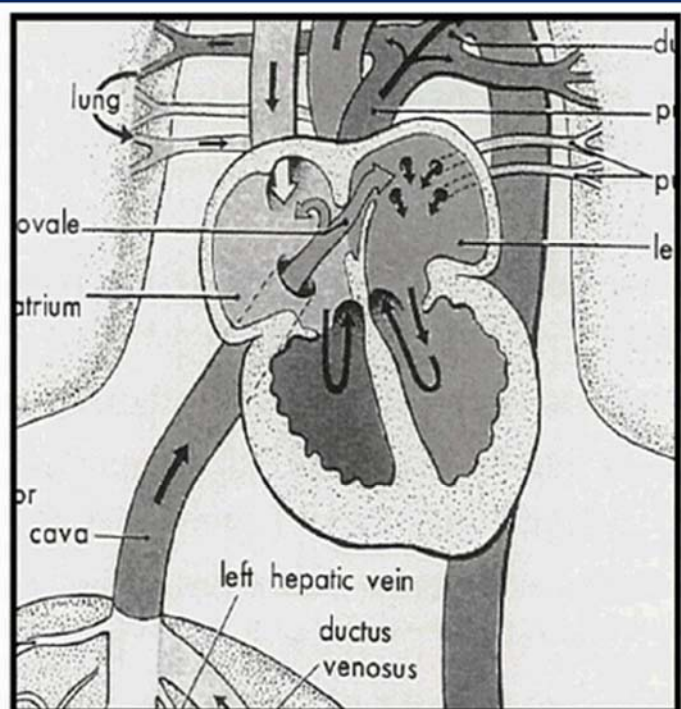


21

Ademhaling, luchtverbruik



1. Rechter atrium (boezem), 2. Linker atrium, 3. Bovenste holle ader, 4. Aorta, 5. Longslagader, 6. Longader, 7. Mitralisklep, 8. Aortaklep, 9. Linker ventrikel (kamer), 10. Rechter ventrikel, 11. Onderste holle ader, 12. Tricuspidaalklep, 13. Pulmonalisklep,



22

Ademhaling, luchtverbruik

- We hebben O₂ nodig om te leven...
- O₂ wordt gemetaboliseerd en CO₂ wordt geproduceerd,
- Longfilter: opname van O₂, afgifte van CO₂, bij een normale ademhaling,
- Skip breathing -> teveel CO₂ !
Vasodilatatie, erg narcotisch...
- Longshunt 5% ook zonder PFO !

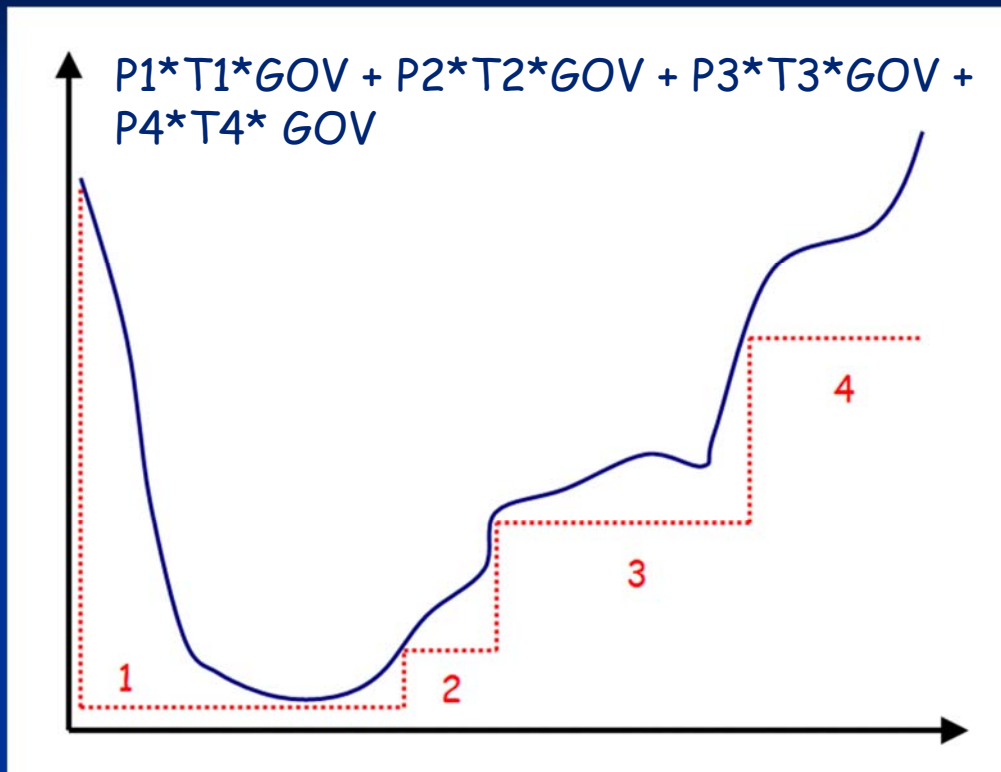
23

Luchtverbruik: diepte, tijd,...

- "tidal volume" x aantal/minuut x tijd =
aantal liter op diepte X
- Wat betekent dit voor de lucht in de fles? Of aan de oppervlakte ?
- Via Boyle-Mariotte ($P \times V = cte$) ->
druk x (aantal liter op diepte X) =
druk x (TV x aantal/minuut) x tijd =
druk x GOV x tijd
- Hoeveelheid in bar.liter

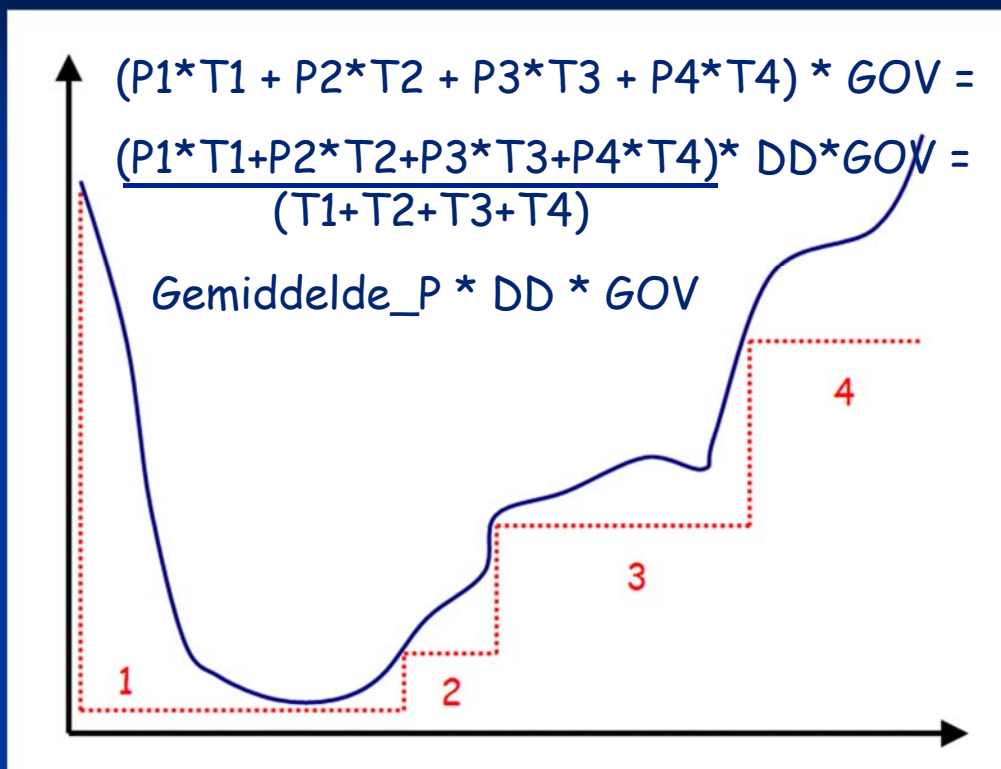
24

Berekening luchtverbruik:



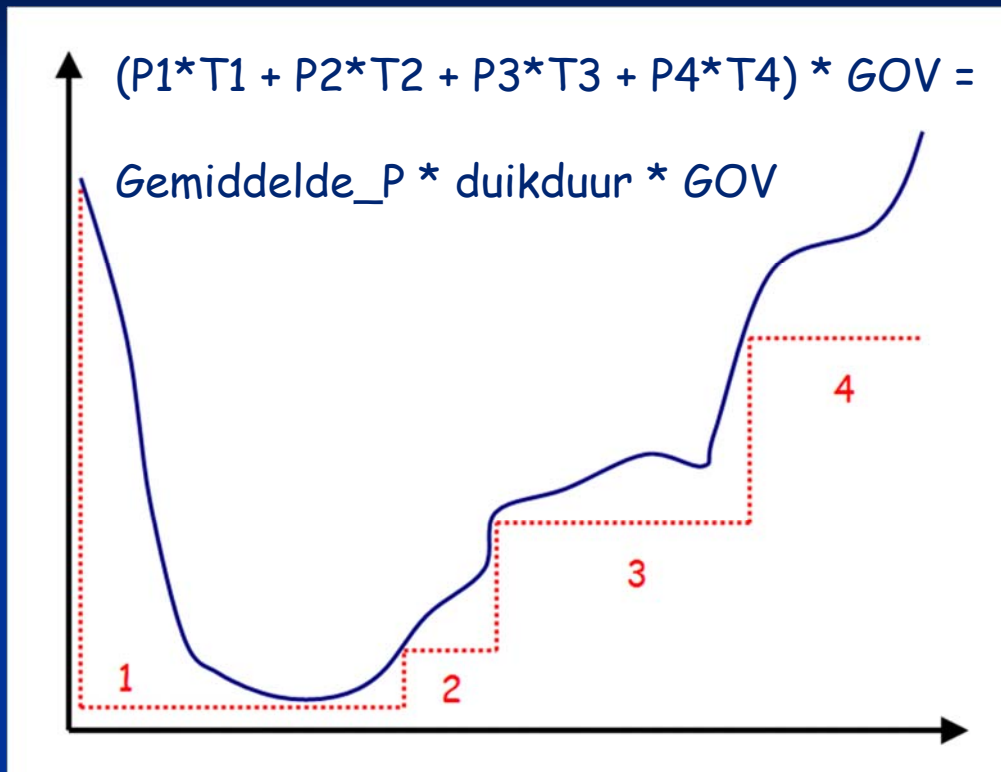
25

Berekening luchtverbruik:



26

Berekening luchtverbruik:



27

Luchtverbruik, duikfles, GOV (of SAC)

- Hoeveelheid lucht, in bar.liter, voor het totale profiel 1-2-3-4
- $(P_1 * T_1 + P_2 * T_2 + P_3 * T_3 + P_4 * T_4) * GOV =$
 $Gemiddelde_P * duikduur * GOV$
- Fles V, op druk P, bevat $V * P$ bar.liter lucht
- Mogelijkheden:
 - Profiel en GOV is gekend -> verbruik
 - verbruik en profiel is gekend -> GOV
- Opgelet: nodige lucht >> verbruik !!!

28

Luchtverbruik, duikfles, GOV (of SAC)

$Gemiddelde_P * duikduur * GOV$

= hoeveelheid in bar.liter

/ flesvolume V = aantal bar op die fles

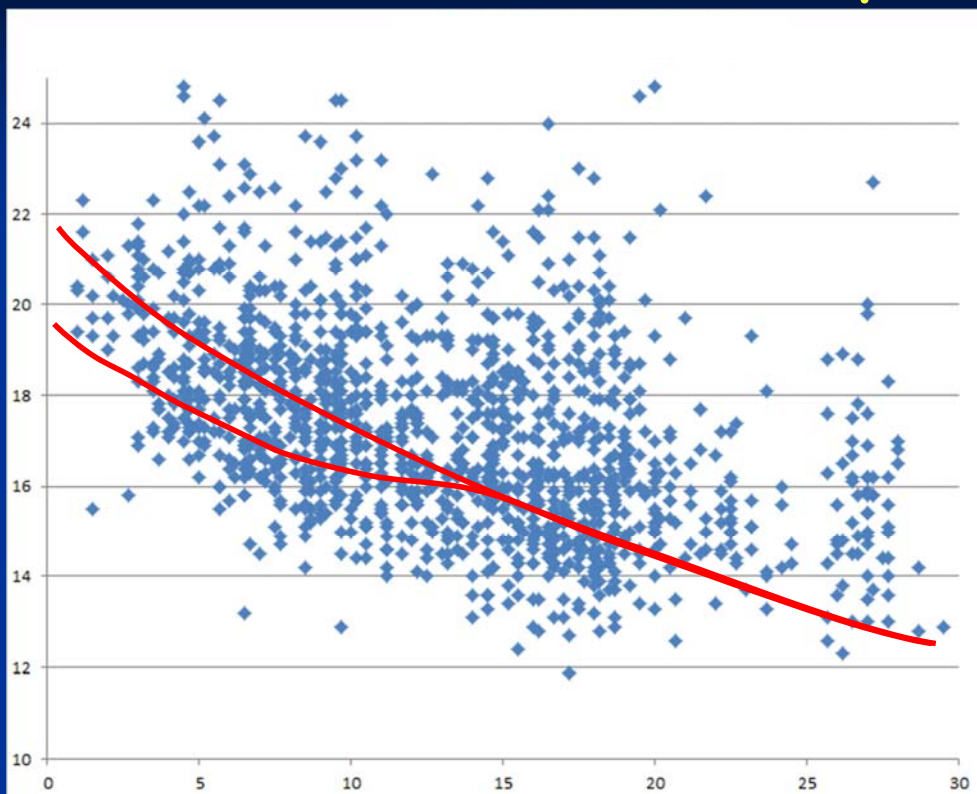
$Gemiddelde_P * duikduur * (GOV/V)$

$GOV / flesvolume$ = jouw fles-specifieke oppervlakteverbruik in bar/min

$GOV = f(\text{arbeid, fitheid, trim/houding, uitrusting, watertemperatuur...})$

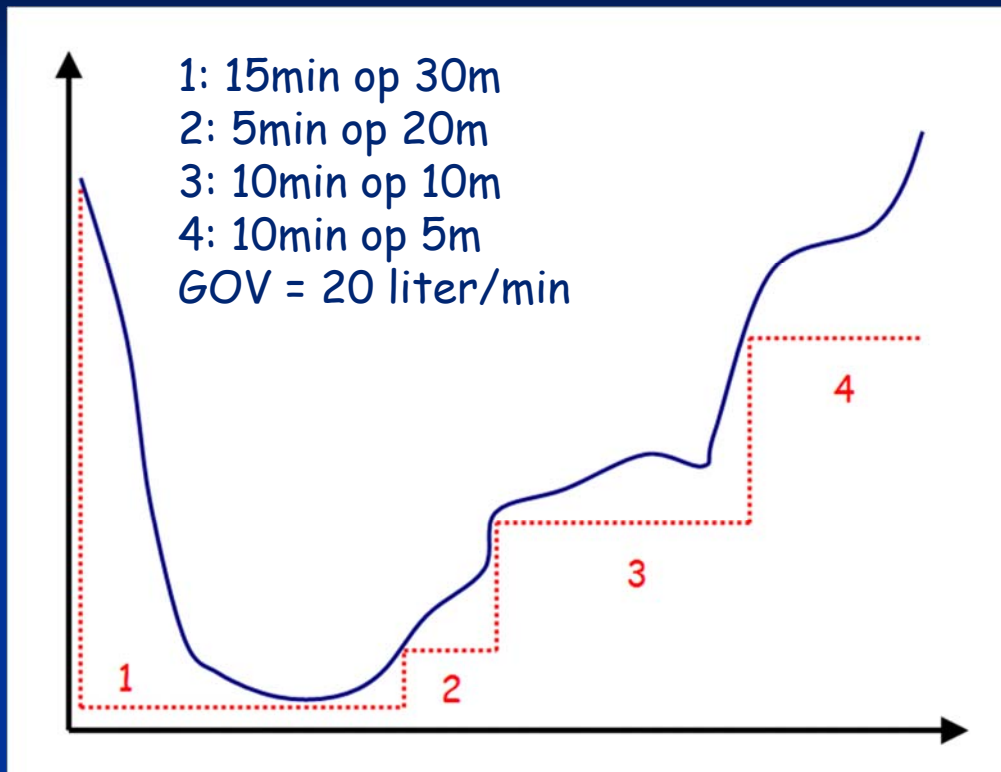
29

SAC (GOV) in l/min vs. watertemperatuur

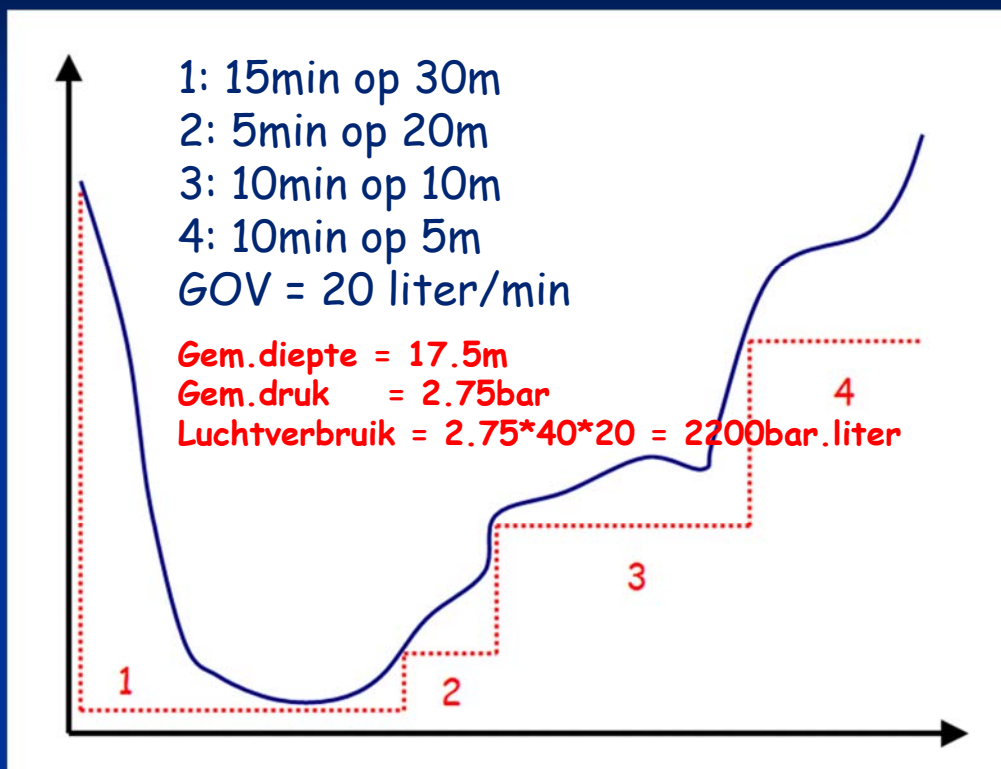


30

Oefening luchtverbruik:



Oefening luchtverbruik:



Oefening luchtverbruik:

Basic berekening luchtverbruik (indiv. T*D modules duikprofiel)

SAC = 17 l/min
 flesvolume = 15 liter
 flesdruk = 200 3000 bar.liter

Tot.tijd = 40 min
 Gem.diepte = 17.5 m
 Gem.druk = 2.75 bar

Delta_flesdruk = 124.7
 110.0 1870.0 75.3

Tijd (min)	Diepte (m)	Druk (bar)	Bar.min	Bar.liter	Bar.l_cum	flesdruk
15	30	4	60.0	1020.0	1020.0	132.0
5	20	3	15.0	255.0	1275.0	115.0
10	10	2	20.0	340.0	1615.0	92.3
10	5	1.5	15.0	255.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3
0	0	1	0.0	0.0	1870.0	75.3

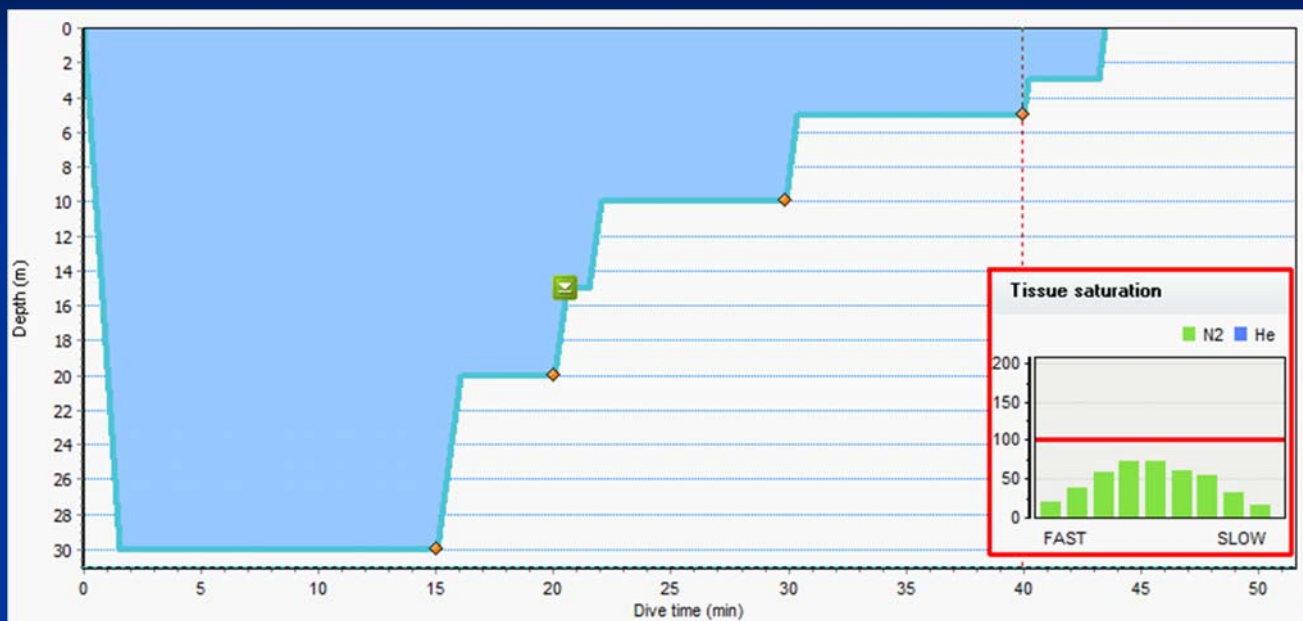
Oefening luchtverbruik:



Duikcomputers / planningen

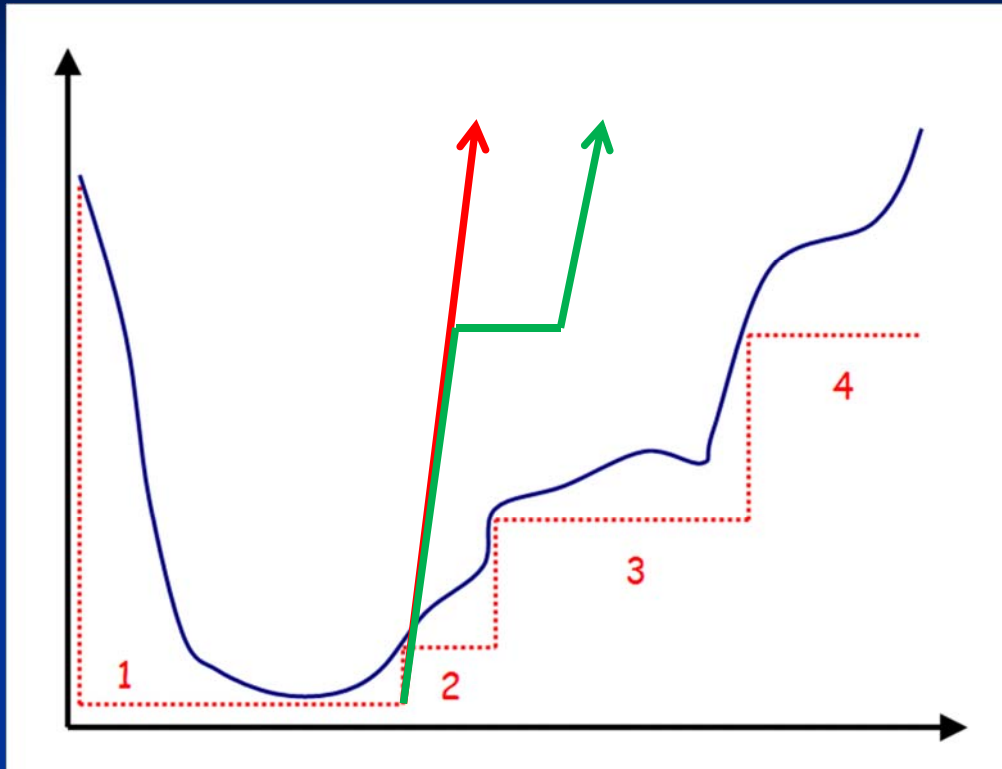
- 12-stappenplan = OOK goed/veilig bovenkomen...
- Deco/no-deco: tabellen, duikcomputers, simulatie-tools
- Praktische voorbeelden/oefeningen
- Luchtverbruik: diepte, tijd, ademhalingsregime
- Je eigen SAC (of GOV)? Hoe bepaal je die? Hoe hangt die af van de duikomstandigheden?
- Ademluchtplanning essentieel onderdeel van je duikplanning: basic + de extra's voor what-if's... Samen uit, samen thuis...
- Praktische voorbeelden/oefeningen

35



36

Hoeveel lucht nodig voor luchtdelende noodstijging?



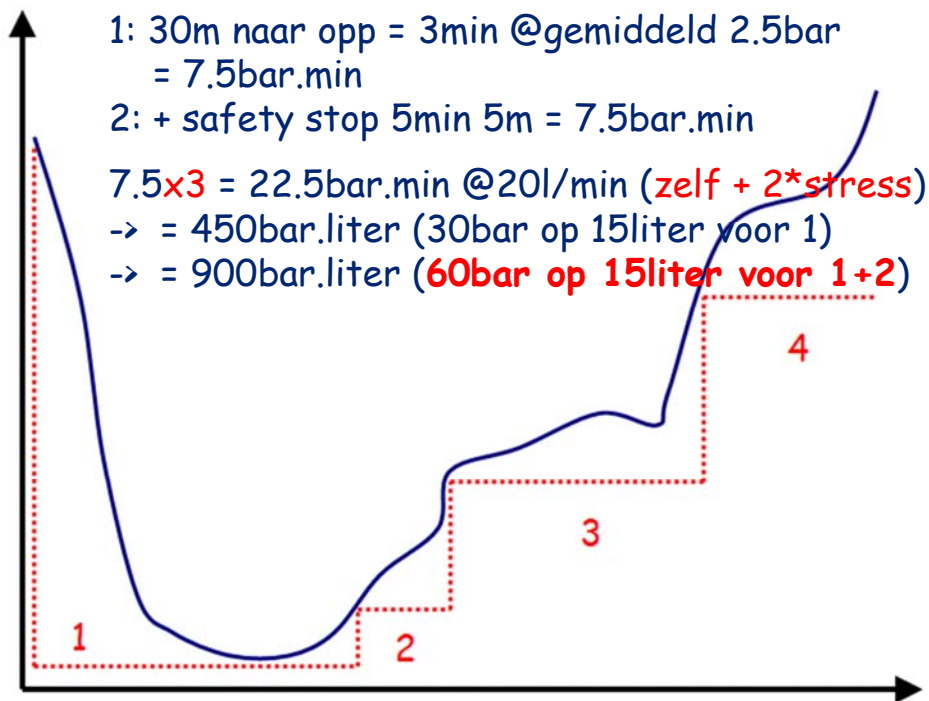
37

Hoeveel lucht nodig voor luchtdelende noodstijging?

- Samen uit, samen thuis...
- Gewone opstijging tout court
- Opstijging + safety stop (SS)
- Opstijging + deep stops (DS) + SS
- Opstijging + decostops (en welke?)
- Luchtdelend opstijgen: $1+1=2$ of ?
- Stress: $1+(1*2)=3$, of soms $1*2+1*2=4$

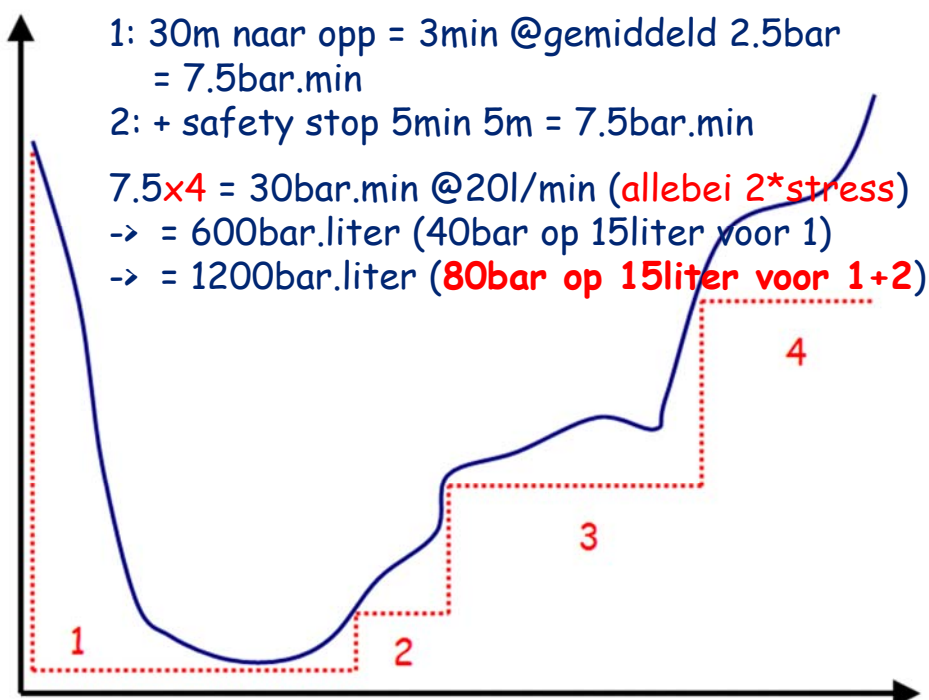
38

Hoeveel lucht nodig voor luchtdelende noodstijging?



39

Hoeveel lucht nodig voor luchtdelende noodstijging?



40

Oefening luchtverbruik: Barge aux Congres, 48m, 15min BT



41

Barge aux Congres, 48m, 15min BT



Dive profile Backup profile [Print slate](#)

Runtime	Depth	Gas	pO2	OTU	CNS	END	Tank pressure	Alarms
00:00	0 m	21	0.2				0 m	232 bar
00:02	48 m	21	1.3				48 m	225 bar
00:06	48 m	21	1.3		2	2	48 m	198 bar Deco
00:15	48 m	21	1.3		6	7	48 m	139 bar
00:17	27 m	21	0.8		7	8	27 m	127 bar Deep stop
00:17	27 m	21	0.8		7	8	27 m	127 bar
00:18	27 m	21	0.8		7	8	27 m	123 bar
00:19	16 m	21	0.6		8	8	16 m	119 bar Deep stop
00:19	16 m	21	0.6		8	8	16 m	119 bar
00:21	16 m	21	0.6		8	9	16 m	114 bar
00:22	4 m	21	0.3		8	9	4 m	111 bar
00:24	3 m	21	0.3		8	9	3 m	108 bar
00:38	3 m	21	0.3		8	9	3 m	88 bar
00:38	0 m	21	0.2		8	9	0 m	88 bar

48m, 15min BT: regular

Eerste-orde luchtplanning

Luc Dupas, dupas@imec.be

SAC (l/min) =	17	O2 % =	20.9			
fles @200bar (liter) =	15	ELD (m) =	48.0	20.0	OTU	
flesdruk (bar) =	230	ppO2 (bar) =	1.2	7.3	%CNS EL	
		flesdruk	bar.min	bar.liter	bar.verbruik	
max. diepte (m) =	48					
BT (min) =	15	131.4	87.0	1479.0	98.6	
max. diepte (bar) =	5.8					
diepte2 (m) =	0	131.4	0.0	0.0	0.0	
tijd2 (min) =	0					
stressfactor =	1		17.0		+buddy	
deep stops (min) =	2	123.7	6.8	115.6	7.7	108.3
deep stops (bar) =	3.4					
deep stops (m) =	24					
stijgtijd @10m/min =	4.8	105.2	16.3	277.4	18.5	71.3
traptijd @ -6m =	4	97.9	6.4	108.8	7.3	56.8
trapdiepte (bar) =	1.6					
traptijd @ =3m =	6	89.1	7.8	132.6	8.8	39.1
trapdiepte (bar) =	1.3					
stijg + trappen (min)	16.8	89.1	37.3	634.4	42.3	46.8
Totale duiktijd (min) =	31.8	89.1	124.3	2113.4	140.9	46.8

48m, 15min BT: gewone afspraken

- Max. BT van 15min, laatste minuten checken 100% vrij zodat onmiddellijke opstijging mogelijk is.
- Of turn pressure van 130bar (bepaald door de eerste die op 130bar komt), whatever comes first.
- Turn pressure houdt automatisch rekening met onvoorziene hogere GOV,
- Normale planning = 85bar oppervlakte

48m, 15min BT: incidenten

What if luchtprobleem @15min BT:

- NIET treuzelen en proberen op te lossen @diepte!
- Onmiddellijk ALV geven en stijgen, DS skippen voor extra marge, rest normaal voorzien/gepland stijgprofiel
- Buddy 2*GOV owv stress is voorzien.

48m, 15min BT: +ALV buddy 2*stress

Eerste-orde luchtplanning

Luc Dupas, dupas@imec.be

SAC (l/min) =	17	O2 % =	20.9			
fles @200bar (liter) =	15	ELD (m) =	48.0	20.0	OTU	
flesdruk (bar) =	230	ppO2 (bar) =	1.2	7.3	%CNS EL	
		flesdruk	bar.min	bar.liter	bar.verbruik	
max. diepte (m) =	48					
BT (min) =	15	131.4	87.0	1479.0	98.6	
max. diepte (bar) =	5.8					
diepte2 (m) =	0	131.4	0.0	0.0	0.0	
tijd2 (min) =	0					
stressfactor =	1.5		25.5			+buddy
deep stops (min) =		131.4	0.0	0.0	0.0	131.4
deep stops (bar) =	3.4					
deep stops (m) =	24					
stijgtijd @10m/min =	4.8	103.7	16.3	416.2	27.7	75.9
traptijd @ -6m =	4	92.8	6.4	163.2	10.9	54.2
trapdiepte (bar) =	1.6					
traptijd @ =3m =	6	79.5	7.8	198.9	13.3	27.6
trapdiepte (bar) =	1.3					
stijg + trappen (min)	14.8	79.5	30.5	778.3	51.9	27.6
Totale duiktijd (min) =	29.8	79.5	117.5	2257.3	150.5	27.6

→ skip DS

48m, 15min BT: incidenten

What if luchtprobleem @15min BT én dan te grote stress bij beiden:

- NIET treuzelen en proberen op te lossen @diepte!
- Onmiddellijk ALV geven en stijgen, DS skippen voor extra marge,
- ASAP naar opp., ingekort stijgprofiel cfr. US Navy, 3m-trap uitduiken
- Beiden 2*GOV oww stress is voorzien.

47

48m, 15min BT: +ALV allebei 2*stress

Eerste-orde luchtplanning

Luc Dupas, dupas@imec.be

SAC (l/min) =	17	O2 % =	20.9			
fles @200bar (liter) =	15	ELD (m) =	48.0	20.0 OTU		
flesdruk (bar) =	230	ppO2 (bar) =	1.2	7.3 %CNS EL		
		flesdruk	bar.min	bar.liter	bar.verbruik	
max. diepte (m) =	48					
BT (min) =	15	131.4	87.0	1479.0	98.6	
max. diepte (bar) =	5.8					
diepte2 (m) =	0	131.4	0.0	0.0	0.0	
tijd2 (min) =	0					
stressfactor =	2		34.0			+buddy
deep stops (min) =		131.4	0.0	0.0	0.0	131.4
deep stops (bar) =	3.4					
deep stops (m) =	24					
stijgtijd @10m/min =	4.8	94.4	16.3	554.9	37.0	57.4
traptijd @ -6m =	1	90.8	1.6	54.4	3.6	50.2
trapdiepte (bar) =	1.6					
traptijd @ =3m =	4	79.0	5.2	176.8	11.8	26.6
trapdiepte (bar) =	1.3					
stijg + trappen (min)	9.8	79.0	23.1	786.1	52.4	26.6
Totale duiktijd (min) =	24.8	79.0	110.1	2265.1	151.0	26.6

US Navy ipv Buhlmann!

48m, 15min BT: incidenten

What if probleem op diepte dat tot 5min langere BT nodig maakt:

- Oplossen @diepte!
- DS skippen voor extra marge,
- ASAP naar opp., ingekort stijgprofiel cfr. US Navy maar met langere trappen owv 20min BT,
- 1.5*GOV owv stress is voorzien.

48m, 15min+5min BT, stress going up

Eerste-orde luchtplanning

Luc Dupas, dupas@imec.be

SAC (l/min) =	17	O2 % =	20.9			
fles @200bar (liter) =	15	ELD (m) =	48.0	26.7 OTU		
flesdruk (bar) =	230	ppO2 (bar) =	1.2	9.7 %CNS EL		
		flesdruk	bar.min	bar.liter	bar.verbruik	
max. diepte (m) =	48					
BT (min) =	20	98.5	116.0	1972.0	131.5	
max. diepte (bar) =	5.8					
diepte2 (m) =	0	98.5	0.0	0.0	0.0	
tijd2 (min) =	0					
stressfactor =	1.5		25.5			+buddy
deep stops (min) =		98.5	0.0	0.0	0.0	98.5
deep stops (bar) =	3.4					
deep stops (m) =	24					
stijgtijd @10m/min =	4.8	70.8	16.3	416.2	27.7	43.0
traptijd @ -6m =	3	62.6	4.8	122.4	8.2	26.7
trapdiepte (bar) =	1.6					
traptijd @ =3m =	11	38.3	14.3	364.7	24.3	-21.9
trapdiepte (bar) =	1.3					
stijg + trappen (min)	18.8	38.3	35.4	903.2	60.2	-21.9
Totale duiktijd (min) =	38.8	38.3	151.4	2875.2	191.7	-21.9

tot 5min langere BT voor probleem???

US Navy

48m, 15min BT: incidenten

Welke what if problemen zijn NIET voorzien?

De combi's van EN probleem op diepte waarvoor langere BT nodig zou zijn EN dan ineens ook nog eens een probleem met de luchtvoorziening van 1 van de duikers of beide duikers EN dan stress...

Risico-inschatting en risico-acceptatie blijft persoonlijke verantwoordelijkheid.

48m, 15min+5min BT, luchtdelend op

Eerste-orde luchtplanning

Luc Dupas, dupas@imec.be

SAC (l/min) =	17	O2 % =	20.9			
fles @200bar (liter) =	15	ELD (m) =	48.0	26.7 OTU		
flesdruk (bar) =	230	ppO2 (bar) =	1.2	9.7 %CNS EL		
		flesdruk	bar.min	bar.liter	bar.verbruik	
max. diepte (m) =	48					
BT (min) =	20	98.5	116.0	1972.0	131.5	
max. diepte (bar) =	5.8					
diepte2 (m) =	0	98.5	0.0	0.0	0.0	
tijd2 (min) =	0					
stressfactor =	1		17.0			+buddy
deep stops (min) =		98.5	0.0	0.0	0.0	98.5
deep stops (bar) =	3.4					
deep stops (m) =	24					
stijgtijd @10m/min =	4.8	80.0	16.3	277.4	18.5	61.5
traptijd @ -6m =	3	74.6	4.8	81.6	5.4	50.7
trapdiepte (bar) =	1.6					
traptijd @ =3m =	11	58.4	14.3	243.1	16.2	18.2
trapdiepte (bar) =	1.3					
stijg + trappen (min)	18.8	58.4	35.4	602.1	40.1	18.2
Totale duiktijd (min) =	38.8	58.4	151.4	2574.1	171.6	18.2

tot 5min langere BT voor probleem???

US Navy