NITROKSI-SUKELTAMISEN PERUSTEET

NITROKSISUKELTAMISEN PERUSTEET

Ohjeet 21-40 prosenttisten nitroksiseosten käyttöön urheilusukeltamisessa

CMAS Advanced Nitrox Instructor
DI Jorma Poikolainen

Toukokuussa 1997

Versio 1.31
Teppo Kurki
1/2002

LUKIJALLE

Tämä julkaisu on tehty käytettäväksi Sukeltajaliiton hyväksymän nitroksisukelluskurssin koulutusmateriaalina. Se on ensimmäinen suomenkielinen nitroksikoulutusmateriaali. Jos sinulla on ideoita sen kehittämiseksi saata ne mieluiten suoraan allekirjoittaneen tai Sukeltajaliiton teknisen valiokunnan tietoon, jotta saamme nauttia vuosien varrella yhä paranevasta materiaalista.

Perustasolla nitroksia käytetään tavallisessa urheilusukelluksessa. Sen avulla voidaan suurin osa sukelluksista suorittaa suoranousususukelluksina tai lisätä turvamarginaalia.

Turvallisuuden lisääminen vaatii kuitenkin sukeltajalta uusia tietoja ja taitoja, jotka voidaan saavuttaa koulutuksen avulla. Hanki sinäkin siis asianmukainen koulutus ja sukella turvallisesti nitroksilla.

Espoo 6.5.1998 Teppo Kurki (teppo.kurki@iki.fi)

Versio 1.01 7/97	Korjattu pieniä kirjoitusvirheitä ja päivitetty uusimmat taulukot
Versio 1.1 2/98	Osapaine/osuusmerkinnäksi P/F kansainvälisen käytännön mukaan, poistettu CNS%/min ekstrapolaatiot, muutettu CNS%/min esimerkit taulukoitten mukaan, korjattu sukellussuunnitteluesimerkin virhe, pieniä kirjoitusvirheiden korjauksia, tarkennettu happipuhdas/happiyhteensopiva käsitteitä. Osa kaavioista piirretty uudestaan. Päivitetty suljetun kierron laitteiden tietoja.
Versio 1.11 5/98	Lisätty sukelluksen suunnitteluesimerkkiin mistä taulukosta tiedot otetaan.
Versio 1.12 5/98	Korjattu kirjoitusvirheitä, päivitetty CNS% laskemiseen liittyviä ohjeita päivittäisen maksimin osalta, korjattu virheellisiä MOD-arvoja EAD-luvussa, päivitetty CNS%/min arvojen käyttöön liittyvä liite, päivitetty kuvamateriaalia ja analysaattoreiden käyttöohjetta, lisätty OTU käsitteisiin, lisätty happihuollettu käsite.
Versio 1.13 10/98	Pieniä tarkennuksia CNS-laskennassa ja taulukoiden yhteyteen lisätty selitys CNS%/min laskentatavasta.
Versio 1.2 6/00	Uudistetut säilöiden merkintäohjeet ja muita pienempiä korjauksia
Versio 1.3 12/00	Edelleen tarkennetut säiliöiden merkintäohjeet, kiitos Timo Vikmanille
Versio 1.31	Tarkennus FO2 käsitteeseen, CNS% mukaan terminologialiitteseen.

Niin, ja kiitos Eeva-Kaisa, Matti sekä Juki !

1. Johdanto ... 1
Nitroksin koostumus ja syyt käyttöön ... 1
Nitroksin historia ... 1
2. Nitroksiin liittyvä perusteoria ... 3
Kokonaispaine ja osapaineet ... 3
Typen vaikutukset ... 4
Hapen vaikutukset ... 4
Hengityselinten oireet ... 5
Hapen vaikutus keskushermostoon ... 6
3. Happialtistuksen rajoittaminen ... 10
Osapaineraja ja seoksen suurin käyttösyvyys ... 10
Happiannostaulukko ... 11
Väliaika ... 13
Happiannoksen kertymän seuraaminen ... 13
Sukellus eri syvyyksillä ... 13
4. Nitroksi ja dekompressio ... 15
Vastaava ilmasyvyys eli Equivalent Air Depth (EAD) ... 15
Dekompression suunnittelu vastaavaa ilmasyvyyttä käyttäen ... 16
Sukellustietokoneet ... 16
5. Sukelluksen suunnittelu ... 18
Sukelluksen toteutus ... 21
6. Välineet, kaasun valmistus ja analysointI ... 22
Säiliömerkinnät ... 22
Laitteiden sopivuus happikäyttöön ... 23
Nitroksikaasun analysointi ... 25
Mahdollisia virheitä laitteiden käytössä ... 27
7. Nitroksin valmistaminen ... 29
Valmistus kun kaasujen massat tunnetaan ... 29
Kaasujen valmistus jatkuvan sekoituksen menetelmällä ... 29
Kaasujen valmistus osapainemenetelmällä ... 31
Muut menetelmät ... 32
Koulutus kaasuntäyttöaseman käyttäjäksi ... 33
8. Yhteenveto ... 34
Liite 1. Terminologiaa ... 35
Liite 2. Kirjallisuuslähteitä ... 38
Liite 3. Puolisuljetut ja suljetut hengitysjärjestelmät ... 39
Liite 4. Hapen osapainetaulukko ... 41
Liite 5. Vastaava ilmasyvyys eli EAD (Equivalent Air Depth) ... 42
Liite 6. NOAA happiannostaulukko ... 43
Liite 7. Happiannoksen seuranta sukellustaulukkojen CNS%/min arvojen avulla ... 44
Liite 8. Kaavat ... 45
Liite 9. Nitroksisukelluksien sukelluspöytäkirja ... 46
Liite 9. Painelaitteisiin liittyvät säädökset ... 47
Kaasupullojen merkinnät ... 47
Tunnusvärit ... 47
Liite 10. Sukellustaulukot ... 50

1. Johdanto

Nitroksin koostumus ja syyt käyttöön

Nitroksi on hapen ja typen seos. Jotta ihminen voisi elää nitroksiseosta hengittäen on siinä oltava happea 16%:n ja 50 %:n välillä meren pinnan tasolla. Ilma sisältää meren pinnan tasolla noin 21% happea - tätä kutsutaan normoksiseksi ympäristöksi. Sukellustarkoitukseen käytetään hapella rikastettua ilmaa (EANx -Enriched Air Nitrox). Virkistyssukelluksessa käytettävässä nitroksissa on happea yleensä 25-40 prosenttia.

Nitroksin suurin merkitys sukeltamisessa on typen - *inertin kaasun* - vähentäminen kudoksissa sukelluksen aikana. Näin saadaan vähennettyä *sukeltajantaudin* todennäköisyyttä. Vaihtoehtoisesti väliaikoja sukelluksien välillä voidaan lyhentää ja *ei-kliiniset* sukeltajantaudin oireet vähenevät. Sukellukset voivat myös olla pidempiä ilman dekompressiota. Rikastetumpia seoksia käytetään myös dekompression tehostamiseen vaativilla dekompressiosukelluksilla.

Nitroksilla voi siis joko lisätä sukelluksien turvallisuutta tai vähentää dekompressiotarvetta.

Nitroksin historia

Ilma on erinomainen hengityskaasu maalla elävälle ihmiselle. Vedenalaiseen toimintaan se ei ole kuitenkaan ominaisuuksiltaan paras mahdollinen kaasu.

Nitroksilla on pitkä ja tunnettu historia. Ranskalainen kemisti Antoine Lavoisier todisti ensimmäisen kerran vuonna 1773, että happi oli elintärkeää hengissä pysymiselle. Seuraavana vuonna englantilainen fyysikko Reddoes ymmärsi hapella rikastetun ilman merkityksen lääketieteellisessä käytössä.

Vuoteen 1878 mennessä hapella rikastettu ilma oli otettu käyttöön hyperbaarisessa tutkimuksessa. Tällöin Paul Bert julkaisi yli 600 nitroksikokeen tutkimustulokset. Korkealla lentävät kuumailmapalloilijat käyttivät jo nitroksia hengityskaasuna. Bert ymmärsi ensimmäisenä, että liian suuri määrä happea kaasussa aiheutti eräänlaisen myrkytystilan, jolloin seurauksena oli epilepsian oireita muistuttavia keskushermosto-oireita. Hän havaitsi myös, että hengityselimiin kerääntyi liian hapen seurauksena nestettä, joka vaikeutti hengittämistä.

Seuraavina vuosikymmeninä tutkimustyö keskittyi parhaan kaasuseoksen löytämiseen. Tavoitteena oli löytää kaasuseos, joka aiheuttaisi vähiten happimyrkytysoireita, mutta joka vähentäisi sukeltajantaudin vaaraa. Tiedemiehet huomasivat, että mitä enemmän kaasuseoksessa oli happea, sitä matalammalla ja sitä nopeammin myrkytysoireet ilmenivät. Samalla havaittiin että oireiden vakavuus oli verrannollinen sekä syvyyteen että aikaan.

Avoimen kierron laite (SCUBA, Self Contained Underwater Breathing Apparatus) mahdollistaa sukeltajan hengittämisen veden alla, mutta samalla se hukkaa uloshengitetyn kaasun veteen - uloshengityksen jälkeen kaasussa on vielä 16 % happea. Hengityskaasuna ilma on halpaa, mutta useimmat muut kaasut huomattavasti

kalliimpia. Seoskaasusukelluksilla arvokas hengityskaasu voidaan käyttää tehokkaasti vain puolisuljetun tai suljetun kierron laitteella. Sen lisäksi, että ne kierrättävät hengityskaasua, kehittyneemmät järjestelmät mahdollistavat myös hengityskaasun koostumuksen muuttamisen syvyyden mukaan. Sukeltaja voi tällaisella laitteella hengittää happirikkaampaa seosta matalammalla dekompression aikana. Tällä tavalla saadaan kaasuseoksen hyötysuhde maksimoitua.

Tämä periaate keksittiin jo 1870-luvulla, kun brittiläinen sukeltaja Henry Fleuss kehitti usean vuoden ajan sukelluslaitetta, jossa hengityskaasuna käytettiin 50-60 % happea. Ensimmäinen sukellus vuonna 1879 kesti noin tunnin. Vakuututtuaan laitteen hyvistä ominaisuuksista Fleuss sai Siebe-Gormanin, yhden vanhimmista sukellusalan yrityksistä, kehittämään järjestelmää.

Saksalainen teknologia kehittyi myös nopeasti ja 1912 Westfalia Maschinenfabrik ja Dräger kehittivät itsenäisiä sukellusjärjestelmiä, joissa hengityskaasuna oli hapen ja ilman seos. Sotien välillä Siebe Gorman kehitti eri nitroksikaasujen järjestelmiä, jotta dekompressiota voitiin vähentää mahdollisimman paljon.

Toisen maailmansodan aikana sekä brittiläiset että italialaiset laivaston kommandosukeltajat käyttivät puolisuljettuja ja suljettuja sukellusjärjestelmiä operaatioissa, joissa taistelusukeltajasta tuli jäädä mahdollisimman vähän jälkiä eli käytännössä kuplia. Nämä järjestelmät lisäsivät myös huomattavasti sukellusaikaa, ja hapen osuuden rajoittaminen 60 %:iin asti vähensi huomattavasti happimyrkytyksen vaaraa. Happimyrkytys oli ollut aikaisempien suljetun kierron laitteiden suurin ongelma - näillä “happilaitteilla” ei voinut sukeltaa kuin 6...10 metrin syvyyteen ilman pelkoa happimyrkytyksestä. Kehitetyt uudet nitroksilaitteet sallivat jopa 30 metrin syvyydet.

Royal Navyn tutkimustyön perusteella oltiin vuoteen 1942 mennessä havaittu, että hapen osapaine ei saanut nousta 2,0 baria korkeammaksi. Syvemmät tai enemmän aikaa vievät sukellukset saivat aikaan myrkytysoireita sukeltajissa. Laivaston sukeltajat alkoivatkin puhua myyttisestä hirviöstä nimeltä Happi-Pete (Oxygen Pete), joka vaani syvemmällä ja iski sukeltajiin, jotka sukelsivat rajoja syvemmällä.

Myöhemmän tutkimustyön perusteella tätä rajaa pienennettiin, ensin NOAA:n (National Oceanographic and Atmospheric Administration) toimesta Yhdysvalloissa - he suosittivat 1,6 barin rajaa kaikkeen ei-dekompressio-sukeltamiseen. Brittiläinen HSE (Health and Safety Executive) pienensi puolestaan rajaa v. 1993 vielä lisää: HSE suositti kaikkeen sukeltamiseen 1,5 bar rajaa. NOAA:n työtä on arvostettu maailman laajuisesti ja NOAA tuotti myös sukellustaulukot 32 % ja 36 % happiseoksille (Enriched Air Nitrox eli EAN 32 ja EAN 36, joita kutsutaan myös NOAA Nitrox I ja NOAA Nitrox II seoksiksi), joissa 1,6 bar osapaineraja saavutettiin 40 ja 34 metrissä. NOAA myös julkaisi taulukon, jossa määriteltiin hapen eri osapaineille aikarajat. Tässä kullekin sukelluspäivälle määritetään maksimiannos happea minuutteina.

Nyt 1990-luvun lopulla ilmasta valmistettu nitroksi on yhä yleisempi kaasu kaikenlaisessa sukeltamisessa, olkoon se sitten tieteellistä, sotilaallista tai urheilusukellusta. Useat koulutusorganisaatiot kouluttavat sukeltajia kursseillaan nitroksin käyttäjiksi, ja 100 % happi on myös saanut laajaa hyväksyntää hyperbaarisessa lääketieteessä erilaisten sairauksien hoidossa.

 ©Poikolainen/Kurki

2. Nitroksiin liittyvä perusteoria

Nitroksi on hapen ja typen seos. Ilma on nitroksia, jossa on noin 21 % happea ja noin 78 % typpeä. Noin 1 % on muita kaasuja, kuten hiilidioksidia ja inerttejä kaasuja, kuten heliumia ja argonia. Kun puhumme ilmasta nitroksina puhumme normoksisesta kaasusta eli normaalihappiseoksesta.

Sukelluskäytössä nitroksikaasu on yleensä hapella rikastettua ilmaa (Enriched Air Nitrox, EANx). Tämä on ilmaa, johon on lisätty happea. Vaihtoehtoisesti ilmasta saa rikkaampaa nitroksia poistamalla siitä typpeä.

Kun NOAA kehitti omaa standardiaan 1970-luvulla, he käyttivät nitroksiseoksia, joissa oli 32 tai 36 % happea (NOAA I ja NOAA II seokset). Laivastot käyttävät seoksia, joissa on 60 % asti happea, ja 50 %:ia seoksia käytetään paine-kammiohoidossa.

Hapen osuuden muuttaminen on varsin yksinkertaista, mutta jotta kaasuseosten käyttö ja täyttö olisi turvallista, on kaksi perusasiaa huomioitava. Ensinnäkin laitteiden, jotka joutuvat tekemisiin yli 40 % hapen kanssa, on oltava sopivia tähän käyttöön, ja toisaalta on muistettava hapen myrkyllisyyden vaikutukset.

Kokonaispaine ja osapaineet

Hapen myrkyllisuuden ymmärtämiseksi ja välttämiseksi on tärkeä tuntea kaasun osapaineiden muuttuminen sukelluksen aikana.

Osapaineella tarkoitetaan kaasuseoksen kunkin osakaasun osuutta kokonaispaineesta. Ilma koostuu useista yksittäisistä kaasuista, joista kukin koostuu kaasumolekyyleistä, jotka ovat jatkuvassa liikkeessä. Kun nämä molekyylit törmäävät ympäristöönsä, syntyy painetta tätä ympäristöä vasten. Kokonaispaine syntyy kaikkien kaasujen molekyylien liikkeestä ja on osapaineiden summa.

Meren pinnan tasolla puhutaan yhden ilmakehän paineesta. Tämä paine on suuruudeltaan 1,013 bar = 1 ATA = 760 mmHg. Tässä kaasuseoksessa kullakin kaasulla on oma paineensa, ja kun nämä lasketaan yhteen, saadaan noin 1 bar.

Sukeltajan kannalta on olennaista hydrostaattisesta paineesta (veden painosta johtuva paine) aiheutuva kokonaispaineen kasvu syvemmälle mentäessä. Nyrkkisääntönä paine kasvaa yhden barin verran aina mentäessä kymmenen metriä syvemmälle.

Kaavana tämä voidaan kirjoittaa yksinkertaisesti:

$P = \frac{S}{10} + 1$, missä P = paine baareissa, S = syvyys metreissä

Tietyn kaasun osuus kokonaispaineesta riippuu suoraan kaasun prosenttiosuudesta. Hapen osuus ilmasta on noin 21 %, joten sen osuudeksi jää 21 % molekyylien liikkeen aiheuttamasta paineesta. Tämä 21 % osuus 1 barista on siis 0,21 bar, tätä kutsutaan hapen osapaineeksi meren pinnan tasolla. Jos käytämme ilmaa ja sukellamme 10 metriin, kokonaispaine on noin kaksi baria ja hapen osapaine on 0,42 bar. 20 metrin syvyydessä vastaavasti kokonaispaine on 3 baria ja 0,63 bar.

Daltonin lain mukaan kokonaispaine on siis osapaineiden summa eli nitroksin tapauksessa

$$PO_2 + PN_2 = P_{nitroksi}$$

ja kaasun osapaine on sen osuus kaasun koostumuksesta kertaa kokonaispaine eli

$$FO_2 \times P = PO_2$$

Tietyn kaasun osapaineesta käytetään merkintää PX, missä P tulee sanasta **Partial** pressure (**osa**paine) ja X on kaasun kemiallinen lyhenne. Esimerkiksi hapen osapaineesta käytetään merkintää PO_2. Merkinnällä FO_2, missä F tulee englannin sanasta Fractional, tarkoitetaan hapen osuutta kaasussa.

Esimerkki: Jos käyttämässämme nitroksissa on enemmän kuin 21 % happea on hapen osapainekin erilainen. Nitroksi 36:ssa, jossa on 36 % happea (FO_2 eli hapen osuus kaasusta = 0,36), on pinnalla hapen osapaine 0,36 bar. 28 metrissä on hapen osapaine PO_2 = 3,8 x 0,36 bar = 1,37 bar.

Typen vaikutukset

Typpi on normaaliolosuhteissa niin sanottu inertti kaasu eli sitä ei käytetä ihmisen elintoimintoihin. Paineen alaisena se alkaa kuitenkin vaikuttaa sukeltajaan haittaavasti.

Typen tärkein vaikutus sukellukseen johtuu kaasujen imeytymisestä kehon kudoksiin paineen alla. Sukelluksen aikana vallitsevassa korkeassa paineessa ihmisen kehoon imeytyy typpeä. Se poistuu verenkierron ja hengityksen kautta aiheuttamatta fysiologisia haittoja, jos paine ei laske liian nopeasti. Paineen laskiessa liian nopeasti typpi ei ehdi poistua vaan muodostaa kuplia, jotka aiheuttavat sukeltajantaudin tukkiessaan verisuonia ja aiheuttamalla häiriöitä ihmisen elintoiminnoissa, jolloin verenkierto kehon eri osissa häiriintyy. Typpi siis aiheuttaa dekompressiotarpeen, joka pienenee jos hengityskaasussa on vähemmän typpeä.

Typellä on myrkyllinen tai oikeammin narkoottinen vaikutus syvemmällä kuin noin 30 metrin syvyydessä ilmalla sukellettaessa. Vaikutukset riippuvat hyvin voimakkaasti sukellusolosuhteista, henkilökohtaisista ominaisuuksista, sekä sukellus- ja hengitystekniikasta.

Typestä ei elintoimintojemme kannalta ole muuta hyötyä kuin että se suojaa meitä hapen myrkyllisyyden vaikutuksilta. Pyrimme siis määrittelemään parhaan typen prosenttiosuuden hengityskaasussamme jossakin syvyydessä niin, että typen suojaava vaikutus säilyy samalla kun minimoimme sen haitalliset vaikutukset.

Hapen vaikutukset

Ihmiset eivät voi elää ilman happea, mutta kuten koko eläin- ja kasvikunta ihminen on sopeutunut elämään määrätyssä elinympäristössä. Meren pinnan tasolla voimme hengittää ilman ongelmia, jos hengityskaasussa on happea 16 ja 50 % välillä. Jos kaasussa, jota hengitämme on vähemmän kuin 16 % happea, kärsimme

 ©Poikolainen/Kurki

happivajauksesta, *hypoksiasta*. Jos happipitoisuus on yli 50 % alamme kärsiä happimyrkytyksen (*hyperoksia)* oireista.

Minkä tahansa kaasun yliannostus vaikuttaa meihin haitallisesti, eikä happi ole poikkeus. Seuraavassa taulukossa on eräitä rajoja hapen osapaineelle.

HAPEN OSAPAINERAJAT SUKELTAMISESSA	
<0,10 bar	Kooma tai kuolema
0,10 bar	Tajuttomuus
0,12	Vakavat hypoksian oireet
0,16	Lievät hypoksian oireet
0,21	Normaali ilma
0,35	Normaali saturaatiotila sukellettaessa
0,50	Maksimi saturaatiotila
1,40	**CMAS:n, TDI:n, IANTD:n, PADI:n suositus urheilusukelluksesa käytettäväksi rajaksi**
1,50	Maksimiosapaineraja Suomen laivastossa
1,60	Maksimiraja urheilusukeltamisessa hyvissä olosuhteissa US Navyn maksimiraja jatkuvassa altistuksessa
1,80	Suomen laivaston maksimiosapaineraja seoskaasusuk. (ACSC)
2,40	60/40 nitroksi hoitokaasu 6 bar paineessa (= 50 metriä)
3,00	50/50 nitroksi hoitokaasu 6 bar paineessa

Seoskaasusukeltamisessa on aina huolehdittava että hapen osapaine on riittävä. Nitroksisukeltamisessa, jossa sukelletaan ilmaa rikkaammalla happiseoksella on happimäärä aina riittävä, mutta sukeltajan täytyy laskea ja tarkkailla korkeapaineiselle hapelle altistumista. Altistuminen hapen korkeille osapaineille voi johtaa joko keskushermosto-oireisiin tai hengityselinten oireisiin.

Hengityselinten oireet

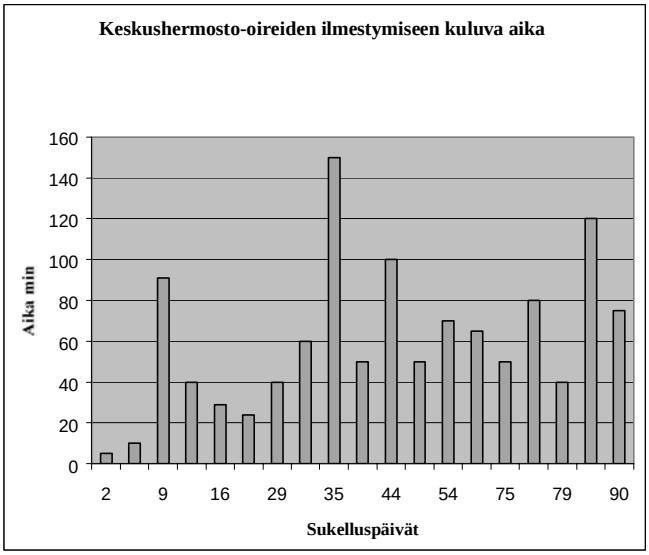
Hengityselinten tai koko kehon oireet johtuvat pitkäaikaisesta hapen hengittämisestä. Happi on voimakkaasti reagoiva kaasu ja ihmisen elimistö yrittää puolustautua pitkäaikaista suurta happialtistusta vastaan. Happirikas hengityskaasu häiritsee keuhkojen toimintaa ja aiheuttaa kuivan, hakkaavan yskän ja myöhemmin hengitysvaikeuksia, kun keuhkot kehittävät nestettä keuhkokudoksiin hapen vaikutusten minimoimiseksi. Lopulta, vakavimmissa tapauksissa, keuhkot ovat niin täynnä nestettä, että kaasun vaihto keuhkorakkuloissa estyy ja sukeltaja kärsii hengityselinten ödeemasta, keuhkokuumetta muistuttavasta tilasta, joka voi ilman hoitoa johtaa kuolemaan. Hengityselinoireet johtuvat muutoksista keuhkokudoksissa eivätkä muutokset palaudu ilman jälkivaikutuksia, vaikka altistus loppuisikin.

Koko kehon happimyrkytys on seurausta vasta tunteja kestäneestä happirikkaan seoksen hengittämisestä eikä normaalisti ole ongelma urheilusukeltamisessa. Painekammiohoidossa käytetään happirikkaita kaasuseoksia hoidon nopeuttamiseksi, mutta tällöinkin hoidossa on lyhyin aikavälein hengitysjaksoja pelkällä ilmalla.

Hapen vaikutus keskushermostoon

Urheilusukeltajille tärkeämpi huolenaihe on happirikkaan kaasuseoksen hengittämisestä johtuvat keskushermosto-oireet. Vaikka syvyyshumala ja keskushermoston happimyrkytys ovat molemmat seurausta hengityskaasun kohonneista osapaineista ne etenevät aivan eri tavalla. Mitä syvemmälle sukellamme typpeä sisältävällä hengityskaasulla sen paremmin huomaamme typen narkoottiset vaikutukset, joita mahdollinen hiilidioksidin kertyminen kehoon vielä vahvistaa. Useimmissa tapauksissa typpinarkoosin vaikutukset huomaa selvästi ja niitä voi jopa oppia kontrolloimaan tai sietämään tietyssä määrin.

Hapen aiheuttamat oireet ovat erilaiset ja ne voivat ilmetä äkkinäisesti ilman mitään ennakkovaroitusta. Happimyrkytyksen sietämiseen ei ole mitään tunnettua keinoa eikä altistukseen pysty tottumaan. Toistuva altistuminen korkeille happipitoisuuksille altistaa sukeltajan jopa entistä pahemmin happimyrkytyksen oireille. Ei edes kahtena peräkkäisenä sukelluspäivänä voida havaita samantyyppistä sietokykyä hapelle.



Happisietoisuuden vaihtelu yhden sukelluksen aikana 90 päivän aikana. Sukeltaja hengitti puhdasta happea (100 %) 21 metrissä 20 eri sukelluksen aikana. Hapen osapaine vastaa 3.1 barin hapen osapainetta. Keskiarvo oli n. 45 minuuttia. Huomaa vaihteluväli 5-150 minuuttia. (Donald 1947)

Yllä esitetty kuva kertoo hapen vaikutuksista sukeltajaan peräkkäisillä sukelluksilla. Tämä epäonninen testisukeltaja altistettiin yli 3 barin hapen osapaineelle kunnes oireet ilmenivät. Joinakin päivinä tähän meni minuutteja, joinakin päivinä tunteja. Keinoa, jolla voitaisiin ennustaa, milloin oireet tulevat ja milloin ei, ei tunneta. Tämä johtuu ihmiskehon kompleksisuudesta; väsymys, kemialliset reaktiot, rasituksen määrä, lämpötila ja nestetasapaino vaikuttavat voimakkaasti siihen, kuinka oireet ilmenevät.

 ©Poikolainen/Kurki

Keskushermostomyrkytyksen oireet

Kuten useimpia kaasuseoksia hengitettäessä kunkin kaasuseoksen aiheuttamat myrkytysoireet ovat ko. kaasulle tyypillisiä. Hapen aiheuttaman keskushermostomyrkytyksen ensioireet on helppo muistaa HALOO muistisäännön avulla.

H	=	Huimaus, koordinaatiovaikeudet
A	=	Aistiharhat: näkökyvyn häiriöt (esim. tunnelinäkö), kuulohäiriöt (korvien soiminen)
L	=	Lihasten nykiminen, varsinkin suun ja huulten
O	=	Oksetus
O	=	Outo olo/käytös, ärtyisyys

Useat näistä oireista ovat yleisiä kaikkien kaasujen myrkytysoireiden yhteydessä kuten pyörryttäminen, tunnelinäkö ja ärtyisyys, mutta lihasten nykiminen on vain happimyrkytykselle tyypillinen oire.

Jos oireet ilmaantuvat (huom. mitään ensioireita ei välttämättä tule), on parasta välittömästi lopettaa sukellus, ja pyrkiä kohti pintaa mahdollisimman nopeasti, mutta sukellusturvallisuuden puitteissa. Muista, että jos kyseessä on happimyrkytys, kehossa jo oleva happi vaikuttaa yhä ja tulee vaikuttamaan jonkun aikaa.

Happimyrkytyksen seurauksena ei ole sukeltajantautia (paitsi jos nouset liian nopeasti), mutta sukeltaja saattaa hukkua, koska yllä olevien oireiden jälkeen seuraa koko kehoon vaikuttavat kouristukset. **Mitään ensioireita ei välttämättä tule ennen tajuttomuutta ja kouristuksia**.

Happimyrkytyksen aiheuttamat kouristukset

Kouristukset ovat pääosin samantapaisia kuin epileptisen kohtauksen aikana. Yleensä sukeltaja jäykistyy ensin kaarelle, hengitys pysähtyy, ja tajuttomuus seuraa heti (tooninen tila). Tässä tilanteessa kurkunpää on ummessa, ja yritykset tuoda oireet saanut sukeltaja pintaan johtavat yleensä massiiviseen keuhkorepeämään ja kuolemaan.

Jäykistymisvaihe kestää yleensä n. 30 sekuntia ennen kuin sukeltaja joutuu klooniseen tilaan, jossa jatkuvat ja voimakkaat kaikkien lihaksien kouristukset saavat sukeltajan liikkumaan kontrolloimattomasti. Yleensä sukeltajan kurkunpää pysyy myös tässä vaiheessa suljettuna; tämä vaihe kestää noin minuutin. Tämän jälkeen lihakset rentoutuvat, ja sukeltaja alkaa lähes hyperventiloida, koska lihaksiin on nyt kertynyt huomattava määrä hiilidioksidia.

Tässä vaiheessa on mahdollista tuoda sukeltaja pintaan ja annostinta on yritettävä pitää sukeltajan suussa. Tämä on toisaalta myös kaikkein vaarallisin vaihe, sillä sukeltaja on vaarassa sekä hukkua että saada keuhkorepeämän. Jos 80-100 % happea käytetään myös dekompressiotarkoituksessa dekompression lyhentämiseksi kokokasvomaskin käyttö dekompression aikana on suositeltavaa varsinkin, jos sukelluksen aikana on saatu huomattava happiannos.

Sukeltaja on tuotava pintaan siten, että kaasu pääsee poistumaan sekä vatsasta että keuhkoista joko pitämällä päätä riittävästi taaksepäin ja/tai puristamalla rintakehää sisäänpäin. On muistettava, että sukeltajan kudokset ovat kyllästyneet hapella, jolloin toisin kuin normaalissa hukkumistapauksessa, jossa aivosoluja alkaa tuhoutua noin 4 minuutin hengittämättömyyden jälkeen, on mahdollista, että sukeltaja selviytyy vammoitta pidemmänkin hengittämättömän ajan jälkeen.

On toisaalta huomattavaa, että hukkumisriskiä lukuunottamatta kouristuksista ei seuraa pitkäaikaisia fyysisiä vammoja. Lienee kuitenkin selvää, että sukeltajan kannattaa tehdä kaikkensa, ettei saa happimyrkytyksen seurauksena kouristuksia.

Yksinkertainen tapa välttää nämä vaikeudet, on hengittää aina kaasuseosta, jossa hapen osapaine on alle 1,4 bar. Tämän lisäksi on myös muistettava NOAA-taulukon aikarajat pitkäaikaisessa altistuksessa.

Hiilidioksidin vaikutus

Kouristukset seuraavat kemiallisista reaktioista aivoissa liian hapen ja hiilidioksidin yhteisvaikutuksesta. Hiilidioksidi laajentaa verisuonia ja saa aikaan sen, että kaasut siirtyvät verestä kudoksiin nopeammin. Tämän seurauksena sekä happi että typpi tai mikä tahansa inertti kaasu imeytyvät kudoksiin nopeammin.

Hiilidioksidia voi saada kerääntymään elimistöön eri tavoin, ja kaikki nämä vaihtoehdot on helppo välttää. On vältettävä hengityksen pidätystä, vajavaista hengitystä, hengittämistä niin, että välillä lyhyen ajan pidätetään hengitystä, tai puuskuttamista stressaantuneena. Kuten kaikessa sukeltamisessa, hidas, vakaa hengitys on ratkaisu tähänkin ongelmaan riippumatta käytettävästä sukelluslaitteesta. Samalla kaasun kulutus pienenee, varsinkin yhdistettynä palleahengitykseen. Vältä myös työskentelyä liian rankasti veden alla ja jos joudut tekemään raskasta työtä veden alla, pidä hapen osapaine ehdottomasti 1,4 bar alapuolella.

HAPEN MYRKYLLISYYTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Monet tekijät vaikuttavat sukeltajan altistumiseen hapen myrkyllisyydelle. Tärkeimmät näistä eli syvyys ja sukellusaika on jo käsitelty aikaisemmin. Eräs tärkeä lisätekijä on lämpötilan vaikutus (sekä kuumuuden että kylmyyden). Kaikki mikä laajentaa verisuonia, lisää kaasun siirtymistä kudoksiin.

Toisaalta liika kylmyys tai väsymys voi vähentää jo verenkiertoon ja kudoksiin imeytyneen kaasun siirtymistä keuhkoihin eli myös hapen ja hiilidioksidin (tai typen) siirtyminen keuhkoihin voi hidastua oleellisesti.

Nestevajaus voi myös olla merkittävä tekijä kaasujen siirtymisessä. Jos kärsit nestevajauksesta, veri ei pysty kuljettamaan riittävästi kaasuja pois kudoksista dekompression aikana (keho alkaa yhä enemmän kärsiä nestevajauksesta, koska veriplasma mukautuu veden alla laskeneeseen verenpaineeseen).

On hyvin tärkeää huolehtia oikeasta nestetasapainosta ennen sukellusta - juo esimerkiksi puoli litraa nestettä (vettä, appelsiinimehua tai jotakin kuntoilujuomaa) juuri ennen sukellusta. Nestetasapainosta on huolehdittava myös sukelluksen jälkeen, koska typen poistuminen voi viedä huomattavan pitkän ajan vaativan sukelluksen jälkeen. Kahvi ja alkoholi ovat diureetteja eli nesteen poistumista kehosta lisääviä aineita eikä niitä ole hyvä nauttia ennen sukellusta.

 ©Poikolainen/Kurki

Nestetasapainon säilyttäminen koskee erityisesti kuumassa ilmanalassa tapahtuvia sukelluksia. Suomessa sukellukset ovat usein rasittavampia ja on kiinnitettävä erityisesti huomiota sukeltajan lämpötalouteen ja fyysiseen rasitukseen.

3. Happialtistuksen rajoittaminen

Hapen aiheuttamat keskushermosto-oireet riippuvat happialtistuksen määrästä (osapaine) ja annoksesta (alttiinaoloaika). Näitä molempia tekijöitä on seurattava sukellettaessa nitroksilla.

Osapaineraja ja seoksen suurin käyttösyvyys

Tutkimukset ovat osoittaneet, että urheilusukeltamisessa ehdottomana rajana voidaan pitää 1,6 barin rajaa. On huomattava, että useissa tutkimuksissa on myös osoitettu, että sama sukeltaja voi samoissa olosuhteissa kärsiä hapen myrkyllisyyden oireista alhaisemmilla tai korkeammilla osapaineilla. Syytä tähän ei tiedetä. Korkeammilla hapen osapaineilla tulevat hapen myrkyllisyydestä johtuvat keskushermosto-oireet (CNS eli Central Nervous System) yhä todennäköisimmäksi.

Englannissa paikalliset työsuojeluviranomaiset ovat asettaneet jatkuvan altistuksen rajaksi 1,5 bar, kun taas NOAA:n ja US Navyn ehdoton raja on 1,6 bar. Koulutusjärjestelmät, kuten IANTD ja TDI, suosittavat rajaksi 1,4 bar varsinkin pidemmällä vaativammalla sukelluksella kylmässä vedessä tai työsukelluksissa, ja 1,6 bar ei-dekompressiota vaativilla lämpimän veden sukelluksilla.

Suomen Urheilusukeltajain Liiton suositus hapen maksimiosapaineelle normaalissa sukellustoiminnassa on 1,4 bar.

Vaativissa olosuhteissa sukellettaessa voidaan sukelluksen syvimmässä osassa saavutettavaa hapen osapainetta entisestään pienentää. Esimerkiksi luolasukelluksissa suositellaan käyttämään alle 1,4 barin maksimi hapen osapainetta. Liian korkean osapaineen käyttäminen altistaa sukeltajan vaaralle, jonka seurakset ovat mahdollisesti kohtalokkaat. Suuremmasta osapaineesta alttiinaoloaikana ei ole hyötyä, jos vastakkain asetetaan toisaalta riski saada hoidettavissa oleva sukeltajantauti ja toisaalta happimyrkytyksen aiheuttama hukkumiskuolema.

Myös liian vähäinen hapen määrä voi aiheuttaa ongelmia. Hapen minimiosapaine on 0,16 bar hypoksian eli hapen vähäisyyden ongelmien välttämiseksi. Jos hengityskaasussa on liian vähän happea, sukeltaja voi vaipua tajuttomuuteen, sitten koomaan ja lopulta kuolla. Veden alla kaikki tajunnan häiriöt voivat johtaa hukkumiseen. Hypoksiset seokset tulevat kyseeseen lähinnä syväsukelluskaasuilla kuten helioksilla tai trimiksillä sukellettaessa.

1,4 barin osapaineraja määrittelee siis jokaiselle kaasulle suurimman sallitun käyttösyvyyden (Maximum Operating Depth eli MOD). MOD lasketaan laskemalla ensin se kokonaispaine, joka vastaa käytetyn kaasuseoksen hapen osapainetta 1,4. Tämän jälkeen lasketaan kokonaispainetta vastaava sukellussyvyys.

Esimerkki: Mikä on EAN 34 nitroksin maksimi käyttösyvyys? Lasketaan ensin vastaava kokonaispaine 1,4/0,34 = 4,12 bar. Tätä vastaava syvyys on (4,12 -1) * 10 eli noin 31 metriä.

 ©Poikolainen/Kurki

MOD voidaan laskea seuraavalla kaavalla. Käytännössä se voidaan myös katsoa tämän oppaan takana olevasta taulukosta, johon on merkitty 21-40 prosenttisten nitroksiseosten osapaine eri syvyyksissä

MOD eli suurin käyttösyvyys (metriä) = $\left(\frac{1{,}4}{FO_2} - 1\right) \times 10$,

missä FO_2 on hapen osuus hengityskaasussa.

Tarkista aina ennen sukellusta ettei hapen osapaine ylitä 1,4 barin rajaa sukellussyvyydessä laskemalla suurin käyttösyvyys käyttämällesi nitroksiseokselle!

Normaalisti sukellukset etenevät suunnitelman mukaan eikä maksimisyvyyttä ylitetä. Nitroksilla sukellettaessa suunniteltu suurin sukellussyvyys on tavallista sukellusta huomattavasti tärkeämpi, jotta vältytään happimyrkytykseltä. Käytetyn nitroksin suurin käyttösyvyys on ikään kuin lattia, joka rajoittaa syvemmälle menemistä (samalla tavalla kuin dekompressiosukelluksilla dekompressiosyvyys on katto, jonka läpi ei saa tulla).

Suunniteltaessa esimerkiksi hylkysukellusta tulee kaasun valinta tehdä konservatiivisesti. Jos esimerkiksi hylyn rakenteet ovat 25 metrin syvyydessä ja pohja 30 metrin syvyydessä, kannattaa kaasu valita pohjan mukaan.

Tarkkaile sukeltaessasi ettet ylitä maksimisyvyyttä!

Happiannostaulukko

Kun hapella rikastettua ilmaa käytetään uusintasukelluksilla lisääntynyt altistuminen hapen korkeammille osapaineille tarkoittaa sitä, että sukeltajan on seurattava hapen kertymistä kudoksiin typen kertymisen lisäksi.

NOAA kehitti 1970-luvulla altistumistaulukon, joka antaa aikarajat turvalliselle happialtistumiselle eri osapaineilla. Hapen myrkyllisyys riippuu osapaineesta ja altistusajasta eli sukellussyvyydestä (joka vaikuttaa osapaineeseen) ja sukellusajasta. Mitä pidempään sukellamme tietyllä kaasuseoksella sukellussyvyydessä, sitä lähemmäksi tulemme rajaa, jonka jälkeen happimyrkytyksen oireet voivat ilmaantua. Mitä korkeampi hapen osapaine on sitä lyhyemmän ajan ja sitä harvemmin voimme altistaa kudoksemme hapen vaikutukselle.

NOAA HAPPIANNOSTAULUKKO		
Hapen osapaine PO_2 (bar)	**Raja yhdellä sukelluksella (min)**	**Päivittäinen maksimi (min)**
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1,0	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

HUOMAUTUS: Jos sukelluksella saavutetaan 80 % yhden sukelluksen altistusrajasta on sukellusten välisen väliajan oltava vähintään 2 tuntia, ennen kuin sukeltamista voidaan jatkaa. Sukellusprosessia voidaan sitten jatkaa kunnes saavutetaan 80 % päivittäisestä maksimista. Jos saavutetaan 80 % päivittäisestä maksimialtistustuksesta on pidettävä vähintään 12 tunnin väli sukellusten välillä. Näinä väliaikoina on hengitettävä ilmaa.

Kirjallisuudesta löytyy myös muita menetelmiä, joissa lasketaan jatkuvasti sukelluksen aikana kertynyttä happiannosta. Nämä menetelmät soveltuvat hyvin sukellustietokonekäyttöön.

Jos sukellusaika on ollut lyhyempi kuin taulukon antama maksimiaika happiannostuksen kertymä voidaan huomioida seuraavalla kaavalla:

$$\frac{T_{tod}}{T_{\max}} \times 100 =$$ **Keskushermoston oireita aiheuttavan happiannoksen kertymä (CNS %)**

Tässä kaavassa T_{tod} on todellinen sukellusaika ja T_{max} yhden sukelluksen maksimiaikaraja yllä olevasta taulukosta sille hapen osapaineelle, joka on saavutettu sukelluksen aikana.

Esimerkki: Sukelletaan 60 minuutin sukellus, jolloin maksimi PO_2 on 1,2 bar. Tällöin happiannoksen kertymä on (60 min / 210 min) x 100 % = noin 29 % suurimmasta sallitusta happiannoksesta yhden sukelluksen aikana.

 ©Poikolainen/Kurki

Väliaika

Elimistö käyttää jatkuvasti ylimääräistä kertynyttä happea ja pyrkii kohti tasapainotilannetta. Arvioidaan, että **pinnalla hengittäessä ilmaa kudoksissa oleva hapen myrkyllinen vaikutus laskee puoleen 90 minuutissa**.

Tämä teoria muistuttaa puoliintumisaikateoriaa, jolla mm. havainnollistetaan kudoksissa olevan typen poistumista hengityksen aikana; kaiken ylimääräisen hapen katsotaan poistuneen kehosta 12 tunnissa.

Tämän perusteella voidaan laskea, että edellisen esimerkin sukeltajalla on:

(29/2) = noin 15 % ylimääräisestä hapesta jäljellä 90 minuutin jälkeen
ja:
(15/2) = noin 8 % ylimääräisestä hapesta jäljellä 180 minuutin (3 tunnin) jälkeen

Jos sukeltajamme menisi sukeltamaan 3 tunnin väliajan jälkeen tuo 8 % olisi laskettava kehossa edelleen olevaksi ylimääräiseksi hapeksi. Tämä määrä on lisättävä uuden sukelluksen aikana kertyvään happiannokseen.

Jos kertynyt CNS happiannos saavuttaa 80 % sallitusta yhden sukelluksen annoksesta, seuraavaa sukellusta ei saa aloittaa 2 tuntiin.

Tätä menetelmää noudattaen ei saa suorittaa kuin 3 sukellusta päivässä.

Suurissa altistuksissa on syytä seurata myös päivittäisen maksimiannoksen kertymistä. Päivittäisen maksimiannoksen rajat eivät tosin tule vastaan normaaleilla urheilusukellusaltistuksilla.

Happiannoksen kertymän seuraaminen

Tämän käsikirjan liitteenä olevissa nitroksisukellustaulukoissa on ilmoitettu kullekin taulukkosyvyydelle myös happiannoksen kertymänopeus CNS%/min. Tämä arvo nopeuttaa kertyneen happiannoksen laskemista huomattavasti, koska sukelluksen aikana ollutta suurinta PO_2:a ja kyseistä sukellusaikaa vastaava kertymäarvo on helposti katsottavissa taulukosta.

Esimerkki: Sukellus nitroksi 36:lla 28 metriin, sukellusaika 28 minuuttia. Nitroksi 36 taulukosta 28 metrin kohdalta löytyy kertymänopeus 0,67 %/min. Kun tämä kerrotaan ajalla saadaan 0,67 %/min x 28 min eli noin 19 % CNS.

Sukellus eri syvyyksillä

Kun sukelluksen profiili ei ole suorakaide voidaan noudattaa tarkempaa kertyneen CNS happiannoksen laskentakaavaa; lasketaan kertynyt happiannos kullekin syvyydelle.

Esimerkki: Sukellus nitroksi 28:lla 40 metriin 10 minuutiksi, ja sitten samalla kaasulla 20 minuuttia 14 metrissä näyttäisi seuraavalta:

Syvyys 1: 40 metriä nitroksi 28, PO_2 = 1,4 bar

$\Rightarrow$ 0,67 %/min x 10 min = 6,7 % CNS

Syvyys 2: 14 metriä nitroksi 28, PO_2 = 0,7 bar

$\Rightarrow$ 0,18 %/min x 20 min = 3,6 % CNS

Yhteensä kertynyt CNS % annos on siis 6,7 % + 3,6 % = noin 11 %.

©Poikolainen/Kurki

4. Nitroksi ja dekompressio

Vastaava ilmasyvyys eli Equivalent Air Depth (EAD)

Kun käytämme sukelluksen aikana mitä tahansa ennalta sekoitettua hapella rikastettua ilmaseosta on tällä kaasulla hapen osapaine on aina korkeampi kuin sukellettaessa ilmalla vastaavassa syvyydessä.

Toisaalta tämä tarkoittaa myös sitä, että hengityskaasussa olevan typen osapaine on pienempi kuin ilmalla. Mille tahansa hengityskaasulle on myös löydettävissä syvyys, jossa ilmaa hengitettäessä typen osapaine on sama kuin valitulla hengityskaasulla sukeltajan syvyydessä.

Vastaava ilmasyvyys eli **EAD** (Equivalent Air Depth) on siis se syvyys, jossa ilmaa hengitettäessä hengittäisimme typpeä samassa osapaineessa kuin valitulla hengityskaasulla valitussa syvyydessä.

Esimerkki: Typen osapaine PN_2 nitroksi 36:lla 24 metrin syvyydessä on 2,2 bar. Ilmaa hengitettäessä tämä sama PN_2 vallitsee 18 metrin syvyydessä. Nitroksi 36:lle 24 metriä vastaava ilmasyvyys (engl. Equivalent Air Depth eli EAD) on siis 18 metriä. Hengitämme siis nitroksi 36:lla hengityskaasussa 24 metrin syvyydellä typpeä, jonka osapaine vastaa sitä, että hengittäisimme ilmaa 18 metrissä. Kun tiedämme, että sukeltajantaudin aiheuttaa juuri typpi, voisimme siis tällä kaasulla käyttää normaalia ilmataulukkoamme, mutta 18 metrin kohdalta !

KAASU	SYVYYS; PO_2=1,4 bar	EAD eli vastaava ilmasyvyys
Nitroksi 28	40 m	36 m
Nitroksi 32	34 m	28 m
Nitroksi 36	29 m	22 m

Tällä samalla menetelmällä voimme optimoida hengityskaasun kullekin syvyydelle, ilman että joudumme tekemään pitkiä dekompressiopysähdyksiä tai käyttämään muita dekompressiokaasuja.

Määritelläksemme siis vastaavan ilmasyvyyden hengityskaasullemme voimme joko

- käyttää kaavaa vastaavan ilmasyvyyden laskemiseen tai
- käyttää vastaavan ilmasyvyyden taulukkoa (liitteenä).

Sukeltaessamme avoimen kierron laitteella laskemme vastaavan ilmasyvyyden (EAD) seuraavalla kaavalla:

$$\text{EAD (metriä)} = \frac{(1{,}0 - FO_2) \times (S + 10)}{0{,}79} - 10$$

missä:

FO_2 = hapen osuus kaasussa

S = sukellussyvyys metreissä

Dekompression suunnittelu vastaavaa ilmasyvyyttä käyttäen

Voit katsoa normaalista ilmataulukostasi vastaavan ilmasyvyyden mukaan dekompressiot tai suurimman sallitun alttiinaoloajan ilman dekompressiota. Laske tai katso tämän kirjan liitteenä olevasta taulukosta vastaava ilmasyvyys ja sitten ilmataulukostasi muut tiedot.

Tätä menetelmää voidaan käyttää useimpien vakiotaulukoiden kanssa: Esim. Bühlmanin, SUSL 89, PADIn, NAUIn, US Navyn ja DCIEMin taulukoiden kanssa. BSAC-88-taulukoita voidaan käyttää vain yhden sukelluksen tapauksessa. Huomaa, että dekompressiota vaativat sukellukset tulisi suorittaa ensimmäiseksi ja loppupäivänä tulisi välttää dekompressiosukelluksia.

Mitä tahansa nitroksiseosta voidaan käyttää normaalien ilmasukellustaulukoiden kanssa. Näin saadaan huomattava fysiologinen etu, sillä nitroksia hengitettäessä hengityskaasussa on vähemmän typpeä kuin ilmaa hengitettäessä. Huomaa kuitenkin, että hapen maksimiosapainerajaa on noudatettava.

Useat sukeltajat käyttävät tätä metodia nitroksin kanssa lisääntyneen turvamarginaalin takia. Normaali sukellussuunnitelma on silti tehtävä ja sukelluksella kertynyt happiannos (CNS %) on laskettava.

Sukellustietokoneet

Markkinoille on tullut jo useita nitroksitietokoneita ja tällaisen laitteen käyttö on suositeltavaa, koska se samanaikaisesti seuraa sekä typen että hapen kertymistä kudoksiin. Aina tietokoneen kanssa sukellettaessa on kuitenkin hyvä muistaa, että taulukkosukelluksella turvamarginaali on suurempi, koska sukellusprofiili oletetaan laatikkomaiseksi - tietokone laskee kaasun kertymää koko ajan.

 ©Poikolainen/Kurki

Suunnon ja Benemecin Nitrox-tietokoneet

Nitroksikäyttöön tarkoitetuissa tietokoneissa on tavallisesta sukellustietokoneesta poiketen asetus, jolla tietokoneelle kerrotaan mikä on käytettävän hengityskaasun happiprosentti. Sen lisäksi tietokoneissa on yleensä asetettavissa sallittu hapen maksimiosapaine ja siihen liittyvä hälytys. Markkinoilla on olemassa myös kehittyneempiä nitroksisukellustietokoneita, joihin ohjelmoidaan erikseen käytettävä pohja- ja dekompressiokaasu.

Koska nitroksitietokoneisiin liittyy selvästi enemmän asetuksia kuin tavalliseen sukellustietokoneeseen huolellinen tutustuminen laitteen käyttöohjeeseen on erittäin tärkeää.

Nitroksitietokoneiden oikea käyttö edellyttää happiprosentin tarkistusta ennen jokaista sukellusta!

Ainakin seuraavat nitroksi tietokoneet ovat jo markkinoilla:

- Benemec/Dacor Equanox
- Cochran Consulting: The Nemesis
- Dive Rite/Seiko: The Bridge
- Orca: The Phoenix (Nitrox 32)
- Suunto Solution Nitrox
- Uwatec: Aladin Nitrox

Lisäksi normaalilla pc:llä ja esimerkiksi Decom- tai Abyss- ohjelmien avulla voidaan laskea dekompressiotarve ja optimaaliset kaasut kullekin syvyydelle. Ohjelmien hinnat ovat noin 500 markasta ylöspäin, mutta saatavuus Suomessa on huono. Internetistä on myös saatavilla ilmaisia dekompressioiden laskentaan sopivia ohjelmistoja. Ohjelmistoja käytettäessä on syytä tutustua huolellisesti niiden toimintaperiaatteisiin, koska eri ohjelmistot laskevat dekompressiotarpeet eri riskitasoilla ja eri periaatteilla.

5. Sukelluksen suunnittelu

Kaikki sukellukset on suunniteltava etukäteen. Muista, että käytit mitä tahansa kaasuseosta, seuraavat kolme asiaa on aina suunniteltava etukäteen:

SYVYYS	Ylittääkö hengityskaasusi hapen osapaine 1,4 bar sukelluksen syvimmällä osuudella eli ylittyykö käyttämäsi kaasun suurin käyttösyvyys (MOD)?
KESTO	Ylitätkö 80 % CNS rajan kertyneen hapen määrässä ?
DEKOMPRESSIO	Jos mahdollista vältä dekompressiota ja tee aina turvapysähdys 3 metrissä. Seuraavat päivän sukellukset tulisi aina voida tehdä ilman dekompressiota.

Jos käytettävissä on useampia kaasuseoksia on sukellukset pyrittävä suunnittelemaan niin, että ensin käytetään laihempaa seosta ja siirrytään rikkaampiin, jotta typen osapaine uusintasukelluksilla olisi pienempi.

Käytännössä sukellus suunnitellaan etukäteen perustuen tiettyyn kaasuseokseen. Jos suunnittelu tapahtuu kaasuseoksen analysoinnin jälkeen ja hyvissä ajoin ennen sukellusta ei tule tilannetta, jossa huolellisesti tehty suunnitelma joudutaan tekemään kiireesti uudestaan, koska täytössä on tapahtunut virhe eikä säiliössä oleva seos vastaakaan suunnitelmaa.

Kaasua valittaessa ei kannata suoraan tuijottaa kaasun maksimia käyttösyvyyttä. Vaativissa olosuhteissa kannattaa nitroksin ja maksimisyvyyden yhdistelmä valita konservatiivisesti, eli niin että sukellukselle suunniteltu maksimi hapen osapaine jää alle 1,4 bar.

Kaasun analysoinnin jälkeen sukeltajan on varmistuttava siitä, että kaasun koostumusta ei ole muutettu analysoinnin ja sukelluksen välillä. Säiliön on siis oltava koko ajan sukeltajan hallussa.

Dekompressiotaulukoita luettaessa pyöristetään turvallisempaan suuntaan eli
laihemman seoksen suuntaan eli
pienemmän happiprosentin suuntaan.

Nitroksisukeltamisessa voit käyttää ilmataulukkoa sellaisenaan.

Suurinta käyttösyvyyttä (MOD) laskettaessa pyöristetään myös turvallisempaan suuntaan eli **rikkaamman seoksen suuntaan** (suurempaan happiprosenttiin), jolloin tuloksena on pienempi käyttösyvyys.

Esimerkki: Analysoitaessa säiliön sisältö veneessä saatiin tulokseksi 34,5%. Mukana on taulukot EAN 28, 32, 36 ja 40 nitroksiseoksille.

 ©Poikolainen/Kurki

Dekompressiotarvetta suunniteltaessa käytetään EAN 32 taulukkoa ja suurin käyttösyvyys katsotaan EAN 36 taulukosta tai lasketaan käsin.

Seuraava esimerkki sukelluksen suunnittelusta havainnollistaa erilaisia nitroksisukeltamiseen liittyviä osa-alueita.

Haluamme kaksi sukellusta, toisen ilmalla (Nitroksi 21) 33 metriin, alttiinaoloaika 20 minuuttia. Lounaan ja kahden tunnin jälkeen, haluamme tehdä toisen sukelluksen nitroksi 36:lla 20 metriin 30 minuutiksi. Onko suunnitelma turvallinen ja voimmeko välttää dekompression toisella sukelluksella ?

SUKELLUS 1: Ilmalla 33m/20 min:

Taulukko Nitroksi 21 33metrin kohdalta

Syvyys (PO_2 raja):	PO_2 = 0,9 bar	OK
Kesto: 0,9 bar ja 20 minuuttia	6,8 % CNS (taulukko)	OK
Dekompressio: 4 minuuttia 3 metrissä		OK

PINNASSAOLOVÄLIAIKA 120 min

Kertausryhmä: E ⇨ A

CNS % pienenee ehtii puoliintua kerran 2 tunnissa: 6,8 % ⇨ 3,4 % CNS

SUKELLUS 2: Nitroksi 36:lla 20 m/30 min:

Taulukko Nitroksi 36 20 metrin kohdalta

Syvyys (PO_2 raja): PO_2 = 1,08 bar OK

Kesto: 1,08 bar ja 30 minuuttia

0,42%/min (taulukko) kertaa 30 min = noin 13 % CNS

Yhteensä CNS % =3,4 % + 13 % = 16,4 % OK

Dekompressio:

Kertausryhmä A = 16 minuuttia jäännöstyppiaika

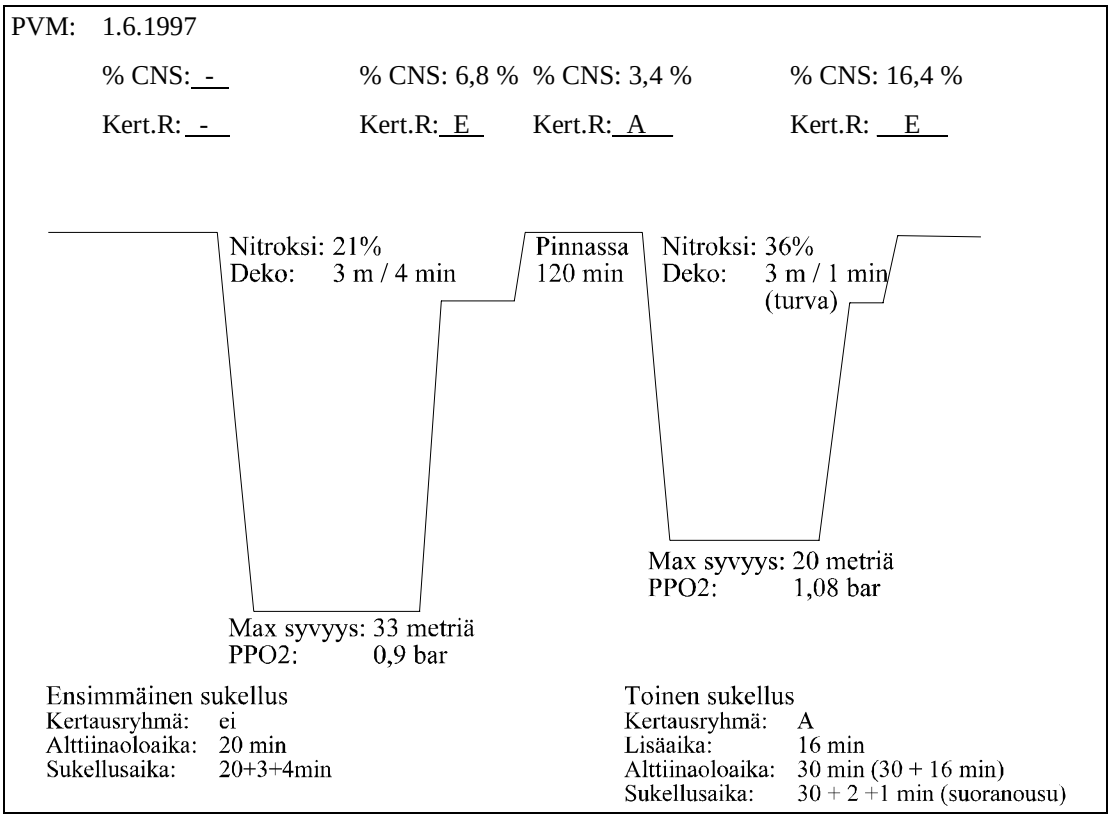
16 min + 30 min = 46 min

Dekompressio: 1 minuutti 3 metrissä OK

SUKELLUSSUUNNITELMA ON SIIS OK !

KAASU ON AINA ANALYSOITAVA ENNEN SUKELLUSTA JA TARVITTAESSA SUUNNITELMAA ON MUUTETTAVA!

Seuraava graafinen esitys havainnollistaa sukelluksien kulkua:



Sukellusta suunniteltaessa on siis käytävä läpi ainakin seuraavat tarkistukset:

Ylittyykö hapen osapaineen raja 1,4 bar?

Osapainerajaa ei saa ylittää, joten on joko pienennettävä sukelluksen maksimisyvyyttä tai valittava kaasu, jossa on vähemmän happea.

Ylittyykö happiannostaulukon raja?

CNS% arvoa laskettaessa on otettava huomioon myös aikaisemmilla sukelluksilla kertynyt annos. Pyri pitämään happialtistuminen alle 80% NOAA taulukon yhden sukelluksen rajasta.

Dekompressio

Pyri sukeltamaan ainoastaan suoranoususukelluksia. Jos osapaineraja tai happiannosraja ei tule vastaan voit käyttää mahdollisimman rikasta nitroksia dekompressiotarpeen vähentämiseen.

Hengityskaasun riittävyys

Nitroksilla sukeltaessasi voit tehdä pidempiä sukelluksia ilman dekompressiota, joten säiliökoko saattaa helposti rajoittaa sukelluksen pituutta. Nitroksi ei poista tarvetta suunnitella ilmankulutus mukaanluettuna reserviin jäävä hengityskaasu.

©Poikolainen/Kurki

Sukelluksen toteutus

Sukelluksen suunnittelun jälkeen on jäljellä sukelluksen toteutus suunnitelman mukaan. Nitroksia käytettäessä hapen osapaineesta johtuva suurin käyttösyvyys (Maximum Operating Depth eli MOD) on ehdoton raja sukellussyvyydelle. Sen lisäksi on noudatettava sukellussuunnitelmaa, jotta pysytään valituissa rajoissa dekompression ja ilmankulutuksen suhteen.

Välttääksesi happimyrkytyksen oireita, hiilidioksidimyrkytystä, sukeltajantautia sekä typpinarkoosia, noudata seuraavia ohjeita sukelluksella

1.	**Älä ylitä 1,4 bar osapainerajaa**
2.	Älä ylitä NOAA happiannostaulukon rajoja
3.	Pidä lämpötilasi kurissa, ei liian kylmänä tai kuumana
4.	Hengitä normaalisti, älä pidätä hengitystä
5.	Älä ponnistele niin paljon, että hengästyt kontrolloimattomasti
6.	Älä sukella väsyneenä, älä väsy vedessä
7.	Huolehdi nestetasapainosta

6. Välineet, kaasun valmistus ja analysointI

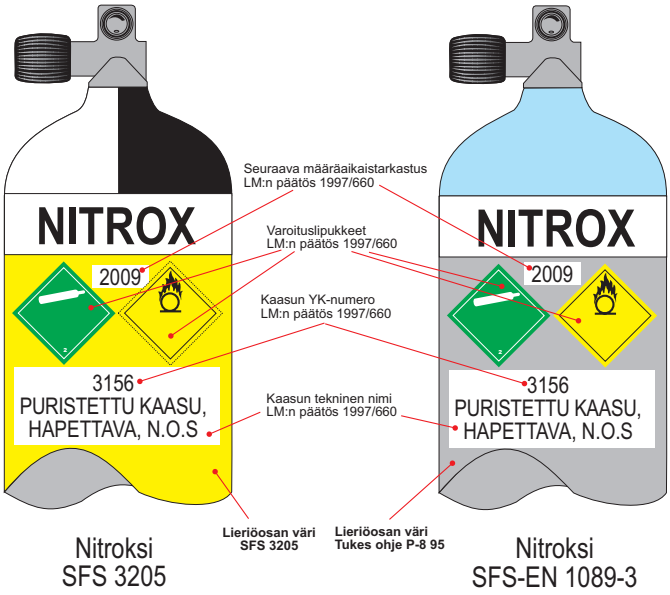
Säiliömerkinnät

Sukeltamisessa käytettävä nitroksikaasu on hapella rikastettua ilmaa eikä sitä saa sekoittaa tavalliseen paineilmaan. Tämä on muistettava aina. Erehtyminen näissä kaasuissa saattaa johtaa siihen, että asiaa tuntematon sukeltaja päätyy sukeltamaan kaasulla, joka on sopimaton kyseisellä syvyydellä sukeltamiseen.

Yleisesti hyväksytty merkitsemistapa on tarpeen, jotta nitroksisäiliöitä ei sekoiteta paineilmasäiliöihin. Ikävä kyllä ei ole olemassa yleismaailmallista standardia kaasusäiliöiden merkintään ja nitroksisäiliöiden merkintätapa on erilainen eri maissa.

Amerikkalaisittain merkityssä nitroksipullossa on keltareunainen vihreä raita, jossa säiliön sisällöksi on merkitty Nitrox tai SafeAir (rekisteröity tavaramerkki, joka tarkoitta nitroksikaasua). Ulkomailla kuten esimerkiksi Egyptissä sukellettaessa käytetään usein amerikkalaisia merkintöjä.

SUSL:n suosituksen mukaan nitroksisäiliöt merkitään kuten tavalliset paineilmasäiliöt, mutta niissä on oltava vähintään 100x300 mm valkoisella pohjalla musta teksti NITROKSI tai NITROX sekä sisällön vaarallisuudesta kertovat varoituslapukkeet. Liitteessä 9 on käsitelty tarkemmin kaasusäiliöiden merkintöjä.



Säiliömerkinnät

©Poikolainen/Kurki

Värikoodauksen lisäksi säiliössä on oltava paikka, johon nitroksiseos merkitään selkeästi. Tähän tarkoitukseen käytetään sekä pulloon kiinnitettäviä tarroja että erikseen kiinnitettäviä lapukkeita. Tarraan tai lapukkeeseen merkitään ainakin suurin käyttösyvyys (MOD) ja happiprosentti (EANxx) sekä analysoijai ja päivämäärä.

Käytännössä hyvin toimivaksi järjestelmäksi on muodostunut harmaan ilmastointiteipin käyttäminen seoksen merkintään. Täytön yhteydessä säiliöön kiinnitetään reilu pala teippiä ja jätetään se tyhjäksi. Kun säiliön sisältö on analysoitu teipinpalaan merkitään leveällä tussilla reilun kokoisilla kirjaimilla **MOD**, **happiprosentti**, päivämäärä ja analysoijan puumerkki. Hyvä paikka teipille on säiliön kupera kaulaosa venttiilin välittömässä läheisyydessä, jolloin merkintä on helppo huomata kun hengityssäädintä ollaan kiinnittämässä säiliön venttiiliin.

Esimerkiksi EAN32 säiliöön tulisi alla olevan kaltainen merkintä.

EAN 32
MOD 33
1.1.2000 TJK

Sisältöä osoittava merkittävä

Sisältömerkinnän tulee aina olla ajan tasalla. Se on siis tehtävä välittömästi analysoinnin jälkeen. Vastaavasti kun vajaata nitroksisäiliötä aletaan täyttää uudelleen täytyy huolehtia, että sisältömerkintä tulee ajan tasalle. Teippimerkinnän voi esimerkiksi uuden täytön alkaessa vetäistä rikki tai ruttuun, jolloin se kertoo että säiliössä on ollut nitroksia mutta sisältömerkintä ei ole enää voimassa ja sisältö on syytä analysoida ja merkitä uudelleen.

Laitteiden sopivuus happikäyttöön

Fysiologisten seikkojen lisäksi nitroksin käytössä on otettava huomioon hapen ominaisuudet helposti reagoivana kaasuna. Sataprosenttinen happi, vaikka ei olekaan itsenäisenä kaasuna syttyvää, ylläpitää palamista paljon paremmin kuin ilma ja toisaalta se reagoi joidenkin kemiallisten aineiden kanssa paineen alaisena niin, että tuloksena on palamisreaktio tai räjähdys.

Sukelluslaitteissa tapahtuu täytön ja käytön yhteydessä äkillisiä paineen nousuja ja kaasun puristumista kasaan. Esimerkiksi varastosäiliön venttiilin avauksen yhteydessä kaasu syöksyy täyttöletkuun ja esimerkiksi sen toisessa päässä paine nousee nopeasti ja samalla kaasu puristuu kokoon ja lämpenee voimakkaasti. Tällainen niin sanottu adiabaattinen kompressio voi nostaa kaasun lämpötilan hyvinkin korkealle. Jos samassa paikassa on tarpeeksi lämpöä, happea ja palavaa ainetta voi tapahtua syttyminen, vaikka mitään kipinää tai liekkiä ei alun perin esiintynytkään. Korkeassa hapen osapaineessa myös metallit palavat - esimerkiksi raudan polttoleikkaus perustuu raudan palamiseen hitsauslaitteesta tulevassa happisuihkussa. Hapen yhteydessä on siis aina palovaara, vaikka materiaali kuten esimerkiksi teräs tai alumiini ei tunnukaan tulenaralta.

Hapelle alttiita aineita ovat erilaiset hiilivedyt kuten öljy ja rasva. On oltava erittäin huolellinen, että nämä aineet eivät pääse tekemisiin puhtaan hapen tai yli 40-

prosenttisen nitroksin kanssa varsinkaan korkeassa paineessa. Yleisesti ottaen mitä korkeampi paine sen puhtaampia laitteiden täytyy olla.

Kaikkien laitteiden, joita käytetään puhtaan hapen tai kaasuseoksien kanssa, joissa on yli 40 % happea, on

a) oltava puhdistettuja happikäyttöön eli niiden on oltava **happipuhtaita** (oxygen clean)

b) materiaaleiltaan sopivia happikäyttöön eli niiden on oltava **happiyhteensopivia** (oxygen compatible)

Kun kummatkin vaatimukset täyttyvät katsotaan laitteiden soveltuvan käyttöön hapen kanssa eli laitteet ovat **happihuollettuja** (oxygen service).

Jotkut regulaattoreiden muovi- ja kumiosat on tehty sellaisista materiaaleista, että ne eivät sovellu käyttöön puhtaan hapen kanssa. Näitä osia voivat olla mm. silikonimuovista tehdyt kalvot, silikonista tai neopreenista tehdyt O-renkaat ja epäpuhtaasta teflonista tehdyt tiivisteet. Nämä osat on ko. regulaattoreissa vaihdettava happikäytössä sopiviin osiin (esim. O-renkaat Vitonista).

Järkevintä on antaa happiyhteensopivuuden ja happipuhtauden varmistaminen alan ammattilaisen hoidettavaksi. **Toisaalta kannattaa huomata, että jos laitteissa ei missään vaiheessa ole kaasua, jossa on enemmän kuin 40 % happea, normaalit paineilmalaitteet ovat täysin käytettävissä ilman erikoistoimenpiteitä.** Regulaattoria ei tarvitse puhdistaa eikä modifioida nitroksikäyttöön, mikäli sitä ei käytetä sellaisten kaasuseoksien kanssa, joissa on yli 40 % happea.

Kaikki laitteet, joissa käytetään kaasua, jossa on enemmän kuin 40 % happea, on tehtävä sopiviksi käyttöön hapen kanssa.

Kun nitroksisäiliö on otettu nitroksikäyttöön ja merkitty asian mukaisella tavalla, sitä ei saa täyttää tavallisella kompressorilla ettei säiliö likaannu. Kun säiliö on puhdistettu happikäyttöä varten siihen on kiinnitettävä tarra tai vastaava, jossa on tiedot puhdistuksesta ja puhdistuspäivämäärä.

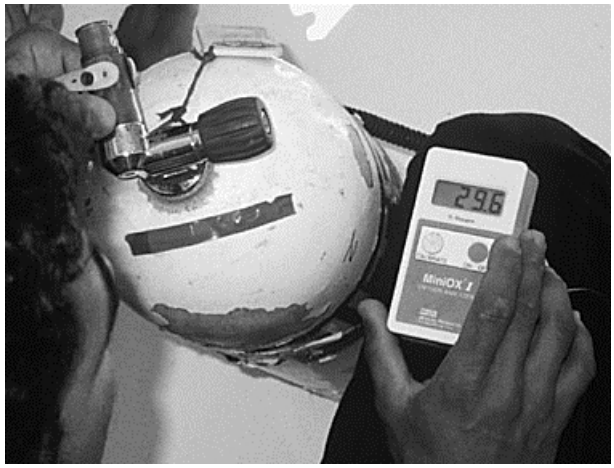
Laitteiden, joissa käytetään kaasua jossa on happea enemmän kuin 40 %, on siis sovelluttava käyttöön 100 % hapen kanssa (puhtaus ja yhteensopivuus). Tämä kattaa regulaattorit, täyttöletkut, säiliöt, venttiilit, regulaattorien letkut ja painemittarit. Näistä ongelmallisimpia ovat korkeapaineletkut ja pullopainemittarit, koska letkujen umpinaisiin päihin kertyy herkästi öljypitoista ainetta, joka on hankala poistaa. Toisaalta myös näissä umpinaisissa päissä kaasun paine voi hetkellisesti esimerkiksi pulloventtiiliä avattaessa olla hyvinkin suuri, jolloin myös räjähdysvaara on suurin.

Jos sukellat paljon nitroksilla on suositeltavaa käyttää nitroksisukelluksessa laitteita, joita ei käytetä lainkaan ilmasukelluksessa. Vaihda tätä varten pullopainemittarisi happikäyttöön soveltuvaan. Huolehdi myös, että letkut ovat happiyhteensopivia. Käytä laitteesi vuosittain huollossa. Muista myös välttää täyttöä normaalilla ilmakompressorilla

Huomaa, että yhden tähden nitroksikurssilla emme käsittele kaasuja, joissa on yli 40 % happea. Jos aiot käyttää seoksia, joissa on enemmän kuin 40 % happea, on sinun hankittava sopiva koulutus näiden käyttöön esimerkiksi CMAS:n kahden tähden nitroksikurssilla. Vahvaa nitroksia, jossa on enemmän kuin 40 % happea, käytetään muun muassa dekompression lyhentämisessä ja puolisuljetun kierron laitteissa.

 ©Poikolainen/Kurki

Nitroksikaasun analysointi



Nitroksisukeltajan on aina tiedettävä minkälaista kaasuseosta hänen säiliössään on. Säiliötä täyttöön vietäessä on mietittävä, mitä kaasua säiliössä on jäljellä. Säiliö pitää ehkä tyhjentää osittain tai kokonaan, jotta säiliöön saadaan haluttu seos. Täyttö tapahtuu päämääränä jokin tietty seosvahvuus, mutta kun säiliö on täytetty on sukeltajan itse tarkistettava seoksen koostumus analysoimalla se.

Markkinoilla on useita erilaisia kannettavia kaasuanalysaattoreita nitroksikäyttöön, mutta niiden kaikkien toimintaperiaate on sama. Analysaattorissa on anturi ja mittauselektroniikka, joka muuttaa anturin antaman signaalin happiprosentiksi.

Analysaattoreiden toiminta perustuu jännitteen mittaamiseen mittapäässä. Kannattaa huomata, että mittapää “kuluu” käyttämättömänäkin. Tämän vuoksi mittari pitää kalibroida ennen käyttöä ja mittapää pitää uusia valmistajan ilmoittamin määräajoin.

Analysaattori kalibroidaan aina ensin laitteen ohjeiden mukaan, mikä tapahtuu yleensä 21 % ilmalla.

Mittapää mittaa hapen osapainetta, minkä vuoksi virtaus säiliöstä täytyy olla niin pieni, että paine mittapäässä ei nouse. Käytännössä tämä tarkoittaa pientä suhinaa pulloventtiilistä. Joissain mittareissa on vakio- tai lisävarusteena vakiovirtausventtiili tai virtauksenrajoitin, joka ruuvataan pulloventtiiliin.

Mittaus onnistuu myös paineistetun hengityssäätimen kautta säätämällä pakko-syöttönapista sopiva virtaus mittapäähän.

Mittauksen voi suorittaa myös käärimällä mittapään muovipussiin, johon on tehty paljon pieniä ilmareikiä. Pussi huuhdellaan säiliöstä tulevalla kaasulla, jolloin ilma ei pääse sekoittumaan nitroksivirtaukseen ja ylipaine pääsee pois reikien kautta. Joissain mittareissa anturin sisältävän T-kappaleen perässä on letkunpätkä, joka myös estää ilman sekoittumisen mitattavaan kaasuun.

Mittapää ei kestä kosteutta, joten sen käsittelyssä pitää olla huolellinen ja esimerkiksi poistaa säiliöventtiilistä vesi ennen kaasun analysointia.

Happianalysaattoreita

©Poikolainen/Kurki

Seuraavat toimintatavat ovat yhteisiä useimmille happianalysaattoreille:

1) Kalibroi analysaattori 21 % ilmalle ja odota, että lukema vakiintuu.

2) Säädä pieni nitroksivirtaus kaasusäiliöstä.

3) Aseta mittapää kaasuvirtaukseen.

4) Anna lukemien stabiloitua (n. 1/2 minuuttia), lue lukema %. Sulje venttiili.

5) Merkkaa säiliön tarraan/muovikorttiin O_2 % kokonaislukuna. Yhden prosenttiyksikön heitto lukemassa voidaan vielä sallia, so. 31 ... 33 % katsotaan 32 % seokseksi. **Jos ero on suurempi joudut suunnittelemaan sukelluksen uudelleen!**

6) Kirjoita täyttötiedot täyttökirjaan; muista päiväys ja allekirjoitukset.

7) Merkitse säiliöön seoksen suurin käyttösyvyys

NITROKSIKAASU ON AINA ANALYSOITAVA ENNEN KÄYTTÖÄ!
ANALYSOINNIN JÄLKEEN LASKE SUURIN KÄYTTÖSYVYYS

Mahdollisia virheitä laitteiden käytössä

Ei ole niinkään epätavallista, että sukeltaja on puhdistanut laitteensa kaikista hiilivedyistä ja epäpuhtauksista, vaihtanut tiivisteteipit ja O-renkaat hapen kanssa sopiviin, jopa hankkinut happiyhteensopivat kalvot ja tiivisteet regulaattoriinsa. Tämän jälkeen hän on huolellisesti täyttänyt pienellä virtauksella 100 % happea säiliöönsä ja mennyt paikalliseen sukellusliikkeeseen täyttämään pullonsa ilmalla tavallisella öljyvoidellulla paineilmakompressorilla ja ilman erikoisempaa suodatusta.

Tämän jälkeen (toivottavasti ei tapahtunut räjähdystä ...) hänen laitteitaan ei enää voi pitää happipuhtaina, koska laitteissa voi olla nyt hiilivetyjä (so. kompressoriöljyä) täytön seurauksena.

Yllä kuvattu menettelytapa aiheuttaa suuren turvallisuusriskin. Liikkeissä tai sukellustukialuksissa voi olla useita sukelluspulloja kytkettyinä samanaikaisesti täyttöpaneeliin. Usein näiden paine tasataan ennen täyttöä, jolloin myös epäpuhtaudet säiliöissä tasataan. Toisaalta voi myös käydä niin, että paneelissa oleviin säiliöihin täytetään 100 % happea, jolloin se säiliö, joka ei ole sopiva täyttöön 100 % hapella, saattaa aiheuttaa räjähdyksen.

Eräs ongelmapaikka on myös kaasun analysointi. Jos käyttäjä olettaa kaasun olevan laskelmien mukaista eikä mittaa sitä, saattaa käydä niin että O2 pitoisuus on virheellinen useiden prosenttiyksiköiden verran. Samaan surulliseen lopputulokseen saatetaan päätyä, mikäli kaasusäiliötä ei merkitä oikein mittauksen jälkeen. Tällöin sukeltaja saattaa saada sukeltajantaudin tai happimyrkytyksen.

Kolmas yleinen virhemahdollisuus on osittain tyhjennettyjen säiliöiden täytössä. Tätä “toppausta” käytetään varsin usein, ja menetelmä onkin aivan hyväksyttävä, kun täyttäjä on saanut riittävän koulutuksen täyttömenetelmiin, tarvittava

happi/ilmayhdistelmä lasketaan etukäteen ja saatu kaasu analysoidaan jälkikäteen. Pelkkään matematiikkaan luottaminen ei kuitenkaan koskaan riitä, vaan kaasu on aina analysoitava.

Tuplasäiliöissä venttiilien käyttö saattaa myös aiheuttaa virheitä täytön yhteydessä. Säiliöiden välisillassa olevan venttiilin kiinniolo tai toisissa venttiilijärjestelmissä vain toisen venttiilin avaaminen saattaa johtaa siihen, että vain toiseen säiliöistä täyttyy nitroksia. Jos analysointi tapahtuu samalla tavalla, mutta sukellukselle lähtiessä venttiilejä käytetään oikein ei hengityskaasu olekaan sitä mitä säiliöissä luultin olevan.

Nitroksisukeltajalle kaasuanalysaattori on yhtä tärkeä instrumentti kuin hänen syvyysmittarinsa, sukellustietokoneensa tai kellonsa. Sitä on käytettävä kaikkien hengitettävien seoskaasujen analysointiin. Kaasuanalysaattorin mittapää on herkkä laite, joka saattaa rikkoutua voimakkaasta paineilmavirrasta. Säädä siis ensin laitteesta sopiva virtaus ja vie mittapää virtaukseen vasta sitten.

 ©Poikolainen/Kurki

7. Nitroksin valmistaminen

Nitroksin valmistaminen on vaarallista korkeapaineisen hapen reaktioherkkyydestä johtuen. Tässä on esitetty ainoastaan nitroksin valmistuksen pääperiaatteet. Yleisesti käytössä on seuraavat kolme menetelmää nitroksin valmistamiseen: kaasujen molekyylimassoihin perustuva valmistus, jatkuva sekoitus ja osapaineisiin perustuva sekoitus.

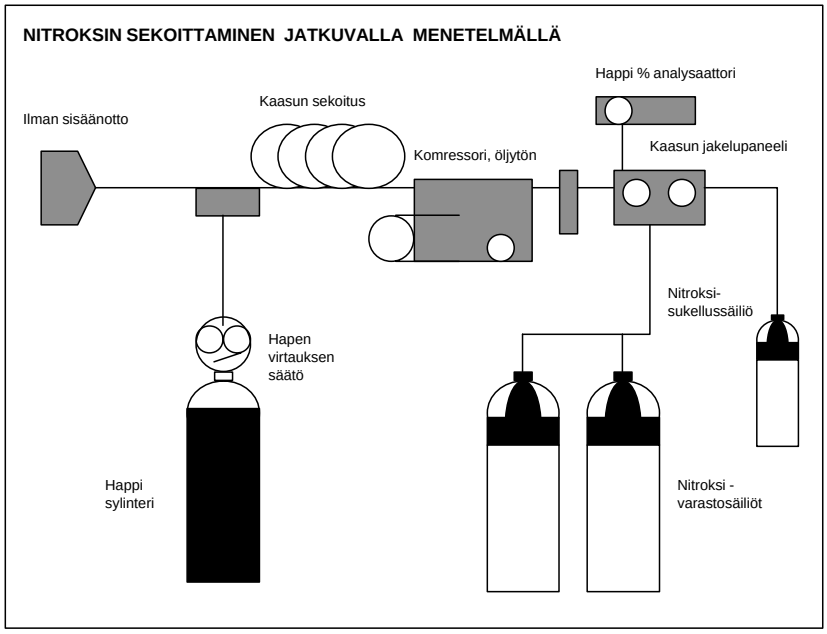
Valmistus kun kaasujen massat tunnetaan

Tämä on tarkin kaasujen valmistustapa, jota myös kaupalliset kaasun valmistusyritykset käyttävät. Menetelmässä on tunnettava kaasujen, ilman ja hapen, molekyylimassat. Lämpötila ja molekyylien stabilius eivät ole tärkeitä sekoituksen aikana, mutta seoksen on annettava seistä säiliössä 12 tuntia, jotta kaasut sekoittuvat keskenään.

Tätä menetelmää ei käytetä urheilusukellukseen tarkoitettujen kaasujen teossa, koska välineet ovat kalliita, valmistus vaatii erikoisosaamista ja laitteita. Menetelmä ei myöskään sovellu kenttäolosuhteisiin.

Kaasujen valmistus jatkuvan sekoituksen menetelmällä

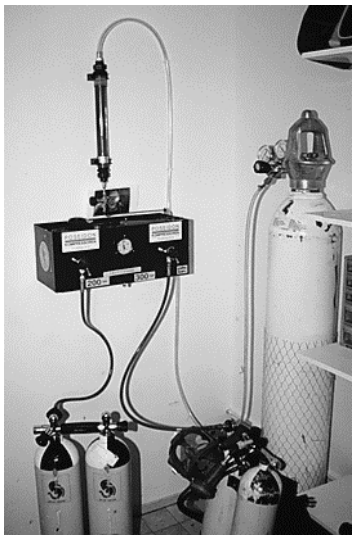
Tässä menetelmässä sekoitetaan alhaisessa paineessa happea ilmaan ennen kompressointia. Kompressointi tapahtuu öljyttömällä kompressorilla tai kompressorilla, jonka voiteluaine on happiyhteensopivaa. Kun käytetään öljytöntä kompressoria hiilivetyjä ei joudu säiliöihin. Happikaasun paine ennen kompressointia ylittää harvoin 2 baria, joten ei ole tarvetta samanlaisiin varotoimiin kuin korkeapaineisen hapen kanssa. Järjestelmässä on oltava kunnollinen happianalysaattori, jolloin nitroksi 21-40 kaasuja voidaan valmistaa helposti ja tarkasti.



Jatkuvan sekoituksen menetelmä

Järjestelmässä säädetään hapen virtausta, mitataan O_2 pitoisuus ja kun haluttu % on saavutettu, täytetään säiliöt tällä. Useimmiten järjestelmä on sellainen, että siihen kuuluu varastosäiliöitä, joista voidaan myös täyttää sukelluspulloja. Tässä järjestelmässä ei tarvita paineen korotukseen erillistä kompressoria (Haskell-pumppu) ja täyttökapasiteetti on hyvä. Toisaalta myös täyttöjärjestelmän investointikustannukset ovat suuret.

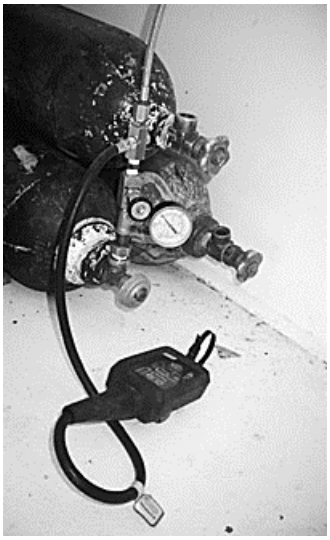
Tässäkin järjestelmässä on oltava kunnollinen suodatusjärjestelmä, jotta yhtään hiilivetyjä tai epäpuhtauksia (ilmasta) ei joutuisi säiliöihin.



Nitroksin valmistusta jatkuvan sekoituksen menetelmällä
(Kasnäs Water Sports)

Kaasujen valmistus osapainemenetelmällä

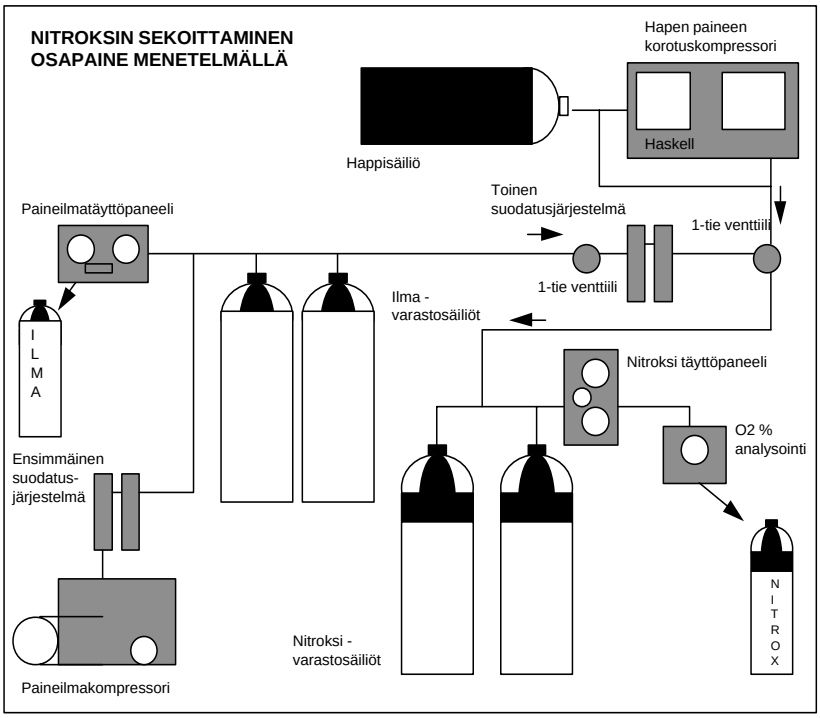
Jos käytettävät laitteet eivät ole ehdottoman puhtaita sataprosenttisen hapen käsittelyyn on tämä täyttömenetelmä vaarallisempi kuin edellinen. Menetelmä on käytettävissä vain silloin, kun täytettävät laitteet ja täyttöjärjestelmä ovat sopivia hapen käyttöön ja puhdistettuja niin, ettei hiilivetyjä eikä muita epäpuhtauksia ole järjestelmässä. Käytännössä tämä tarkoittaa vain nitroksikäyttöön tarkoitettujen laitteiden käyttöä. Ehtona öljyllä voideltujen kompressoreiden käyttöön on tietenkin se, että suodattimilla saadaan lähes 100 % epäpuhtauksista erotettua kaasusta.



Nitroksin valmistusta Liveaboard-aluksella osapainemenetelmällä

Luonnollisesti täyttöhenkilökunta on saanut koulutukseen järjestelmän käyttöön, kaasujen valmistukseen ja puhtaan hapen käsittelyyn. Lopputuloksena saatavan nitroksikaasun happipitoisuus riippuu myös oleellisesti käytettävän painemittarin tarkkuudesta. Osapainesekoituksen tarkkuuteen vaikuttavat myös säiliöiden lämpötilamuutokset täytön yhteydessä. Jos paineenkorotuskompressoria ei käytetä, kaikkea happea ei saada käyttöön varastosäiliöstä. Ohessa on esitetty järjestelmä, jossa kaasu suodatetaan kahteen kertaan, millä saavutetaan lisää turvamarginaalia.

Kaaviokuvan menetelmässä käytetään varastosäiliöjärjestelmää, jotta haluttua nitroksikaasua saadaan sekoitettua varastosäiliöihin. Tämä menetelmä sopii paremmin esim. sukellusliikkeiden käyttöön - näin saadaan myös riittäviä määriä kaasuja aikaiseksi.



Osapainemenetelmä

Ilma tulee toisen suodatuksen jälkeen paineilmavarastosäiliöistä, jonne se on pumpattu paineilmakompressorin avulla. Täyttö aloitetaan yleensä 100 % hapella, joka pumpataan halutussa osapaineessa varastosäiliöön. Kun varastosäiliössä on sopiva PO_2, täytetään varastosäiliö loppupaineeseen ilmalla. Varastosäiliöstä johdetaan nitroksikaasu happianalyysin jälkeen sukelluspulloihin.

Sukelluspulloissa oleva kaasu analysoidaan uudestaan vielä jäähtymisen jälkeen ja vielä kolmannen kerran ennen käyttöä. Tässä järjestelmässä nitroksipuoli on happipuhdas ja happiyhteensopiva, ilmapuoli ei - yksitieventtiili erottaa eri puolet.

Minimissään osapainemenetelmässä on siis hapen varastosäiliö, (öljytön) paineilmakompressori, suodattimet ja hapen analysointivälineet.

Osapainemenetelmä on maailmalla sukellusliikkeissä ja varsinkin sukellusaluksilla yleisin täyttömenetelmä. Saatavan kaasun laatua kontrolloi koulutuksen saanut täyttöaseman operaattori ja kaasun käyttäjän vastuulle jää vain kaasun O2 -pitoisuuden mittaaminen. On syytä epäillä saatavan kaasun puhtautta, jos täyttöasema tiloineen ei ole aivan puhdas ja hyvässä kunnossa!

Muut menetelmät

Suurien happimäärien hankkiminen aiheuttaa vaikeuksia kun halutut määrät kasvavat, jolloin taloudellisemmaksi voi tulla puoliläpäisevään membraaniin tai zeoliitteihin perustuva teknologia. Niiden avulla nitroksia valmistetaan erottamalla typpi ilmasta, jolloin saadaan nitroksi ilman hapen lisäystä. Membraanista esimerkkinä on DNAx -järjestelmä, jossa läpäisevän kalvon läpi kompressoidaan kaasua, jolloin tuloksena saadaan max. 40 % kaasua (hintaluokka noin 100 000 mk). Pressure Swing Absorption (PSA) -järjestelmässä matalapainekompressorilla kompressoidaan ilmaa

zeoliitteja sisältävän suodatinkanisterin läpi, jolloin saadaan max. 97 % happea (hintaluokka noin 300 000 mk).

Koulutus kaasuntäyttöaseman käyttäjäksi

Tässä oppaassa ei käsitellä täyttöaseman käyttäjän koulutusta. Useat koulutusjärjestelmät tarjoavat koulutusta tähän - nitroksitäyttöasemaa saavat käyttää vain ao. koulutuksen saaneet henkilöt.

Nitroksitäyttö vaatii ehdottomasti erityisasiantuntemusta!

8. Yhteenveto

Nitroksin käyttäminen vaatii erityisosaamista. Sukeltajan on tunnettava ilmaa korkeammasta hapen osuudesta aiheutuvat fysiologiset seuraukset. Hänen on pystyttävä varmistamaan, että hapen osapaineen raja ei ylity eli ei sukelleta liian syvälle liian rikkaalla seoksella. Sukeltajan on tunnettava NOAA happiannostaulukon käyttö, jotta hän voi seurata hapelle altistumista useammilla sukelluksilla. Jos nitroksia käytetään dekompressiovaatimuksien pienentämiseen sukeltajan on tunnettava käyttämiensä sukellustaulukoiden tai sukellustietokoneen erityispiirteet.

Nitroksisukeltamiseen liittyy enemmän rutiinitehtäviä kuin ilmasukelluksiin. Sukeltajan on osattava mitata käyttämänsä kaasun happipitoisuus ja sen perusteella hänen on saatava selville seoksen suurin käyttösyvyys. Hänen on tunnettava nitroksisäiliöiden oikea merkintätapa. Korkeapaineisen hapen reaktioherkkyydestä johtuen hänen on myös tunnettava nitroksikäytön laitteille asettamat vaatimukset ja ymmärrettävä hapesta aiheutuva räjähdysvaara.

 ©Poikolainen/Kurki

Liite 1. Terminologiaa

CNS%

Luku, joka kuvaa elimistön happikertymää prosentteina suurimmasta sallitusta.

ConVENTID

Englanninkielinen muistisääntö CNS-myrkytyksen oireiden muistamiseen (CONvulsions, Vision, Ears, Nausea, Twitching of facial muscles, Irritability, Drowsiness).

Dehydraatio

Kudoksien nestepitoisuuden liiallinen aleneminen.

EAD

Equivalent Air Depth, vastaava ilmasyvyys

EANx

Enriched Air Nitrox, ilmasta hapella rikastamalla tehty nitroksi, x = happiprosentti

Ei-kliininen sukeltajan tauti

Sukeltajan tauti, jonka oireet ovat väsymys ja pieni päänsärky.

FO_2, FCO_2, FN_2

Kaasun osuus seoksessa, nollan ja yhden välillä. F = fractional. Esimerkiksi ilmassa FO_2 on 0,21. Kaasun prosenttiosuus kaasussa kerrottuna sadalla.

Hapella rikastettu ilma

Nitroksi, joka on valmistettu lisäämällä ilmaan happea. (EANx = Enriched Air Nitrox)

Happihuollettu

Happipuhdas ja happiyhteensopiva.

Happipuhdas

Ei sisällä korkepaineisen hapen kanssa yhteensopimattomia epäpuhtauksia (rasva, hiilivedyt).

Happiyhteensopiva

Termi, jolla kuvataan sitä, että laitteet ja varusteet ovat materiaaleiltaan sopivia 100 % hapen käyttöön.

Hyperbaarinen lääketiede

Ylipainekaasuihin liittyvä lääketiede.

Hyperoksia

Kudoksissa on liikaa happea.

Hypoksia

Kudoksissa on liian vähän happea.

Hyperventilaatio

Ylihengitys, syvemmin ja/tai nopeammin tehtävä hengitys.

Ilmanpaine

Ympäröivän ilman paine meren pinnan tasolla. Yleensä ilmaistaan 1 ATA, 1013 mBar tai noin 1 bar.

Ilmaembolia

Verisuonten sisään päässeen kaasukuplan aiheuttama verenkierron estyminen.

MOD

Seoskaasun suurin käyttösyvyys (Maximum Operating Depth).

NOAA

National Oceanographic and Atmospheric Administration

Normoksinen

Hengityskaasu, jossa hapen prosenttiosuus on 21%.

Osapaine

Hengityskaasussa olevan osakaasun paine. Osuus kaasun kokonaispaineesta.

OTU

Oxygen Tolerance Unit. Laskennallinen suure, jonka avulla seurataan pitkäaikaista altistumista korkeille hapen osapaineille hengityselinten oireiden varalta.

Paineen korotuspumppu, -kompressori, -haskell-pumppu

Yleensä toisella kaasulla käytettävä pumppu tai kompressori, jolla esim. varastopulloista tulevan kaasun paine korotetaan haluttuun täyttöpaineeseen (Booster pump).

Partial pressure

osapaine

Sukeltajantauti

Kudoksiin imeytyneiden inerttien kaasujen (typpi tms.) liian nopeasta vapautumisesta johtuva kaasukuplien muodostuminen veressä ja kudoksissa. Oireet riippuvat kaasukuplien muodostumispaikasta ja -määrästä.

Suljetun kierron laite (Closed Circuit Scuba, Rebreather)

Sukelluslaite, jossa hengitetty kaasu kierrätetään toista letkua myöten kalkkipatruunan läpi. Hiilidioksidi imeytyy kemiallisesti metallihydroksidiin, ja jäljelle jäänyt happi (ja typpi tms.) palautuu hengitettäväksi. Järjestelmä myös lisää happea tai hengitettävää kaasua järjestelmään joko hengityksen mukaan tai jatkuvalla virtauksella . Jos järjestelmä laskee osan hengitetystä kaasusta aika-ajoin veteen, puhutaan puolisuljetusta laitteesta (Semi-Closed Circuit Scuba).

Suurin käyttösyvyys eli Maximum Operating Depth (MOD)

Syvyys, jossa hengitettävän seoskaasun hapen osapaine saavuttaa suurimman sallitun eli 1,4 bar.

Scuba

Self Contained Underwater Breathing Apparatus. Itsenäinen Veden Alla Käytettävä Hengityslaite. IVAKH.

©Poikolainen/Kurki

Typpinarkoosi

Korkeasta typen osapaineesta johtuva narkoosi. Syvyyshumala.

Vasodilataatio

Verisuonien laajeneminen, joka johtuu jostakin ulkoisesta tekijästä, kuten lämmöstä, hiilidioksidin kertymisestä, rasituksesta .

Vastaava ilmasyvyys eli Equivalent Air Depth (EAD)

Syvyys, jossa ilmaa hengitettäessä typen osapaine olisi sama kuin suunnitellulla seoskaasusukelluksella. Jos nitroksissa on happea enemmän kuin 21 %, on vastaava ilmasyvyys pienempi kuin todellinen sukellussyvyys.

VENTID

Englanninkielinen muistisääntö CNS-myrkytyksen oireiden muistamiseen (Vision Ears Nausea Twitching Irritation Dizziness).

Liite 2. Kirjallisuuslähteitä

DEEP DIVING. Brett Gilliam etc. 2nd ed, Watersports Publishing 1995. ISBN 0 922769 31 3.

DEEPER INTO DIVING. Lippman J.,J.L. Publications, Victoria. 2 nd Ed. 1991. ISBN 0 9590306 3 B.

INTRODUCTION TO TECHNICAL DIVING. Palmer R. Underwater World Publications, London 1994. ISBN 0 946020 23 X.

MIXED GAS DIVING. Mount T. and Gilliam B. etc. Watersports Publishing 1993 San Diego. ISBN 0 922769 41 9.

NITROX DIVING. Technical Diving International; A Guide to Using Nitrox Mixtures for Recreational Scuba Diving, 1995.

NOAA DIVING MANUAL. Miller, J.(Ed.) Us Dept of Commerce, 1991.

NSS CAVE DIVING MANUAL. Eds J Brosser, H. V. Grey, The Cave Diving Section of The National Speleological Society, Inc. 1992

OXYGEN AND THE DIVER. Donald K. SPA Ltd, Worcs, UK, 1992. ISBN 1 85421 176 5.

OXYGEN POISONING IN MAN, Kenneth W. Donald British Medical Journal, 1:667-672, 712-717, 1947.

THE PHYSICIAN'S GUIDE TO DIVING MEDICINE, Eds. C.W. Schilling, C.B. Carlston and R.A. Mathias, Plenum Press.

THE PHYSIOLOGY AND MEDICINE OF DIVING. Bennett P. and Elliott D., W.B. Saunders Co. Ltd. 1993 ISBN 0 70201589 X.

US NAVY DIVING MANUAL. Vol. 2, Mixed Gas Diving, rev 3 ch 2, US Navy, US Govt Printing Office / Best Publishing Co 1991.

 ©Poikolainen/Kurki

Liite 3. Puolisuljetut ja suljetut hengitysjärjestelmät

Toisen maailmansodan jälkeen suljetun kierron laitteita kehitettiin Yhdysvaltojen, Ranskan ja Ruotsin puolustusvoimien toimesta. Huomattava osa tutkimus- ja kehitystyöstä tehtiin salassa, jolloin samoja teknillisiä yksityiskohtia kehitettiin useassa paikassa samanaikaisesti ja teknillinen kehitystyö oli hidasta. Koeluonteisia sukelluksia tehtiin myös niin, että heliumia käytettiin suojakaasuna narkoosiongelmien välttämiseksi, ja jo 1960-luvulla näille laitteille kehitettiin sukellustaulukot vakio-osapaineille.

1970- ja 1980-luvulla työt keskittyi sotilaallisiin ja kaupallisiin yksiköihin, joissa voitiin käyttää eri kaasuseoksia ja hapen osapainetta voitiin tarkasti kontrolloida syvyyden funktiona. Laivastojen käyttöön kehitettiin antimagneettisia laitteita (esimerkiksi ruotsalainen ACSC), jotka tuottaisivat minimiherätteen miinoitteita purettaessa. Vakio-osapainelaitteilla oli huomattavasti suurempi toimintasyvyys, kuin vanhemmilla suljetuilla ja puolisuljetuilla laitteilla oli ollut. US Navyn standardilaite 1980-luvun loppupuolella oli Rexnord Mk 15, jolla käyttöaika oli 5-8 tuntia ja syvyysraja 450 metriä.

Puolisuljetut laitteet, joiden toiminta ei ollut riippuvaista elektroniikan toimivuudesta, ovat yhä suosittuja laivastojen pelastautumiskäytössä ja sissijoukkojen hengityslaitteena. Nämä ensimmäisten suljetun kierron laitteiden jälkeläiset käyttivät vakiokaasuseoksia, joissa mekaaninen järjestelmä huolehti jatkuvan pienen hengityskaasuvirtauksen tulosta hengityspussiin, jonne myös uloshengitetty kaasu saapui. Kun kaasua taas hengitettiin ja hiilidioksidi poistui jossain määrin kalkkipatruunan avulla, happea väheni hengityspussista, johon taas tuli vakiovirtauksella pullosta hengityskaasua. Ylipaine hengityspussissa poistui aika ajoin venttiilin kautta ulos veteen (näin myös typpi väheni). Näiden järjestelmien käyttöä rajoitti se, että kaasujen osapaineita ei voitu mitenkään seurata sukelluksen aikana. Nämä laitteet olivat kuitenkin tekniikaltaan paljon halvempia kuin elektroniset vakio-osapainejärjestelmät 1980-luvulla, ja laitteita kuten Drägerin FGT laitteita käytettiin usein matalilla laivaston tiedustelusukelluksilla. Jopa puhtaan hapen käyttöön perustuvat järjestelmät, kuten Dräger Lar 5 ja Carlton CCR 25, ovat yhä käytössä matalilla sukelluksilla. Nykyaikaiset suljetun kierron laitteet on kehitetty näistä sotilaslaitteista.

Kun sukellamme suljetun kierron laitteella, jossa osapaineet pysyvät vakiona, hengitettävä kaasu tulee yhä happirikkaammaksi nousun aikana, ja dekompressioajat lyhenevät vastaavasti (inertin kaasun osapaine-ero kasvaa). Tälläisella laiteella sukellettaessa inertin kaasun (typen) määrä on vähäinen matalilla syvyyksillä, jolloin kudoksissa oleva typpi poistuu hengityksen mukana nopeammin kuin avoimen kierron laitteella sukellettaessa.

Puolisuljetun kierron laite, jossa käytetään vakiokaasuseoksia, on näiden laitetyyppien välimuoto. Sekä suljetun kierron että puolisuljetun kierron laitteet tarjoavat useita etuja avoimen kierron laitteeseen nähden, mutta niiden käyttö on huomattavasti vaativampaa kuin avoimen kierron laitteen, ja ennen niiden käyttöä on ehdottomasti hankittava asianmukainen koulutus.

Vapaa-ajan suljetun kierron laitteiden kehitys oli hidasta, koska sotilaslaitteet olivat hyvin kalliita, yli 100 000 markkaa/laite, ja toisaalta koska laivaston sukellusorganisaatiot ja kaupalliset sukelluskoulutusjärjestöt tulivat huonosti toimeen keskenään. Koska vapaa-ajan sukelluksilla käytetään yhä enemmän nitroksia ja koska laitetekniikka yhä kehittyy ja parantaa laitteiden luotettavutta, suljetun kierron laitteet ovat taas tulossa harrastajien käyttöön. Puolisuljettuja markkinoilla olevia laitteita ovat Uwatecin Atlantis I, Drägerin Dolphin ja Brownie's Third Lungin Halcyon. Englantilainen AP Valves on tuonut markkinoille elektronisen suljetun kierron laitteen nimeltä Buddy Inspiration, jossa voidaan käyttää myös heliumia hengityskaasuna. Laitteiden hinta on 15-50 tuhatta markkaa, joiden lisäksi tulevat käyttökustannukset, jotka on 300-400 markan luokkaa 2-3 tunnin käyttöaikaa kohden.

Uwatec Atlantis I, puolisuljetun kierron laite.

 ©Poikolainen/Kurki

Liite 4. Hapen osapainetaulukko

Lue ylärivistä kaasun happi % ja vasemmasta sarakkeesta sukellusyvyytesi. Näiden risteyksestä saat käyttämäsi kaasun hapen osapaineen tuossa syvyydessä.

HAPEN OSAPAINE (BAR) ERI SYVYYKSISSÄ (M)

SYVYYS METRIÄ	HAPEN OSUUS % 21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
11	0,44	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84
12	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81	0,84	0,86	0,88
13	0,48	0,51	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74	0,76	0,78	0,81	0,83	0,85	0,87	0,90	0,92
14	0,50	0,53	0,55	0,58	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,89	0,91	0,94	0,96
15	0,53	0,55	0,58	0,60	0,63	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,80	0,83	0,85	0,88	0,90	0,93	0,95	0,98	1,00
16	0,55	0,57	0,60	0,62	0,65	0,68	0,70	0,73	0,75	0,78	0,81	0,83	0,86	0,88	0,91	0,94	0,96	0,99	1,01	1,04
17	0,57	0,59	0,62	0,65	0,68	0,70	0,73	0,76	0,78	0,81	0,84	0,86	0,89	0,92	0,95	0,97	1,00	1,03	1,05	1,08
18	0,59	0,62	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,92	0,95	0,98	1,01	1,04	1,06	1,09	1,12
19	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,04	1,07	1,10	1,13	1,16
20	0,63	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20
21	0,65	0,68	0,71	0,74	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24
22	0,67	0,70	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,22	1,25	1,28
23	0,69	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86	0,89	0,92	0,96	0,99	1,02	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29	1,32
24	0,71	0,75	0,78	0,82	0,85	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36
25	0,74	0,77	0,81	0,84	0,88	0,91	0,95	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,23	1,26	1,30	1,33	1,37	**1,4**
26	0,76	0,79	0,83	0,86	0,90	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	**1,4**	1,44
27	0,78	0,81	0,85	0,89	0,93	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,18	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	**1,4**	1,44	1,48
28	0,80	0,84	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,06	1,10	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,37	**1,4**	1,44	1,48	1,52
29	0,82	0,86	0,90	0,94	0,98	1,01	1,05	1,09	1,13	1,17	1,21	1,25	1,29	1,33	1,37	**1,4**	1,44	1,48	1,52	1,56
30	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,32	1,36	**1,4**	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60
31	0,86	0,90	0,94	0,98	1,03	1,07	1,11	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31	1,35	**1,4**	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60	
32	0,88	0,92	0,97	1,01	1,05	1,09	1,13	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	**1,4**	1,43	1,47	1,51	1,55	1,60		
33	0,90	0,95	0,99	1,03	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,38	1,42	1,46	1,51	1,55	1,59			
34	0,92	0,97	1,01	1,06	1,10	1,14	1,19	1,23	1,28	1,32	1,36	**1,4**	1,45	1,50	1,54	1,58	1,63			
35	0,95	0,99	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22	1,26	1,31	1,35	**1,4**	1,44	1,49	1,53	1,58	1,62				
36	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,24	1,29	1,33	**1,4**	1,43	1,47	1,52	1,56	1,61					
37	0,99	1,03	1,08	1,13	1,18	1,22	1,27	1,32	1,36	1,41	1,46	1,50	1,55	1,60						
38	1,01	1,06	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,34	**1,4**	1,44	1,49	1,54	1,58							
39	1,03	1,08	1,13	1,18	1,23	1,27	1,32	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57	1,62							
40	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	**1,4**	1,45	1,50	1,55	1,60								
41	1,07	1,12	1,17	1,22	1,28	1,33	1,38	1,43	1,48	1,53	1,58									
42	1,09	1,14	1,20	1,25	1,30	1,35	**1,4**	1,46	1,51	1,56	1,61									
43	1,11	1,17	1,22	1,27	1,33	1,38	1,43	1,48	1,54	1,59										
44	1,13	1,19	1,24	1,30	1,35	**1,4**	1,46	1,51	1,57	1,62										
45	1,16	1,21	1,27	1,32	1,38	1,43	1,49	1,54	1,60											
46	1,18	1,23	1,29	1,34	**1,4**	1,46	1,51	1,57												
47	1,20	1,25	1,31	1,37	1,43	1,48	1,54	1,60												
48	1,22	1,28	1,33	1,39	1,45	1,51	1,57													
49	1,24	1,30	1,36	**1,4**	1,48	1,53	1,59													
50	1,26	1,32	1,38	1,44	1,50	1,56	1,62													
51	1,28	1,34	**1,4**	1,46	1,53	1,59														
52	1,30	1,36	1,43	1,49	1,55	1,61														
53	1,32	1,39	1,45	1,51	1,58															
54	1,34	**1,4**	1,47	1,54	1,60															
55	1,37	1,43	1,50	1,56																
56	1,39	1,45	1,52	1,58																
57	**1,4**	1,47	1,54	1,61																
58	1,43	1,50	1,56																	
59	1,45	1,52	1,59																	
60	1,47	1,54	1,61																	
61	1,49	1,56																		
62	1,51	1,58																		
63	1,53	1,61																		
64	1,55																			
65	1,58																			
66	1,60																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									

SYVYYS METRIÄ	HAPEN OSUUS % 50	60	70	80	90	100
1	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10
2	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20
3	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	1,30
4	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	**1,4**
5	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50
6	0,80	0,96	1,12	1,28	**1,4**	1,60
7	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	
8	0,90	1,08	1,26	**1,4**	1,62	
9	0,95	1,14	1,33	1,52		
10	1,00	1,20	**1,4**	1,60		
11	1,05	1,26	1,47			
12	1,10	1,32	1,54			
13	1,15	**1,4**	1,61			
14	1,20	1,44				
15	1,25	1,50				
16	1,30	1,56				
17	1,35	1,62				
18	**1,4**					
19	1,45					
20	1,50					
21	1,55					
22	1,60					

Liite 5. Vastaava ilmasyvyys eli EAD (Equivalent Air Depth)

Tässä taulukossa tarvittavat laskelmat on tehty ja vastaava ilmasyvyys on pyöristetty metreiksi. Löytääksesi vastaavan ilmasyvyyden kullekin nitroksiseokselle etsi ensin käytettävä seosprosentti taulukon ylärivistä. Rivissä on kaikki normaalit seokset 21...40 % (O_2). Tämän jälkeen katso sukellussyvyytesi vasemmanpuoleisesta sarakkeesta. Vastaava ilmasyvyys löytyy näiden risteyksestä.

VASTAAVA ILMASYVYYS (M)

SYVYYS METRIÄ	HAPEN OSUUS % 21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	6	6	6
12	12	12	11	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7
13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7
14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9	9	9	8
15	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	9	9
16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11	10	10	10
17	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11	11	11
18	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14	13	13	13	12	12	12	11
19	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	15	14	14	13	13	13	12	12
20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	15	15	14	14	14	13	13
21	21	21	20	20	19	19	19	18	18	17	17	17	16	16	16	15	15	14	14	14
22	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15	14
23	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	15	15
24	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16
25	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	17	17	17
26	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	17
27	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19	18
28	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19	19
29	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20
30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20
31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	
32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	23	23		
33	33	32	32	31	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	25	24			
34	34	33	33	32	32	31	31	30	30	29	28	28	27	27	26	26	25			
35	35	34	34	33	33	32	32	31	30	30	29	29	28	28	27	26				
36	36	35	35	34	34	33	33	32	31	31	30	30	29	28	28					
37	37	36	36	35	35	34	33	33	32	32	31	30	30	29						
38	38	37	37	36	36	35	34	34	33	33	32	31	31							
39	39	38	38	37	37	36	35	35	34	33	33	32	32							
40	40	39	39	38	37	37	36	36	35	34	34	33								
41	41	40	40	39	38	38	37	36	36	35	35									
42	42	41	41	40	39	39	38	37	37	36	35									
43	43	42	42	41	40	40	39	38	38	37										
44	44	43	43	42	41	41	40	39	39	38										
45	45	44	44	43	42	42	41	40	39											
46	46	45	45	44	43	42	42	41												
47	47	46	46	45	44	43	43	42												
48	48	47	47	46	45	44	44													
49	49	48	48	47	46	45	45													
50	50	49	48	48	47	46	45													
51	51	50	49	49	48	47														
52	52	51	50	50	49	48														
53	53	52	51	51	50															
54	54	53	52	52	51															
55	55	54	53	53																
56	56	55	54	53																
57	57	56	55	54																
58	58	57	56																	
59	59	58	57																	
60	60	59	58																	
61	61	60																		
62	62	61																		
63	63	62																		
64	64																			
65	65																			
66	66																			
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34						

SYVYYS METRIÄ	HAPEN OSUUS % 50	60	70
7	1		
8	1		
9	2		
10	3		
11	3	1	
12	4	1	
13	5	2	
14	5	2	
15	6	3	
16	6	3	
17	7	4	
18	8		
19	8		
20	9		
21	10		
22	10		

©Poikolainen/Kurki

Liite 6. NOAA happiannostaulukko

NOAA HAPPIANNOSTAULUKKO		
Hapen osapaine PO_2 (bar)	**Raja yhdellä sukelluksella (min)**	**Päivittäinen maksimi (min)**
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1,0	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

Liite 7. Happiannoksen seuranta sukellustaulukkojen CNS%/min arvojen avulla

Happiannoksen kertymää voidaan seurata joko suoraan NOAA happiannostaulukon perusteella tai niiden perusteella laskettujen CNS%/minuutissa arvojen avulla. Sukellustaulukoihin on laskettu eri hapen osapaineita vastaavat happiannoksen kertymänopeudet prosentteina minuutissa.

Sukellustaulukoiden avulla CNS% happiannos lasketaan seuraavasti:

a) Valitse happiprosentin mukaan oikea sukellustaulukko ja lue sitä oikean syvyyden kohdalta

b) Kerro vastaavalta kohdalta saamasi luku CNS%/min sukellusajallasi tuossa syvyydessä. Tuloksena CNS %.

Esimerkki

Sukellus nitroksi 36:lla 20 minuutiksi 26 metriin (PO_2 noin 1,3 bar) ja sitten heti perään 24 minuutiksi 20 metriin (PO_2 noin 1,1 bar).

Luetaan nitroksi 36 taulukosta 28 metrin kohdalta, jossa hapen osapaine on 1,37 bar. Taulukosta löytyy CNS% happiannoksen kertymänopeus 0,67 prosenttia minuutissa.

Vastaavasti luettaessa taulukkoa 20 metrin kohdalta hapen osapaine on 1,08 bar ja happiannosta kertyy 0,42 prosenttia/minuutti.

Hapen CNS % kertymä on siis:

(20 min x 0,67 %/min) + (24 min x 0,42 %/min) = 13,4% + 10,08% = noin 24%

CNS happiannos vähenee puoleen kutakin 90 minuuttia kohden. Yllä olevassa tapauksessa happiannoksesta on 1,5 tunnin jälkeen jäljellä noin 12 %, 3 tunnin jälkeen noin 6 % ja niin edelleen. Uusintasukelluksilla kudoksissa edelleen oleva happi on lisättävä kertyvään happiannokseen. 12 tunnin väliajan jälkeen kertyneen happiannoksen katsotaan olevan nolla.

Nitroksitaulukoiden CNS %/min arvot on laskettu pyöristämällä hapen osapaine seuraavaan NOAA happiannostaulukosta löytyvään arvoon ja jakamalla 100% yhden sukelluksen maksimikestolla. Lisäksi on laskettu suoraan taulukossa oleville alttiinaoloajoille CNS% kokonaiskertymä.

 ©Poikolainen/Kurki

Liite 8. Kaavat

Vastaava ilmasyvyys eli Equivalent Air Depth (EAD)

$$\mathbf{EAD}\ (\text{metreissä}) = \frac{(1{,}0 - FO_2) \times (S + 10)}{0{,}79} - 10$$

missä:

FO2 = hapen osuus kaasussa (esim ilmalla 0,21; f = fractional)

S = sukellussyvyys metreissä

Kokonaispaine, Vallitseva paine

$$P = \frac{S}{10} + 1$$

missä P = paine baareissa, S = syvyys metreissä

Osapaineet

$$PO_2 + PN_2 = P_{nitroksi}$$

$$FO_2 \times P = PO_2$$

Suurin käyttösyvyys eli Maximum Operating Depth (MOD)

$$\text{MOD (metriä)} = \left(\frac{1{,}4}{FO_2} - 1\right) \times 10$$

missä FO_2 on hapen osuus hengityskaasussa.

Keskushermoston oireita aiheuttavan happiannoksen kertymä (CNS %)

$$\text{CNS\%} = \frac{T_{tod}}{T_{max}} \times 100$$

missä T_{tod} on todellinen sukellusaika, ja T_{max} NOAA taulukon yhden sukelluksen maksimiaikaraja valitussa hapen osapaineessa.

Liite 9. Nitroksisukelluksien sukelluspöytäkirja

	Säiliö		Nitroksi				Suunnitelma		Toteutus			
Nimi	Tilavuus l	Paine bar	O2 %	MOD m	CNS suk. jälkeen	Puumerkki	Max syvyys	Sukellus aika	Lähtö kello	Deadline kello	Paluu kello	Huomautuksia

©Poikolainen/Kurki

Liite 9. Painelaitteisiin liittyvät säädökset

Suomen liityttyä Euroopan Unionin jäseneksi vuonna 1995, maamme lainsäädäntöä ja muita säädöksiä on jouduttu osittain muuttamaan ja täydentämään. Tämä koskee myös paineastioita ja niiden täyttämistä; suuri osa painelaitteita koskevia lakeja ja säädöksiä on uusittu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 97/23/EY edellyttämällä tavalla.

Painelaitteita koskevien säädösten kokonaisuudistus astui voimaan 29.11.1999. Painelaitelaki (869/1999) antaa yleispuitteet alueelle. Lain nojalla on annettu asetukset tarkastuslaitoksista (890/1999) ja kattilalaitosten käytön valvojien pätevyyskirjoista (891/1999) sekä kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset yksinkertaisista painesäiliöistä (917/1999) ja painelaitteista (938/1999). Lisäohjeita ja määräyksiä painelaitteista löytyy kauppa- ja teollisuusministeriön sekä liikenneministeriön päätöksissä, turvatekniikan keskuksen ohjeissa ja SFS sekä EN standardeista.

Painelaitteita koskee nyt meneillään olevassa siirtymävaiheessa melkoinen säädösviidakko, jota edelleen mutkistaa uusien nitroksi- ja tekniikkasukelluksessa käytettyjen kaasujen ja kaasuseosten (nitroksi, helioksi, trimiksi, happi ja argon) markkinoille tulo. Sukeltajan onkin siksi huolellisesti perehdyttävä painelaitteita koskeviin säädöksiin hankkiessaan ja käyttäessään sukelluslaitteita. Lisätietoja on saatavissa turvatekniikan keskuksen monipuolisilta kotisivuilta.

http://www.tukes.fi/

Kaasupullojen merkinnät

Kaasupullot merkitään maalaamalla ne niiden sisältämän kaasun tai kaasuseoksen tunnusväreillä, meistämällä niiden kuperaan yläpäätyyn pysyvät merkinnät sekä kiinnittämällä niihin sisällön edellyttämät varoituslipukkeet.

Tunnusvärit

Kaasupullot voidaan maalata (TUKES-OHJE P8-95) käyttäen joko standardia SFS-EN1089-3 KULJETETTAVAT KAASUPULLOT. KAASUPULLON TUNNISTAMINEN. OSA 3: VÄRIMERKINNÄT Transportable gas cylinders. Part 3: Colour coding tai standardia SFS 3205 KAASUPULLOJEN TUNNUSMERKINTÄ. TEOLLISUUS- JA LÄÄKINTÄKÄYTTÖ. Poikkeuksena ovat sukelluslaitteiden paineilmapullot, joiden osalta noudatetaan ainoastaan standardin SFS 3205 mukaisia tunnusvärejä.

SFS standardin 3205 mukaan kaasupullot maalataan kauttaaltaan niiden sisältöä osoittavalla tunnusvärillä. Teollisuuskäyttöön tarkoitettu happipullo maalataan poikkeuksellisesti lieriöosaltaan harmaaksi ja vain kupera yläosa (pullon hartia) maalataan hapen tunnusvärillä valkoiseksi. Toisen poikkeuksen muodostavat kaasupullot, jotka kuuluvat kannettaviin savu-, pöly- tai vesisukelluslaitteisiin; nämä pullot maalataan turvallisuussyistä lieriöosaltaan keltaisiksi. Kun pullossa on kaasuseos, sen hartiaan maalataan kahden seoksen tärkeimmän kaasun tunnusvärit jakamalla yläosa neljään sektoriin.

SFS-EN1089-3 standardissa annetaan ohjeet vain pullon hartian maalaamisesta. Hartia voidaan maalata joko samaan tapaan kuin standardissa SFS 3205 tai kahden taikka useamman kaasun muodostaman seoksen ollessa kyseessä jakamalla hartia kahteen yhtä korkeaan renkaaseen. Lieriöosan värin saa käyttäjä määrätä varsin vapaasti, mutta kuitenkin niin ettei synny sekaannusta kaasun vaarallisuudesta. Tämän standardin mukaan punainen merkitsee syttyvää, keltainen myrkyllistä, vaalean sininen hapettavaa, kirkkaan vihreä inerttiä (myrkytön, ei-syövyttävä, ei-hapettava) kaasua. Näitä värejä ei siis suositella käytettäväksi lieriöosassa. Em. Tukesin ohjeessa P8-95 annetaan kuitenkin ohjeet myös lieriöosan väreistä: teollisuuskaasupullojen lieriöosa maalataan grafiitinharmaaksi, lääkkeellisten kaasujen vaaleanvihreäksi ja erikoiskaasupullojen hopeanharmaaksi. Sukellukseen käytettävät hengityskaasut (ilmaa lukuun ottamatta) luokitellaan erikoiskaasuiksi eli niitä sisältävien kaasupullojen lieriöosa maalataan hopeanharmaaksi.

Pullojen värit sisältyvät em. standardeihin ja muut tiedot em. Liikenneministeriön päätökseen vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä 2.7.1997/660 (Liite A, LK 2, Reunanumerot 2201, 2222 ja 2250).

Mainitussa päätöksessä (reunanumeo 2201) happi ja nitroksi määritellään ns. hapettaviksi kaasuiksi:

”Seokset, jotka sisältävät yli 21 til. % happea on luokiteltava hapettaviksi.

Hapettavat kaasut, jotka yleensä happea luovuttamalla voivat aiheuttaa muiden materiaalien syttymisen tai myötävaikuttaa siihen enemmän kuin ilma. Hapetuskyky on määritettävä joko testien avulla tai laskemalla ISO:n menetelmien mukaisesti (ks. ISO 10156:1990)."

Pysyvät merkinnät

Pulloihin on värin ja varoituslipukkeiden lisäksi tehtävä pysyviä merkintöjä. Nämä merkinnät meistetään pullojen kuperaan yläpäätyyn. Nämä merkinnät luetellaan Liikenneministeriön päätöksessä (Liite A, osa II, LK 2, reunanumero2223) seuraavasti:

(a) Astian valmistajan nimi tai merkki;

(b) Hyväksymisnumero (turvatekniikan keskuksen määrittelemissä tapauksissa);

(c) Valmistajan antama astian sarjanumero;

(d) Astian taara ilman varusteita ja lisälaitteita silloin, kun seinämän paksuus tarkistetaan punnitsemalla;

(e) Koepaine;

(f) Ensimmäisen tarkastuksen ja viimeisimmän määräaikaistarkastuksen päivämäärä (kuukausi ja vuosi);

HUOM: Kuukautta ei tarvitse ilmoittaa kaasuille, joiden määräaikaistarkastusten väli on vähintään 10 vuotta.

Kokeet ja tarkastukset suorittaneen tarkastuslaitoksen leima;

(h) ...

(i) Tilavuus litroina;

(j) Kohdan 1° paineella täytettäville kaasuille astian suurin sallittu täyttöpaine 15°C lämpötilassa;

Lisäksi pulloihin on merkittävä seuraavat tiedot selvästi ja pysyvästi:

(a) Reunanumerossa 2201 annettu kaasun tai kaasuseoksen YK-numero ja nimi;

Seoksille ei tarvitse ilmoittaa enempää kuin kaksi seoksen vaaraominaisuuksiin eniten vaikuttavaa ainetta;

(b) ...

(c) Seuraavan määräaikaistarkastuksen päivämäärä (vuosi)

Nämä merkinnät voidaan joko meistää tai ilmoittaa astiaan kiinnitettävällä kestävällä tunnistelevyllä tai lipukkeella, tai merkitä maalaamalla tai muulla vastaavalla tavalla siten, että merkintä on pysyvä ja selvästi luettavissa.

Uusien määräysten lisäksi jää edelleen voimaan Teknillisen tarkastuskeskuksen 20.12.1985 antama lainvoimainen ohje, jonka mukaan sukeltajien paineilmapulloina käytettävien kuljetettavien kaasupullojen venttiilikierteen viereen ja pullojen venttiileihin tulee edellisten merkintöjen lisäksi merkitä liitoskierteen standardinmukainen merkintä (k) tai tämän korvaava TTK:n hyväksymä kierteen tunnusmerkintä. TTK tarkentaa 4.6.86 antamassaan ohjeessa aikaisempaa ohjettaan antamalla viralliset lyhenteet kierteiden nimille ja lisää maininnan kierteistä, joita ei voida tunnistaa mutta jotka voidaan havaita toisiinsa sopiviksi. Jälkimmäisessä tapauksessa venttiiliin merkitään pullon valmistusnumeron kolme viimeistä numeroa pullon ja venttiilin yhteyden säilymiseksi. Nämä ohjeet annettiin sen vuoksi, että venttiilien kiinnityskierteet R 3/4 ja M25X2 ovat niin lähellä toisiaan, että väärä venttiilikiinnitys oli mahdollinen ja joitakin venttiilien irtoamisia tapahtui täytön yhteydessä.

Liite 10. Sukellustaulukot

Bühlmann dekompressiotaulukot

Taustaa

Oheiset taulukot ovat Bühlmannin ZH-L16 taulukot, jotka kehitti professori A.A. Bühlmann Zurichin yliopistossa v. 1986. Nämä taulukot on valittu, koska ne ovat yhteensopivia useimpien sukellustietokoneiden kanssa ja koska ne ovat sopivia käytettäväksi useiden erilaisten kaasuseosten kanssa. Ne sallivat uusintasukellukset, ja niiden teossa on huomioitu oireita aiheuttamattomat “hiljaiset mikrokuplat” ja niiden vaikutukset uusintasukelluksilla.

Sukellustapa

Näillä taulukoilla sukellettaessa ei ole mahdollista nousta suoraan pintaan ilman minkäänlaista pysähdystä 3-6 metrissä; aina on suoritettava vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3-6 metrin syvyydessä. Nousunopeus näillä taulukoilla on 10 metriä minuutissa ja sitä on noudatettava niin tarkoin kuin mahdollista.

Suosittelemme, että näiden taulukoiden mukaan tehdään korkeintaan 3 sukellusta päivässä, koska useammat sukellukset päivässä lisäävät todennäköisyyttä sairastua sukeltajantautiin.

Käyttäjät

Näiden taulukoiden käyttö edellyttää, että sukeltaja on saanut riittävät perustiedot dekompressiosukeltamisen teoriasta ja käytännöstä, ja että sukeltaja tuntee sekä hengityselimiin että keskushermostoon vaikuttavan hapen fysiologiset ongelmat. Taulukoiden käyttäjien on suoritettava sopiva nitroksikurssi ennen niiden käyttöä.

Happiannoksen kertymä

Nitroksisukellustaulukon CNS kertymänopeusarvot on laskettu NOAA taulukon yksittäisen sukelluksen maksimiarvoista. Taulukon syvyyttä vastaava hapen osapaine on pyöristetty ylöspäin seuraavaan NOAA taulukon PO_2 arvoon. Taulukon perusteella saatuja CNS% arvoja yhteenlaskemalla voidaan seurata myös päivän maksimiannoksen kertymistä, sillä yksittäisen sukelluksen maksimiaika on aina lyhyempi kuin päivän maksimiannos, joten saadut prosenttiarvot ovat aina korkeampia kuin päivän maksimiarvoista lasketut.

 ©Poikolainen/Kurki

Taulukkojen käyttäminen

SUKELLUST AULUKOT ZH-16, NITROKSI 36

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttiinaoloaika (min)	Nousuaika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellusaika (min)	Kertausryhmä	Uusintasukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	7,0 %
13	**37**	1	1	**39**	B	37	10,4 %
	55	1	1	**57**	C	55	15,4 %
	81	1	1	**83**	D	81	22,7 %
0,83 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	29,4 %
0,28 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	36,4 %
	19	2	1	**22**	A	19	6,5 %
17	**25**	2	1	**28**	B	25	8,5 %
	37	2	1	**40**	C	37	12,6 %
	57	2	1	**60**	D	57	19,4 %
	82	2	1	**85**	E	82	27,9 %
	1 1 1	2	1	**1 14**	F	1 1 1	37,8 %
0,98 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	42,5 %
0,34 %/min	150	2	4	156	G	137	51,0 %

Sukellus syvyys (m)

Hapen osapaine (bar)

Happiannoksen kertymänopeus (CNS %/min)

Nousuaika ja turvapysähdysaika (min)

Nitroksin happi-%

CNS happiannos sukelluksen jälkeen

Taulukkoja luetaan periaatteessa samalla tavalla kuin SUSL:n vanhempia taulukoita. Taulukosta valitaan sukellussyvyys ja sopiva alttiinaoloaika. Sen jälkeen luetaan nousuaika ja turvapysähdysaika. Esimerkiksi ilmalla sukellettaessa 21 metrin syvyyteen 35 minuutin alttiinaoloajalla nousuaika ja turvapysähdysaika yhteensä on 3 minuuttia, josta kaksi minuuttia käytetään nousuun nopeudella 10 metriä minuutissa ja minuutti varsinaiseen turvapysähdykseen.

Sukellusta vastaavalta riviltä luetaan myös kertausryhmä sukelluksen jälkeen ja oikeanpuoleisesta sarakkeesta saadaan suoraan sukelluksella kertynyt CNS% happiannos.

Sukellussyvyyden alapuolelle on merkitty hapen osapaine (bar) ja CNS happiannoksen kertymänopeus (%/min). Happiannos on laskettu suoraan "CNS %" sarakkeeseen taulukossa esiintyville syvyys/aika yhdistelmille.

CNS%/minuutti kertymänopeudet on otettu NOAA taulukon seuraavasta portaasta, esimerkiksi hapen osapaineelle 0,98 bar on hapen kertymänopeus laskettu NOAA:n taulukon kohdasta 1,0 bar/300min.

Väliaikataulukkoa luettaessa aloitetaan vasemmalta ja edetään vaakasuoraan, kunnes löydetään todellista väliaikaa vastaava väli. Sen jälkeen kertausryhmä uusintasukellukselle lähdettäessä luetaan sarakkeen alta.

Uusintasukelluksen lisäaika luetaan uusintasukelluksen kaasun taulukosta. Valitaan ensin syvyys ja sen jälkeen luetaan kertausryhmän mukainen lisäaika "Uusintasukelluksen lisäaika" sarakkeesta.

Taulukoihin on myös suoraan merkattu nitroksiseoksilla hapen osapainetta 1,4 bar vastaava syvyys eli suurin käyttösyvyys (MOD).

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 21

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	
9	**37**	1	1	**39**	B	37	
	55	1	1	**57**	C	55	
	81	1	1	**83**	D	81	
0,40 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	
-	**130**	1	1	**132**	F	130	
	19	1	1	**21**	A	19	
12	**25**	1	1	**27**	B	25	
	37	1	1	**39**	C	37	
	57	1	1	**59**	D	57	
	82	1	1	**84**	E	82	
	111	1	1	**113**	F	111	
0,47 bar	**125**	1	1	**127**	G	137	
-	150	1	4	155	G	137	
	16	2	1	**19**	A	16	2,3 %
15	**20**	2	1	**23**	B	20	2,8 %
	29	2	1	**32**	C	29	4,1 %
	41	2	1	**44**	D	41	5,8 %
	59	2	1	**62**	E	59	8,3 %
	-	-	-	**-**	F	88	
0,53 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	10,5 %
0,14 %/min	90	2	7	99	G	115	12,6 %
	14	2	1	**17**	A	14	2,0 %
18	**17**	2	1	**20**	B	17	2,4 %
	25	2	1	**28**	C	25	3,5 %
	33	2	1	**36**	D	33	4,7 %
	44	2	1	**47**	E	44	6,2 %
0,59 bar	**51**	2	1	**54**	F	68	7,2 %
0,14 %/min	60	2	5	67	F	68	8,4 %
	12	2	1	**15**	A	12	2,2 %
21	**15**	2	1	**18**	B	15	2,7 %
	22	2	1	**25**	C	22	4,0 %
	28	2	1	**31**	D	28	5,1 %
0,66 bar	**35**	2	1	**38**	E	37	6,3 %
0,18 %/min	40	2	2	44	E	37	7,2 %
	11	3	1	**15**	A	11	2,6 %
24	**13**	3	1	**17**	B	13	3,0 %
	20	3	1	**24**	C	20	4,6 %
	24	3	1	**28**	D	24	5,6 %
0,72 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	5,8 %
0,23 %/min	35	3	4	42	F	42	8,1 %
	10	3	1	**14**	A	10	2,3 %
27	**12**	3	1	**16**	B	12	2,8 %
	18	3	1	**22**	C	18	4,2 %
	-	-	-	**-**	D	21	
0,78 bar	**20**	3	1	**24**	E	26	4,6 %
0,23 %/min	30	3	5	38	F	35	6,9 %

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	9	3	1	**13**	A	9	2,6 %
30	**11**	3	1	**15**	B	11	3,1 %
	16	3	1	**20**	C	16	4,5 %
0,84 bar	**17**	3	1	**21**	D	19	4,8 %
0,28 %/min	25	3	5	**33**	E	23	7,0 %
	8	3	1	**12**	A	8	2,8 %
33	**10**	3	1	**14**	B	10	3,4 %
	-	-	-	**-**	C	14	
0,91 bar	**14**	3	1	**18**	D	17	4,8 %
0,34 %/min	20	3	4	27	E	21	6,8 %
	7	4	1	**12**	A	7	2,4 %
36	**9**	4	1	**14**	B	9	3,1 %
	-	-	-	**-**	C	12	
0,97 bar	**12**	4	1	**17**	D	15	4,1 %
0,34 %/min	15	4	3	22	D	15	5,1 %
	7	4	1	**12**	A	7	3,0 %
39	**8**	4	1	**13**	B	8	3,4 %
	-	-	-	**-**	C	11	
1,03 bar	**10**	4	1	**15**	D	14	4,2 %
0,42 %/min	15	4	4	23	E	17	6,3 %
	6	4	1	**11**	A	6	2,6 %
42	**7**	4	1	**12**	B	7	3,0 %
	-	-	-	**-**	C	10	
1,10 bar	**9**	4	1	**14**	D	13	3,8 %
0,42 %/min	12	4	4	20	D	13	5,1 %
	6	5	1	**12**	A	6	2,9 %
45	**7**	5	1	**13**	B	7	3,4 %
	-	-	-	**-**	C	9	
1,16 bar	**-**	-	-	**-**	D	11	
0,48 %/min	9	5	2	16	E	14	4,4 %
	-	-	-	**-**	A	6	
48	**6**	5	1	**12**	B	6	3,4 %
	-	-	-	**-**	C	8	
1,22 bar	**-**	-	-	**-**	D	10	
0,56 %/min	9	5	3	17	E	13	5,1 %
	-	-	-	**-**	A	5	
51	**5**	5	1	**11**	B	5	2,8 %
1,29 bar	**-**	-	-	**-**	C	7	
0,56 %/min	9	5	4	18	D	9	5,1 %

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 21:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 56 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 66 metrissä

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H	00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00	**07:00**
K	00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00	**14:00**
L	00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00	**24:00**
	ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**	

©Poikolainen/Kurki

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 28

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	3,5 %
10	**37**	1	1	**39**	B	37	5,2 %
	55	1	1	**57**	C	55	7,7 %
	81	1	1	**83**	D	81	11,4 %
0,56 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	14,7 %
0,14 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	18,2 %
	19	2	1	**22**	A	19	3,5 %
14	**25**	2	1	**28**	B	25	4,5 %
	37	2	1	**40**	C	37	6,7 %
	57	2	1	**60**	D	57	10,3 %
	82	2	1	**85**	E	82	14,8 %
	111	2	1	**114**	F	111	20,0 %
0,68 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	22,5 %
0,18 %/min	150	2	4	156	G	137	27,0 %
	16	2	1	**19**	A	16	3,7 %
17	**20**	2	1	**23**	B	20	4,6 %
	29	2	1	**32**	C	29	6,7 %
	41	2	1	**44**	D	41	9,5 %
	59	2	1	**62**	E	59	13,6 %
	-	-	-	**-**	F	88	
0,76 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	17,3 %
0,23 %/min	90	2	7	99	G	115	20,7 %
	14	2	1	**17**	A	14	4,0 %
20	**17**	2	1	**20**	B	17	4,8 %
	25	2	1	**28**	C	25	7,0 %
	33	2	1	**36**	D	33	9,3 %
	44	2	1	**47**	E	44	12,4 %
0,84 bar	**51**	2	1	**54**	F	68	14,3 %
0,28 %/min	60	2	5	67	F	68	16,8 %
	12	3	1	**16**	A	12	4,1 %
24	**15**	3	1	**19**	B	15	5,1 %
	22	3	1	**26**	C	22	7,5 %
	28	3	1	**32**	D	28	9,6 %
0,96 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	11,9 %
0,34 %/min	40	3	2	45	E	37	13,6 %
	11	3	1	**15**	A	11	4,7 %
27	**13**	3	1	**17**	B	13	5,5 %
	20	3	1	**24**	C	20	8,4 %
	24	3	1	**28**	D	24	10,1 %
1,04 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	10,5 %
0,42 %/min	35	3	4	42	F	42	14,7 %
	10	3	1	**14**	A	10	4,8 %
30	**12**	3	1	**16**	B	12	5,8 %
	18	3	1	**22**	C	18	8,7 %
	-	-	-	**-**	D	21	
1,12 bar	**20**	3	1	**24**	E	26	9,6 %
0,48 %/min	30	3	5	38	F	35	14,4 %

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	9	3	1	**13**	A	9	5,1 %
33	**11**	3	1	**15**	B	11	6,2 %
	16	3	1	**20**	C	16	9,0 %
1,21 bar	**17**	3	1	**21**	D	19	9,6 %
0,56 %/min	25	3	5	**33**	E	23	14,0 %
	8	4	1	**13**	A	8	5,4 %
37	**10**	4	1	**15**	B	10	6,7 %
	-	-	-	**-**	C	14	
1,32 bar	**14**	4	1	**19**	D	17	9,4 %
0,67 %/min	20	4	4	28	E	21	13,4 %
	7	4	1	**12**	A	7	4,7 %
40	**9**	4	1	**14**	B	9	6,1 %
	-	-	-	**-**	C	12	
1,40 bar	**12**	4	1	**17**	D	15	8,1 %
0,67 %/min	15	4	3	22	D	15	10,1 %
	7	4	1	**12**	A	7	5,9 %
43	**8**	4	1	**13**	B	8	6,8 %
	-	-	-	**-**	C	11	
1,49 bar	**10**	4	1	**15**	D	14	8,4 %
0,84 %/min	15	4	4	23	E	17	12,6 %
	6	5	1	**12**	A	6	13,4 %
47	**7**	5	1	**13**	B	7	15,7 %
	-	-	-	**-**	C	10	
1,60 bar	**9**	5	1	**15**	D	13	20,1 %
2,23 %/min	12	5	4	21	D	13	26,8 %

28

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 28:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 40 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 47 metrissä

• Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
• Algoritmi Bühlmann ZH 16
• Nousunopeus 10 metriä minuutissa
• Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
• Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
• Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
• Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

• Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
• NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
• NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
• Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
• Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
• 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
• 1,4 bar = 140 kPa
9.7.1997

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H 00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00		**07:00**
K 00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00		**14:00**
L 00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00		**24:00**
ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**		

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 30

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	4,5 %
11	**37**	1	1	**39**	B	37	6,7 %
	55	1	1	**57**	C	55	9,9 %
	81	1	1	**83**	D	81	14,6 %
0,63 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	18,9 %
0,18 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	23,4 %
	19	2	1	**22**	A	19	4,4 %
14	**25**	2	1	**28**	B	25	5,8 %
	37	2	1	**40**	C	37	8,6 %
	57	2	1	**60**	D	57	13,2 %
	82	2	1	**85**	E	82	18,9 %
	111	2	1	**114**	F	111	25,6 %
0,72 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	28,8 %
0,23 %/min	150	2	4	156	G	137	34,5 %
	16	2	1	**19**	A	16	4,5 %
18	**20**	2	1	**23**	B	20	5,6 %
	29	2	1	**32**	C	29	8,2 %
	41	2	1	**44**	D	41	11,5 %
	59	2	1	**62**	E	59	16,6 %
	-	-	-	**-**	F	88	
0,84 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	21,0 %
0,28 %/min	90	2	7	99	G	115	25,2 %
	14	2	1	**17**	A	14	4,8 %
21	**17**	2	1	**20**	B	17	5,8 %
	25	2	1	**28**	C	25	8,5 %
	33	2	1	**36**	D	33	11,3 %
	44	2	1	**47**	E	44	15,0 %
0,93 bar	**51**	2	1	**54**	F	68	17,4 %
0,34 %/min	60	2	5	67	F	68	20,4 %
	12	3	1	**16**	A	12	5,1 %
24	**15**	3	1	**19**	B	15	6,3 %
	22	3	1	**26**	C	22	9,3 %
	28	3	1	**32**	D	28	11,8 %
1,02 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	14,7 %
0,42 %/min	40	3	2	45	E	37	16,8 %
	11	3	1	**15**	A	11	5,3 %
28	**13**	3	1	**17**	B	13	6,3 %
	20	3	1	**24**	C	20	9,6 %
	24	3	1	**28**	D	24	11,6 %
1,14 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	12,0 %
0,48 %/min	35	3	4	42	F	42	16,8 %
	10	3	1	**14**	A	10	5,6 %
31	**12**	3	1	**16**	B	12	6,8 %
	18	3	1	**22**	C	18	10,1 %
	-	-	-	**-**	D	21	
1,23 bar	**20**	3	1	**24**	E	26	11,2 %
0,56 %/min	30	3	5	38	F	35	16,8 %

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	9	4	1	**14**	A	9	6,1 %
35	**11**	4	1	**16**	B	11	7,4 %
	16	4	1	**21**	C	16	10,8 %
1,35 bar	**17**	4	1	**22**	D	19	11,4 %
0,67 %/min	25	4	5	**34**	E	23	16,8 %
	8	4	1	**13**	A	8	6,8 %
38	**10**	4	1	**15**	B	10	8,4 %
	-	-	-	**-**	C	14	
1,44 bar	**14**	4	1	**19**	D	17	11,8 %
0,84 %/min	20	4	4	28	E	21	16,8 %
	7	4	1	**12**	A	7	15,7 %
41	**9**	4	1	**14**	B	9	20,1 %
	-	-	-	**-**	C	12	
1,53 bar	**12**	4	1	**17**	D	15	26,8 %
2,23 %/min	15	4	3	22	D	15	33,5 %

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

30

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 30:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 36 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 43 metrissä

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H	00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00	**07:00**
K	00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00	**14:00**
L	00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00	**24:00**
	ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**	

©Poikolainen/Kurki

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 32

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	5,8 %
12	**37**	1	1	**39**	B	37	8,6 %
	55	1	1	**57**	C	55	12,7 %
	81	1	1	**83**	D	81	18,7 %
0,71 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	24,2 %
0,23 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	29,9 %
	19	2	1	**22**	A	19	4,4 %
15	**25**	2	1	**28**	B	25	5,8 %
	37	2	1	**40**	C	37	8,6 %
	57	2	1	**60**	D	57	13,2 %
	82	2	1	**85**	E	82	18,9 %
	111	2	1	**114**	F	111	25,6 %
0,80 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	28,8 %
0,23 %/min	150	2	4	156	G	137	34,5 %
	16	2	1	**19**	A	16	5,5 %
19	**20**	2	1	**23**	B	20	6,8 %
	29	2	1	**32**	C	29	9,9 %
	41	2	1	**44**	D	41	14,0 %
	59	2	1	**62**	E	59	20,1 %
	-	-	-	**-**	F	88	
0,93 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	25,5 %
0,34 %/min	90	2	7	99	G	115	30,6 %
	14	2	1	**17**	A	14	5,9 %
22	**17**	2	1	**20**	B	17	7,2 %
	25	2	1	**28**	C	25	10,5 %
	33	2	1	**36**	D	33	13,9 %
	44	2	1	**47**	E	44	18,5 %
1,03 bar	**51**	2	1	**54**	F	68	21,5 %
0,42 %/min	60	2	5	67	F	68	25,2 %
	12	3	1	**16**	A	12	5,8 %
26	**15**	3	1	**19**	B	15	7,2 %
	22	3	1	**26**	C	22	10,6 %
	28	3	1	**32**	D	28	13,5 %
1,16 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	16,8 %
0,48 %/min	40	3	2	45	E	37	19,2 %
	11	3	1	**15**	A	11	6,2 %
29	**13**	3	1	**17**	B	13	7,3 %
	20	3	1	**24**	C	20	11,2 %
	24	3	1	**28**	D	24	13,5 %
1,25 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	14,0 %
0,56 %/min	35	3	4	42	F	42	19,6 %
	10	3	1	**14**	A	10	6,7 %
32	**12**	3	1	**16**	B	12	8,1 %
	18	3	1	**22**	C	18	12,1 %
	-	-	-	**-**	D	21	
1,35 bar	**20**	3	1	**24**	E	26	13,4 %
0,67 %/min	30	3	5	38	F	35	20,1 %

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	9	4	1	**14**	A	9	7,6 %
36	**11**	4	1	**16**	B	11	9,3 %
	16	4	1	**21**	C	16	13,5 %
1,48 bar	**17**	4	1	**22**	D	19	14,3 %
0,84 %/min	25	4	5	**34**	E	23	21,0 %
	8	4	1	**13**	A	8	17,9 %
39	**10**	4	1	**15**	B	10	22,3 %
	-	-	-	**-**	C	14	
1,57 bar	**14**	4	1	**19**	D	17	31,3 %
2,23 %/min	20	4	4	28	E	21	44,6 %

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

32

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 32:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 33 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 40 metrissä

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H 00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00		**07:00**
K 00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00		**14:00**
L 00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00		**24:00**
ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**		

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 34

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
12	**25**	1	1	**27**	A	25	5,8 %
	37	1	1	**39**	B	37	8,6 %
	55	1	1	**57**	C	55	12,7 %
	81	1	1	**83**	D	81	18,7 %
0,75 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	24,2 %
0,23 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	29,9 %
16	**19**	2	1	**22**	A	19	5,4 %
	25	2	1	**28**	B	25	7,0 %
	37	2	1	**40**	C	37	10,4 %
	57	2	1	**60**	D	57	16,0 %
	82	2	1	**85**	E	82	23,0 %
	111	2	1	**114**	F	111	31,1 %
0,89 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	35,0 %
0,28 %/min	150	2	4	156	G	137	42,0 %
19	**16**	2	1	**19**	A	16	5,5 %
	20	2	1	**23**	B	20	6,8 %
	29	2	1	**32**	C	29	9,9 %
	41	2	1	**44**	D	41	14,0 %
	59	2	1	**62**	E	59	20,1 %
	-	-	-	**-**	F	88	
0,99 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	25,5 %
0,34 %/min	90	2	7	99	G	115	30,6 %
23	**14**	2	1	**17**	A	14	6,8 %
	17	2	1	**20**	B	17	8,2 %
	25	2	1	**28**	C	25	12,0 %
	33	2	1	**36**	D	33	15,9 %
	44	2	1	**47**	E	44	21,2 %
1,13 bar	**51**	2	1	**54**	F	68	24,5 %
0,48 %/min	60	2	5	67	F	68	28,8 %
27	**12**	3	1	**16**	A	12	6,8 %
	15	3	1	**19**	B	15	8,4 %
	22	3	1	**26**	C	22	12,4 %
	28	3	1	**32**	D	28	15,7 %
1,26 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	19,6 %
0,56 %/min	40	3	2	45	E	37	22,4 %
30	**11**	3	1	**15**	A	11	7,4 %
	13	3	1	**17**	B	13	8,8 %
	20	3	1	**24**	C	20	13,4 %
	24	3	1	**28**	D	24	16,1 %
1,36 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	16,8 %
0,67 %/min	35	3	4	42	F	42	23,5 %
34	**10**	4	1	**15**	A	10	8,4 %
	12	4	1	**17**	B	12	10,1 %
	18	4	1	**23**	C	18	15,2 %
	-	-	-	**-**	D	21	
1,50 bar	**20**	4	1	**25**	E	26	16,8 %
0,84 %/min	30	4	5	39	F	35	25,2 %

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
37	**9**	4	1	**14**	A	9	20,1 %
	11	4	1	**16**	B	11	24,6 %
	16	4	1	**21**	C	16	35,7 %
1,60 bar	**17**	4	1	**22**	D	19	38,0 %
2,23 %/min	25	4	5	**34**	E	23	55,8 %

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

34

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 34:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 31 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 37 metrissä

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H	00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00	**07:00**
K	00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00	**14:00**
L	00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00	**24:00**
	ODOTA	G	F	E	D	C	B	A	

©Poikolainen/Kurki

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 36

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	1	1	**27**	A	25	7,0 %
13	**37**	1	1	**39**	B	37	10,4 %
	55	1	1	**57**	C	55	15,4 %
	81	1	1	**83**	D	81	22,7 %
0,83 bar	**105**	1	1	**107**	E	105	29,4 %
0,28 %/min	**130**	1	1	**132**	F	130	36,4 %
	19	2	1	**22**	A	19	6,5 %
17	**25**	2	1	**28**	B	25	8,5 %
	37	2	1	**40**	C	37	12,6 %
	57	2	1	**60**	D	57	19,4 %
	82	2	1	**85**	E	82	27,9 %
	111	2	1	**114**	F	111	37,8 %
0,98 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	42,5 %
0,34 %/min	150	2	4	156	G	137	51,0 %
	16	2	1	**19**	A	16	6,8 %
20	**20**	2	1	**23**	B	20	8,4 %
	29	2	1	**32**	C	29	12,2 %
	41	2	1	**44**	D	41	17,3 %
	59	2	1	**62**	E	59	24,8 %
	-	-	-	**-**	F	88	
1,08 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	31,5 %
0,42 %/min	90	2	7	99	G	115	37,8 %
	14	3	1	**18**	A	14	7,9 %
24	**17**	3	1	**21**	B	17	9,6 %
	25	3	1	**29**	C	25	14,0 %
	33	3	1	**37**	D	33	18,5 %
	44	3	1	**48**	E	44	24,7 %
1,23 bar	**51**	3	1	**55**	F	68	28,6 %
0,56 %/min	60	3	5	68	F	68	33,6 %
	12	3	1	**16**	A	12	8,1 %
28	**15**	3	1	**19**	B	15	10,1 %
	22	3	1	**26**	C	22	14,8 %
	28	3	1	**32**	D	28	18,8 %
1,37 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	23,5 %
0,67 %/min	40	3	2	45	E	37	26,8 %
	11	3	1	**15**	A	11	9,3 %
31	**13**	3	1	**17**	B	13	11,0 %
	20	3	1	**24**	C	20	16,8 %
	24	3	1	**28**	D	24	20,2 %
1,48 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	21,0 %
0,84 %/min	35	3	4	42	F	42	29,4 %
	10	4	1	**15**	A	10	22,3 %
34	**12**	4	1	**17**	B	12	26,8 %
	18	4	1	**23**	C	18	40,2 %
	-	-	-	**-**	D	21	
1,59 bar	**20**	4	1	**25**	E	26	44,6 %
2,23 %/min	30	4	5	39	F	35	66,9 %

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

36

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 36:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 28 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 34 metrissä

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H 00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00		**07:00**
K 00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00		**14:00**
L 00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00		**24:00**
ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**		

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 38

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	2	1	**28**	A	25	8,5 %
14	**37**	2	1	**40**	B	37	12,6 %
	55	2	1	**58**	C	55	18,7 %
	81	2	1	**84**	D	81	27,6 %
0,92 bar	**105**	2	1	**108**	E	105	35,7 %
0,34 %/min	**130**	2	1	**133**	F	130	44,2 %
	19	2	1	**22**	A	19	8,0 %
18	**25**	2	1	**28**	B	25	10,5 %
	37	2	1	**40**	C	37	15,6 %
	57	2	1	**60**	D	57	24,0 %
	82	2	1	**85**	E	82	34,5 %
	111	2	1	**114**	F	111	46,7 %
1,07 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	52,5 %
0,42 %/min	150	2	4	156	G	137	63,0 %
	16	2	1	**19**	A	16	7,7 %
21	**20**	2	1	**23**	B	20	9,6 %
	29	2	1	**32**	C	29	14,0 %
	41	2	1	**44**	D	41	19,7 %
	59	2	1	**62**	E	59	28,4 %
	-	-	-	**-**	F	88	
1,18 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	36,0 %
0,48 %/min	90	2	7	99	G	115	43,2 %
	14	3	1	**18**	A	14	9,4 %
25	**17**	3	1	**21**	B	17	11,4 %
	25	3	1	**29**	C	25	16,8 %
	33	3	1	**37**	D	33	22,2 %
	44	3	1	**48**	E	44	29,5 %
1,33 bar	**51**	3	1	**55**	F	68	34,2 %
0,67 %/min	60	3	5	68	F	68	40,2 %
	12	3	1	**16**	A	12	10,1 %
29	**15**	3	1	**19**	B	15	12,6 %
	22	3	1	**26**	C	22	18,5 %
	28	3	1	**32**	D	28	23,6 %
1,49 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	29,4 %
0,84 %/min	40	3	2	45	E	37	33,6 %
	11	3	1	**15**	A	11	24,6 %
32	**13**	3	1	**17**	B	13	29,0 %
	20	3	1	**24**	C	20	44,6 %
	24	3	1	**28**	D	24	53,6 %
1,60 bar	**25**	3	1	**29**	E	30	55,8 %
2,23 %/min	35	3	4	42	F	42	78,1 %

38

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 38:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 26 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 32 metrissä

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
						A	00:00 02:00		**02:00**
					B	00:00 00:20	00:20 02:00		**02:00**
				C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00		**03:00**
			D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00		**03:00**
		E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00		**03:00**
	F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00		**04:00**
G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00		**05:00**
H	00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00	**07:00**
K	00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00	**14:00**
L	00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00	**24:00**
	ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**	

©Poikolainen/Kurki

SUKELLUSTAULUKOT ZH-16, NITROKSI 40

Suurin syvyys (m) / ppO2 (bar) / CNS%/min	Alttii-naolo-aika (min)	Nousu-aika (min)	Deko (min) 3 m	Sukellus-aika (min)	Kertaus-ryhmä	Uusinta-sukell. lisäaika (min)	CNS %
	25	2	1	**28**	A	25	8,5 %
15	**37**	2	1	**40**	B	37	12,6 %
	55	2	1	**58**	C	55	18,7 %
	81	2	1	**84**	D	81	27,6 %
1,00 bar	**105**	2	1	**108**	E	105	35,7 %
0,34 %/min	**130**	2	1	**133**	F	130	44,2 %
	19	2	1	**22**	A	19	9,2 %
18	**25**	2	1	**28**	B	25	12,0 %
	37	2	1	**40**	C	37	17,8 %
	57	2	1	**60**	D	57	27,4 %
	82	2	1	**85**	E	82	39,4 %
	111	2	1	**114**	F	111	53,3 %
1,12 bar	**125**	2	1	**128**	G	137	60,0 %
0,48 %/min	150	2	4	156	G	137	72,0 %
	16	2	1	**19**	A	16	9,0 %
22	**20**	2	1	**23**	B	20	11,2 %
	29	2	1	**32**	C	29	16,3 %
	41	2	1	**44**	D	41	23,0 %
	59	2	1	**62**	E	59	33,1 %
	-	-	-	**-**	F	88	
1,28 bar	**75**	2	1	**78**	G	115	42,0 %
0,56 %/min	90	2	7	99	G	115	50,4 %
	14	3	1	**18**	A	14	11,8 %
26	**17**	3	1	**21**	B	17	14,3 %
	25	3	1	**29**	C	25	21,0 %
	33	3	1	**37**	D	33	27,8 %
	44	3	1	**48**	E	44	37,0 %
1,44 bar	**51**	3	1	**55**	F	68	42,9 %
0,84 %/min	60	3	5	68	F	68	50,4 %
	12	3	1	**16**	A	12	26,8 %
30	**15**	3	1	**19**	B	15	33,5 %
	22	3	1	**26**	C	22	49,1 %
	28	3	1	**32**	D	28	62,5 %
1,60 bar	**35**	3	1	**39**	E	37	78,1 %
2,23 %/min	40	3	2	45	E	37	89,2 %

40

o Näitä taulukoita käytetään nitroksi 40:n kanssa

o ppO2 1,4 bar saavutetaan 25 metrissä
o ppO2 1,6 bar saavutetaan 30 metrissä

- Näitä taulukoita saavat käyttää vain nitroksi- tai syväsukelluskurssin käyneet
- Algoritmi Bühlmann ZH 16
- Nousunopeus 10 metriä minuutissa
- Kaikilla sukelluksilla vähintään 1 minuutin turvapysähdys 3 metrin syvyydessä
- Alimpana korostettuna etappinousutaulukoiden ensimmäinen rivi
- Korkeintaan kolme sukellusta päivässä
- Käyttöalue 0-700 metriä merenpinnasta

- Suositeltu suurin hapen osapaine ppO2 1,4 bar
- NOAA max 150 min ppO2 1,4 bar (yksi sukellus)
- NOAA max 45 min ppO2 1,6 bar (yksi sukellus)
- Jos CNS% yli 80% pidä 120 min väliaika pinnassa
- Jos ppO2 alle 0,5 bar CNS%/min voidaan jättää huomiotta
- 90 min väliaika ilmalla pinnassa puolittaa CNS%
- 1,4 bar = 140 kPa

9.7.1997

VÄLIAIKATAULUKKO (tunteja)

									Lentokielto
							A	00:00 02:00	**02:00**
						B	00:00 00:20	00:20 02:00	**02:00**
					C	00:00 00:10	00:10 00:25	00:25 03:00	**03:00**
				D	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:30	00:30 03:00	**03:00**
			E	00:00 00:10	00:10 00:15	00:15 00:25	00:25 00:45	00:45 04:00	**03:00**
		F	00:00 00:20	00:20 00:30	00:30 00:45	00:45 01:15	01:15 01:30	01:30 08:00	**04:00**
	G	00:00 00:25	00:25 00:45	00:45 01:00	01:00 01:15	01:15 01:40	01:40 02:10	02:10 12:00	**05:00**
H	00:00 00:50	00:50 01:05	01:05 01:35	01:35 02:10	02:10 03:00	03:00 04:00	04:00 05:40	05:40 24:00	**07:00**
K	00:00 03:00	03:00 04:00	04:00 05:00	05:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:00	08:00 09:20	09:20 39:00	**14:00**
L	00:00 06:00	06:00 07:00	07:00 08:30	08:30 10:00	10:00 12:00	12:00 14:00	14:00 16:30	16:30 48:00	**24:00**
	ODOTA	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**	