

Hengityskaasun tarpeen arviointi 101. Miten lasket oman hengityksesi minuuttitilavuuden

Hengityksen minuuttitilavuus (RMV) tarkoittaa sitä hengityskaasun määrää, joka kulkeutuu keuhkoihin ja sieltä pois yhden minuutin aikana. Kyseessä on keskiarvo. RMV:tä voidaan kutsua myös SAC-arvoksi (pintailmankulutus) tai SCR-arvoksi (pintakulutuksen määrä). Tämä kulutus on erilainen eri ihmisillä. Vaativampia sukelluksia tekevän sukeltajan on tiedettävä oma hengityksensä minuuttitilavuus, koska tällöin on mahdollista arvioida ennakkoon, kuinka pitkään tietty kaasumäärä kestää tietyssä syvyydessä. Hengityksen minuuttitilavuus mitataan litroissa yhtä minuuttia kohden.

Tässä artikkelissa kerrotaan, miten hengityksen minuuttitilavuus lasketaan. Laskennassa otetaan huomioon sukelluksilla käytettävän painemittarin (SPG) lukemat ennen ja jälkeen sukelluksen, sukelluspullon koko sekä sukelluksen keskisyvyys ja kesto. Nämä tiedot ovat kirjautuneet sukellustietokoneeseesi.

Kuinka paljon kaasua sukelluspullossani on todellisuudessa eli vapaat litrat?

Me ilmaisemme tavallisesti sukelluspullossa olevan kaasun määrän paineyksiköiden avulla. Tämä toimii hyvin sukelluksen aikana, mutta kaasun kulutusta arvioitaessa meidän on saatava vähän yksityiskohtaisempaa tietoa. 200 barin suurempi sukelluspullohan sisältää enemmän kaasua kuin pienempi pullo, eikö niin? Entäpä 15 litran ja 160 barin pullo verrattuna 11 litran ja 200 barin pulloon? Tästä on syntynyt ajatus "vapaista litroista".

Vapaa litra on se kaasun määrä, joka vie tilaa yhden litran verran yhden ilmakehän paineessa (1 atm tai 1,013 bar). Tämä vastaa artikkelissamme 1 baria käytännön syistä. Käytämme myös artikkelissamme isoa L-kirjainta vapaista litroista puhuttaessa ja pientä l-kirjainta sukelluspullon tilavuuden litroista puhuttaessa.

Hyvä juttu tämän yksikön suhteen on se, että voimme sen avulla kertoa, kuinka paljon kaasua on sukelluspullossa kertomalla pullon koko paineella. Kun esimerkiksi 10 litran sukelluspullossa oleva kaasua, joka on täytetty 200 barin paineeseen, on vapautettu ilmakehään (1 atm), se on tilavuudeltaan 2 000 litraa (10 l x 200 bar). Toisin sanoen sukelluspullo sisältää kaasua 2 000 *vapaata litraa*. Nyt voimme vastata yllä olevaan kysymykseen: 15 l x 160 bar = 2 400 L, joka on enemmän kuin 11 l x 200 bar = 2 200 L.

Nyt voimme myös ilmaista sen kaasun täsmällisen määrän, jonka kulutamme yksittäisellä sukelluksella. Jos esimerkiksi sukelluksen alussa paine on 210 baria ja lopussa 60 baria ja käytössä on 10 litran pullo, saamme seuraavanlaisen laskutoimituksen:

$$\text{kaasun kulutus} = (210 \text{ bar} - 60 \text{ bar}) \times 10 \text{ l} = 1\,500 \text{ L}$$

Tietokoneen lukemien mukaan ottaminen

Vaikka saammekin tietoomme sukelluksella kuluneiden vapaiden litrojen määrän, se ei kuitenkaan kerro meille hengityksemme minuuttitilavuutta. Peruskoulutuksen aikana olemme oppineet, että kaasun kulutus riippuu ympäröivästä paineesta ($P = 1 \text{ atm}$ 0 metrissä, 2 atm 10 metrissä, 3 atm 20 metrissä jne. tai $P = 1 + \text{syvyys metreissä}/10 \text{ atm}$). Samoin se riippuu tietysti myös sukellukseen käytetystä ajasta. Meidän

täytyy siis jakaa käytetyn kaasun määrä sukellukseen käytetyllä ajalla (A) ja sukelluksella vallinneella keskimääräisellä paineella (P), joka on laskettu sukelluksen keskisyvyyden mukaan. Tiedot löytyvät sukellustietokoneesta. Näin saamme hengityksemme minuuttitilavuuden.

Lopullinen kaava on siis seuraava: **$RMV (L/min) = \text{kaasun kulutus} / (\text{paine} \times \text{aika})$**

Esimerkki: Oletamme, että teit 45 minuutin sukelluksen. Sukelluspullosi tilavuus on 12 litraa, lähtiessäsi paine oli 200 baria ja palatessasi 60 baria. Tietokoneesi tiedot kertovat, että keskisyvyys sukelluksella oli 12 metriä. Hengityksesi minuuttitilavuus (RMV) on $(12 \text{ l} \times 140 \text{ bar}) / (2,2 \text{ atm} \times 45 \text{ min}) = 17 \text{ L/min}$.

Muista, että sukeltajan hengityksen minuuttitilavuus on keskiarvo, joka voi vaihdella jonkin verran riippuen olosuhteista (esim. kuormituksesta, stressistä ja lämpötilastasi). Tällä arvolla on myös taipumus laskea kokemuksen karttuessa ja taas nousta, kun sukeltaja ei ole vähään aikaan ollut veden alla. Hengityksen minuuttitilavuus tulisi näin ollen laskea säännöllisesti. Turvallisuuden vuoksi kaikki murtoluvut tulisi myös pyöristää konservatiivisesti, toisin sanoen arvon ollessa 13,4 L/min siitä tulee 14 L/min.

RMV-arvon hyödyntäminen sukellusta suunniteltaessa

Kun saat selville RMV-arvosi, sinun on mahdollista suorittaa yllä esitetty laskutoimitus käänteisenä. Tämän avulla voit arvioida, mikä tulee olemaan kaasun kulutus suunnittelemaasi sukelluksella. Jos RMV-arvosi on esimerkiksi 16 L/min ja haluat viettää 25 minuuttia 25 metrissä, oletuksena on, että kaasun kulutus on $16 \text{ L/min} \times 25 \text{ min} \times 3,5 \text{ atm} = 1400 \text{ L}$ kaasua sukelluksen tällä osuudella. Kun kyseessä on tavallinen AL80-alumiinipullo (tilavuus 11 litraa), tuloksena olisi $1400 \text{ L} / 11 \text{ l} = 127 \text{ bar}$. Tämä pyöristetään 130 bariin.

Koska sukellusten suunnittelu tapahtuu yleensä ryhmässä, ryhmän tulisi käyttää suunnittelun pohjana korkeinta RMV-arvoa, joka ryhmän jäsenten keskuudessa esiintyy.

Lopuksi vielä pieni muistutus: älä kerskaile

Eri ihmisillä kaasua kuluu eri määriä. Joillekin saattaa olla vaikea puhua aiheesta, jos kaasua kuluu paljon. On mukavaa, jos hengityksen minuuttitilavuus on alhainen, mutta ei kannata ajatella, että tämä tekee sinusta paremman sukeltajan. Sukeltajan RMV-arvohan riippuu erilaisista fysiologisista ja ympäristöön liittyvistä tekijöistä. Hengityksen minuuttitilavuudesta on tietenkin keskusteltava sukellusta suunniteltaessa, mutta tämä on tehtävä erittäin asiallisesti. Älä tuomitse, ja mikä tärkeintä, älä kerskaile. Kyseessä on sama asia kuin jos olisit hyvin ylpeä jostakin ruumiinosastasi. Kaikki muut eivät silti halua sinun puhuvan siitä.

Mukavia suunnitteluhetkiä ja muista aina turvallisuus!

Artikkelin kirjoittaja

Tim Blömeke opettaa virkistys- ja tekniikkasukellusta Taiwanissa ja Filippiineillä. Hän on innokas luola- ja hylky-sukeltaja ja sukeltaa usein suljetun kierron laitteilla. Hän toimii myös avustavana toimittajana ja kääntäjänä Alert Diver -verkkolehdeissä. Tim Blömeke asuu Taipeiissa Taiwanissa. Voit seurata häntä Instagramissa osoitteessa [@timblmk](https://www.instagram.com/timblmk).