

# Suljetun kierron laite virkistyssukeltajien käytössä Osa 1

Monet tekniikkasukeltajien käyttämistä välineistä näyttävät erilaisilta verrattuna virkistyssukeltajien käyttämiin laitteisiin. Perusperiaatteet ovat kuitenkin suurimmaksi osaksi samat. Isoin eroavaisuus on siinä, että tekniikkasukeltajat käyttävät mieluummin suljetun kuin avoimen kierron laitteita. Suljetun kierron laitteeseen siirtymisen edut ovat erittäin selviä tekniikkasukeltajille, mutta miten tämä asia on virkistyssukeltajien kohdalla? Joukko valmistajia on tuonut markkinoille suljetun kierron laitteita, jotka on tarkoitettu erityisesti virkistyssukeltajille. Vuonna 2012 järjestetty [Rebreather Forum 3.0](#) -tapahtuma käsitteli nimenomaan tätä aihetta. Eräs konferenssin yksimielisistä lausunnoista oli seuraava:

*Rebreather Forum tukee ja kannattaa sukellusalan koulutusjärjestöjen ja muiden toimijoiden aloitetta, jonka tavoitteena on jakaa virkistyssukeltajien ja tekniikkasukeltajien koulutus omiksi suuntauksikseen, kun sukellaan suljetun kierron laitteilla. Näillä ryhmillähän on erilaiset toiminta-, koulutus- ja laitetarpeet.*

Kun nyt olemme saaneet tiedon [Rebreather Forum 4.0](#) -tapahtumasta, on varmasti oikea aika palata tämän aiheen pariin. Pohdimme siis sitä, kannattaako virkistyssukeltajien siirtyä käyttämään suljetun kierron laitteita.

Suljetun kierron laite tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että sukeltaja käyttää uudelleen uloshengittämänsä kaasun. Samalla hyödynnetään menetelmää, joka poistaa sukeltajan tuottaman hiilidioksidin. Suljetun kierron laitteen tärkein etu on se, että se on paljon tehokkaampi kaasun hyödyntämisessä. Kun hengitämme normaalia ilmaa pinnalla, käytämme noin 4 % hengittämästämme kaasusta aineenvaihduntaan tarvittavan hapen muodossa ja hengitämme ulos lopun hapen sekä kaiken typen.

Tämä tarkoittaa, että 96 % hengittämästämme hapesta poistuu jokaisella hengityksellä. Syvyydessä tätä pahentaa vielä se tosiasia, että hengitämme kaasua paljon normaalia korkeamman paineen alaisena. Näin ollen jokainen hengitys sisältää paljon suuremman määrän ilmaa. 40 metrissä hengitämme jokaisella hengityksellä viisinkertaisen määrän ilmaa pinnalla hengittämiseen verrattuna ja 90 metrissä hengitämme kymmenen kertaa enemmän kuin pinnalla.

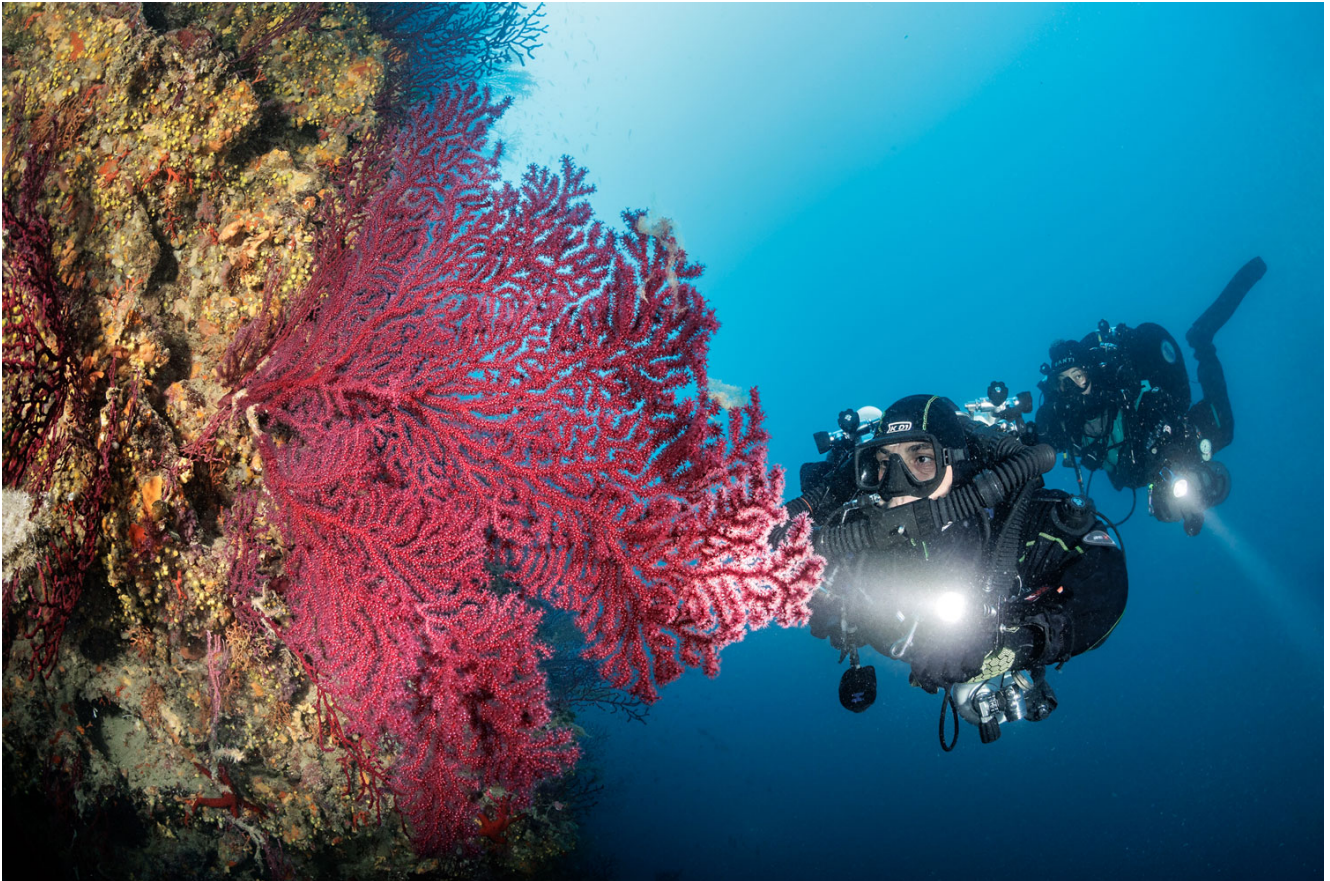
Jokaisella hengityskerralla tämä kaasu poistuu annostimesta ja kuplii pintaan. Tämä on tehotonta, koska elimistö tarvitsee edelleen vain saman määrän happea, mutta tuhlaamme jokaisella hengityskerralla kymmenen kertaa enemmän kaasua saadaksemme sen. Tämä on yksi niistä syistä, miksi avoimen kierron laitteilla sukeltavilla kaasun kulutuksen arviointi ja [hengitysnopeus](#) ovat äärimmäisen tärkeitä.

Kun sukellaan avoimen kierron laitteella 90 metriin, rajoittava tekijä on lähes varmasti sukelluksella tarvittavan kaasun määrä. Suljetun kierron laitteella voidaan välttää tämä ongelma käyttämällä uudelleen sukeltajan uloshengittämä kaasu. Koska suurin osa kaasusta ei mene hukkaan, sukeltajan ei tarvitse kuljettaa niin paljon kaasua mukanaan toteuttaakseen vastaavanlaisen sukelluksen.

## Suljetun kierron laitteen tekniset edut

Suljetun kierron laite toimii niin, että se ottaa talteen uloshengitetyn ilman eikä päästä sitä poistumaan. Sen sijaan tämä talteenotettu ilma käytetään uudelleen seuraavalla hengityskerralla. Pieni osa happea, jonka keho käytti, korvataan lisähapella, jonka suljetun kierron laite syöttää hengityskiertoon. Näin ollen emme tuhlaa suurinta osaa kaasusta jokaisella hengityskerralla, vaan käytämme uudelleen kaiken kaasun.

Tämä kaasun uudelleen käyttäminen tarjoaa kolme keskeistä etua tekniikkasukeltajalle.



## 1 - Kaasun riittävyys

Ensinnäkin suljetun kierron laitteella sukeltavan ei tarvitse käyttää läheskään niin paljon kaasua kuin avoimen kierron laitteella sukeltavan. Kehon tarvitsema happimäärä on suunnilleen sama missä tahansa syvyydessä, joten sama happimäärä kestää yhtä pitkään niin 100 metrissä kuin 20 metrissäkin. Ylimääräinen kaasu (laimenne) hengityskierrossa eli luopissa käytetään mieluummin uudelleen kuin annetaan mennä hukkaan. Näin käytämme jälleen saman määrän 100 metrissä kuin 20 metrissä. Tämä vähentää huomattavasti sukelluksella tarvittavan kaasun määrää. 20 litran paripullojen sijaan voimme käyttää kahta 3 litran sukelluspulloa.

Avoimen kierron laitteella sukeltaessa hengitämme paljon enemmän syvemmällä ollessamme paineesta johtuen. Kun siis mennään yhä syvemmälle, joudutaan käyttämään yhä suurempia sukelluspulloja. Vaikka käytössä on suuremmat pullot, ne kuluvat silti hyvin nopeasti loppuun. Näin käytettävissä olevan kaasun määrästä tulee kriittisin osa sukellussuunnitelmaamme.

Suljetun kierron laitteella kaasuvaramme kuluu samalla nopeudella syvyydestä riippumatta, joten mukaan ottamamme kaasun määrä ei ole enää rajoittava tekijä. Tämä tarkoittaa, että kaasun loppumisesta tarvitsee huolehtia paljon vähemmän kuin avoimen kierron laitteella sukeltaessa. Kriittisiä tekijöitä ovat sen sijaan dekompressiolle altistumisen määrä, riskimme happimyrkytykselle ja hiilidioksidin absorboinnin kesto.

## 2 - Kaasun kustannukset

Kustannukset ovat yksi tärkeimmistä tekijöistä, jotka sukeltajan tulee ottaa huomioon vaihtaessaan



suljetun kierron laitteeseen. Tähän liittyy kaksi eri näkökulmaa. Suljetun kierron laitteen kustannuksia, mukaan lukien sen osto ja huolto, tulee verrata avoimen kierron laitteen kustannuksiin. Kun avoimen kierron laitteella tehdään trimix-sukelluksia, yksi suurimmista haitoista on kaasun hinta. Trimix-paripullot voivat maksaa mitä tahansa 30 eurosta yli 200 euroon. 30 eurolla saa suhteellisen heikon sekoituksen, jota voi käyttää 40 metrin syvyyteen asti, kun taas yli 200 euron sekoitus sopii yli 100 metrin syvyyteen.

Tämä tekee jokaisesta trimix-sukelluksesta kalliin jutun. Toisaalta suljetun kierron laitteen kanssa käytetään paljon pienempiä sukelluspulloja, koska kaasu käytetään uudelleen eikä se mene hukkaan. Tämän takia käytämme paljon vähemmän kaasua ja kaasun kustannukset ovat paljon alhaisemmat. Saatamme kuluttaa vain noin 10-20 euroa, kun kyseessä ovat edellä mainitut seokset. Näin ollen tulemme toimeen huomattavasti pienemmällä kaasumäärällä verrattuna avoimen kierron laitteeseen. Tämä voi olla erittäin houkuttelevaa silloin, kun käytetään huomattavia summia jokaiseen täyttöön avoimen kierron laitteella sukeltaessa.

Huomioon on kuitenkin otettava suljetun kierron laitteen hankintakustannukset. Mallista riippuen suljetun kierron laite maksaa todennäköisesti yli neljästä tuhannesta eurosta aina yhdeksään tuhanteen euroon asti. Jos valitset vanhemman käytetyn mallin, voit saada laitteen halvemmalla. Laitteen hankintahinnan lisäksi sinun on otettava huomioon sen käytön harjoittelu. Tähän on todennäköisesti varattava yksi tuhatlappunen lisää. Lisäkustannuksia tulee epäilemättä myös suljetun kierron laitteen vaatimista lisävarusteista. Tästä johtuen ei ole harvinaista, että aloituskustannukset ovat noin 7 000 - 11 000 euroa. On selvää, että joudut tekemään paljon trimix-sukelluksia saadaksesi niin paljon säästöä aikaiseksi, että nämä aloituskustannukset saataisiin katetuksi.

Suurin osa sukeltajista ei sukella tarpeeksi, jotta kaasukustannusten säästöjen perusteella suljetun kierron laitteen ostaminen olisi selvästi perusteltua. Jos et tee vähintään kahtakymmentä trimix-sukellusta vuodessa, suljetun kierron laitteen hankkiminen ei ole kustannustehokasta.



### 3 - Kaasun kuljetus

Kolmas tehostetun kaasunkäytön tarjoama etu on kaasun kuljetuksen yksinkertaistuminen pidemmällä sukellusmatkoilla. Avoimen kierron laitteilla sukeltavat voivat käyttää loppuun 12 litran, 15 litran tai jopa 18 litran parisukelluspulloja jokaisella trimix-sukelluksella. Lisäksi he voivat kuluttaa loppuun jokaisella sukelluksella jopa 4 stagepulloa dekompressiokaasua varten. Tämä vaatii paljon ylimääräistä heliumia ja happea joka päivä, ja näiden suurten selässä olevien kaasupullojen ja dekompressiopullojen täyttäminen päivittäin on kallista, aikaa vievää ja työlästä.

Pullojen täyttämiseen liittyvää logistiikkaa helpottaa huomattavasti se seikka, että suljetun kierron laitteessa käytetään pienempiä sukelluspulloja. Tarvittavat kaasumäärät ovat paljon pienempiä täytettäessä 3 litran pulloa kuin täytettäessä 12 litran paripulloja. Näin kaasua on mahdollista ottaa mukaan tarpeeksi jopa viikon sukelluksille. Päinvastainen tilanne on silloin, kun käytetään avoimen kierron laitetta. Tällöin tarvitaan huomattavia määriä heliumia ja happea, koska suurin osa hengitetään ulos ja hukkaan.

Tällä voi olla suuri merkitys, jos sinulla ei ole lähelläsi myymälää, joka voisi täyttää trimix-pulloja. Jos sinun täytyy ajaa vaikkapa 80 kilometriä suuntaansa jättääksesi paripulloja liikkeeseen trimix-täyttöä varten ja sitten tehdä sama matka seuraavana päivänä uudestaan noutaaksesi pulloja, kuljetuskysymykset voivat nousta merkittäväksi tekijäksi. Mahdollisuus ottaa omaa kaasua mukaan helpottaa suunnittelua ja logistiikkaa myös silloin, kun sukellat paikassa, josta ei pääse helposti täyttöjä suorittavaan sukelluskeskukseen.

Tämä kaikki tietysti edellyttää sitä, että suljetun kierron laite toimii aina tarkoituksenmukaisella tavalla. Mukana on kuitenkin kuljetettava myös avoimen kierron laitteen kaasua siltä varalta, että suljetun kierron laitteen kanssa tulee ongelmia. Näin taataan turvallinen pääsy pintaan. Tällaisessa tilanteessa tarvitaan ensinnäkin sellainen pelastuspullo, jota voidaan alkaa käyttää maksimisyvytydessä. Lisäksi tarvitaan toinen sopiva pelastuspullo, jonka avulla on mahdollista päästä pintaan, niin että dekompressiopysähdykset voidaan toteuttaa.

Suljetun kierron laitteella sukeltava ei käytä stagepulloja muuta kuin hätätilanteessa. Tässä on myös ero avoimen kierron laitteella sukeltavaan. Ne on silti oltava mukana myös suljetun kierron laitteella sukeltaessa. Avoimen kierron laitteella sukeltava käyttää näitä pulloja kuitenkin etappipysähdyksillä jokaisella sukelluksella, joten ne on tällöin myös täytettävä päivittäin.

### 4 - Dekompressiovelvoite

Suljetun kierron laitteen etuna on myös se, että sen avulla voidaan vähentää pakollista dekompressiota verrattuna vastaavaan sukellukseen avoimen kierron laitteella. Paripulloja ja stagepulloja käyttävä sukeltaja voi suunnitella kaasun käytön niin, että pohjalla oltaessa on käytössä optimaalinen sekoitus eli mahdollisimman korkea happiprosentti, kun otetaan huomioon fysiologiset rajoitukset ( $PO_2 \leq 1,4$  ATA). Näin voidaan vähentää kehoon imeytyvän inertin kaasun määrää.

Sukeltajat valitsevat myös stagepullossa kuljetettavan dekompressiokaasun sen mukaan, että he pääsevät inertistä kaasusta mahdollisimman nopeasti eroon dekompression aikana. Kaikkien näiden kaasujen valinta on kuitenkin aina kompromissi. Pohjakaasu valitaan niin, että se on mahdollisimman rikasta. Siinä tulee kuitenkin olla jonkin verran virhemarginaalia siltä varalta, että sukellus on hieman odotettua syvempi.

Jos sukeltaja nousee suunnitellusta enimmäissyvyydestä, sekoitus ei ole enää optimaalinen. Samoin

dekompressioseos on tehokkain sekoitus vain sillä syvyydellä, jolla sukeltaja vaihtaa siihen. Ennen vaihtoa sukeltaja on ehkä voinut vaihtaa laimeampaan seokseen. Myöhemmillä pysähdyksillä on tarjolla aina rikkaampi seos, joka mahdollistaisi nopeamman kaasunpoiston.

Suljetun kierron laitteella vältetään nämä ongelmat säätämällä jatkuvasti hengitettävää kaasuseosta. Näin varmistetaan, että inerttiä kaasua hengitetään mahdollisimman vähän. Suljetun kierron laite (tai sukeltaja, jos kyseessä on käsikäyttöinen laite) lisää happea varmistaakseen, että inerttiä kaasua hengitetään mahdollisimman vähän.

Syvyydessä sukeltaja voi varmistaa, että suljetun kierron laitteen hengityskierto sisältää maksimaalisen määrän happea, kun otetaan huomioon fysiologiset rajoitukset. Tällöin inerttiä kaasua on vähimmäismäärä. Tämä vähentää imeytyvän kaasun määrää.

Kun sukeltaja nousee pintaa kohti ja tekee dekompressiopysähdyksen, hän voi varmistaa, että seos sisältää jälleen maksimimäärän happea. Tämä nopeuttaa kaasun poistumista ja vähentää tarvittavaa dekompressiota. Tällä tavalla suljetun kierron laite tarjoaa jatkuvasti parasta kaasua sille syvyydelle, jossa sukeltaja on.

Jos siirrämme tämän saman avoimen kierron laitteelle, olisi sukeltajan vaihdettava uuteen hengityskaasuseokseen joka metri nousun aikana, jotta hänellä olisi jatkuvasti käytössään parasta mahdollista dekompressiokaasua. Tästä syystä suljetun kierron laitetta kutsutaan joskus epävirallisesti parhaaksi sekoitusgeneraattoriksi.

Näemme nyt, että tekniikkasukeltajalle suljetun kierron laitteet tarjoavat useita merkittäviä etuja avoimen kierron laitteisiin verrattuna. **Osassa 2** perehdymme siihen, voisivatko virkistyssukeltajat päästä osaksi samoista eduista kuin heidän tekniikkasukelluskollegansa.



**AIKA UUSIA DANIN  
JÄSENYYS**

Tarkista ystävällisesti jäsenyytesi  
päättymispäivä DAN Europen jäsenkortista.  
Jos jäsenyytesi on jo päättynyt, uusi se  
tänään. Jäsenyytesi jatkuvuus on  
elintärkeää sukellusturvallisuutta  
tukevan työn kannalta.

**UUSI NYT**

---

## Tietoa artikkelin kirjoittajasta

Mark Powellilla ensimmäinen sukelluskokemus oli 10-vuotiaana, kun hän pääsi kokeilemaan sukeltamista paikallisessa uima-altaassa. Hän jäi saman tien koukkuun tähän lajiin. Hän oppi sukeltamaan vuonna 1987 ja on sukeltanut siitä lähtien. Markista tuli kouluttaja vuonna 1994, ja hän on sen jälkeen toiminut aktiivisesti kouluttajana. Vuonna 2002 Mark perusti Dive-Techin, joka on tekniikkasukeltamiseen keskittyvä koulutusyksikkö. Tavoitteena on ollut tarjota korkealaatuista tekniikkasukelluskoulutusta. Dive-Tech

tarjoaa koulutusta tekniikkasukelluksen parissa kaikilla tasoilla aina sukelluskouluttajien opettajiin asti (mukaan lukien CCR Advanced Mixed Gas Instructor Trainer -opettajat). Mark on TDI/SDI Instructor Trainer -opettaja ja TDI/SDI:n Global Training Advisor Panel -paneelin jäsen. Hän myös edustaa TDI/SDI:tä useissa kansainvälisissä standardeja laativissa ryhmissä. Hän kirjoittaa useisiin sukelluslehtiin säännöllisesti ja on laatinut teokset Deco for Divers ja Technical Diving: An Introduction. Samoin hän on vakituinen puhuja sukelluskonferensseissa ympäri maailmaa.

---

**Kääntäjä:** Marianna Rantanen