

BARLANGKLIMATOLÓGIAI ALAPISMERETEK (Dr. Nyerges Miklós)

Első hallásra bármilyen hihetetlenül is hangzik, de a barlangi túrázónak a barlangtudományok ezen a terén is elengedhetetlenül fontos a kellő jártassága. Idegen országok, a megszokottól eltérő égvő alatt fekvő barlangjaiban éppúgy póruljárhat a nem megfelelően felkészült expedíció, mint az, amelyik a megszokott helyen nem figyel fel egy-egy klímaösszetevő alapvető megváltozására (pl. a huzat leállítására egy ezáltal gyorsan levegőtlené váló barlangban).

A barlangkutatók számára is fontos ez az ismeret, hiszen a mért adatok, mint ahogy erre nem egy példa van, a további feltárások előrejelzésében nyújthatnak segítséget. Ez esetben a vizsgálati módszerek a többéves adatgyűjtésen kívül oly egyszerűek is lehetnek, mint pl. amikor télen a havas terepen keressük a "kigőzölgéseket", amelyek nagyobb és még ismeretlen barlangok felső járataiból (is) származhatnak.

A barlang klímájára döntő hatással van a bezáró kőzet hőmérséklete: a felszíni hőmérsékletingadozások a talajban, majd a kőzetben gyorsan csökkennek, de az ingadozás csökkenésével fáziskésés is megfigyelhető, tehát a felszíni változások a kőzetben sokkal kisebb mértékben és meghatározott késéssel jelentkeznek. Ahol az ingadozás az eredetinek 4%-a, ott fél év a késés, és 5-30 méteres mélységben az ingadozás már csak 0,01 °C. Ebből következik, hogy a barlangok szokásos mélységében gyakorlatilag nem ingadozik a kőzet hőmérséklete, hanem megegyezik a felszíni évi középhőmérséklettel. A barlangokban ennek ellenére mérhető - tapasztalható hőmérséklet-ingadozás, ami természetesen más okokra vezethető vissza.

A barlangi klíma elemei

A huzat

A levegő mozgásának meghatározó szerep jut a barlangklíma sajátos jellegének kialakításában, s talán a legfontosabb a feltáró kutatások szempontjából, hiszen mindenféle bonyolultabb ismeret nélkül már régen felismerték, hogy a huzat mutatja a legjobban a továbbjutás útját. Fontos tudni, hogy a barlangi légmozgás végzi el az emberi és állati szennyező anyagok elszállítását a barlangi levegőből, azaz többek között az általunk és a karbidlámpánk által termelt szén-dioxidét is. Egyes barlangok sajátos alakjuknál fogva rosszul szellőznek, s itt a behordott szerves anyagokból eredően komoly mértékű szén-dioxid feldúsulás is előfordulhat. A hazai barlangok közül a legismertebb példák az Alba Regia, a Lengyel-barlang és Cserszegtomaji-kútbarlang. Az 1-2 % feletti szén-dioxid-tartalom az arra érzékeny személyeknél már komoly fejfájást, rossz közérzetet okozhat. Ilyen helyeken a karbid lámpa semmiképpen nem mondható célszerű világító eszköznek, tekintve, hogy az emberénél sokszorosán nagyobb szén-dioxid-termelése mellett itt már gyakran elszök, nem könnyen gyűjthető meg. Ugyanakkor a karbidlámpa jellegzetes hangja, erősen kormozó lángja jelzi a magasabb szén-dioxid-koncentrációt azoknak, akik egyébként erre nem túl érzékenyek, és csak későn vennék észre a szén-dioxid feldúsulását. Hosszasabb egyhelyben tartózkodás mellett olyan rosszul szellőző járatokban is felgyűlhet széndioxid, amelyben eredetileg még nem volt (szűk kuszoda stb.).

A barlangi huzat alapvető oka a barlangi és a felszíni levegő hőmérséklet-különbsége. A melegebb levegő ritkább, a hidegebb sűrűbb, a légáramlást a kétféle levegő fajsúlykülönbsége okozza (kéményhatás). A barlangi levegő áramlásának iránya és sebessége elsősorban a felszíni hőmérséklettől függ, s azt az egyéb felszíni klímaparaméterek (légnyomás, szél stb.) csak kevésbé befolyásolják, inkább csak zavarják.

Mérésekkel igazolták azt is, hogy a barlangi huzat a hőmérsékletkülönbség növekedésével csak egy bizonyos határig fokozódik, ennek oka a súrlódási ellenállásban keresendő, ami a huzaterősséggel rohamosan nő. Ha a felszín és a barlang között kicsi a hőmérséklet-különbség, a barlangi huzat akár teljesen leállhat, ez az átmeneti időszak veszélyes is lehet a szén-dioxid feldúsulása miatt.

A nagyjából vízszintes, a hegytetőnél jóval lejjebb nyíló barlangbejárásokat a huzat szempontjából az alábbi típusokba oszthatjuk:

- a. normál (télen befelé húzó)
- b. inverz (nyáron befelé húzó)
- c. mellékbejárat (érdemi szellőzésben nem vesz részt)

Kellő hosszúságú barlang esetén az egymástól távol levő bejáratok egymásra semmilyen hatással nincsenek. Zsombolyok, felső bejáratok esetén alapvetően más lehet a helyzet, elsősorban télen, mikor is a hideg levegő egyszerűen csak "befolyik" a bejáratban gyakran eljegesedést okozva. Ezek a jégdugók sokszor nyáron sem olvadnak ki, gondos expedíciószervezőnek gondolni kell az ilyen természetű akadályok elhárítására is. Az alpesi barlangokban a bejárat közelében nem számíthatunk nyáron sem kényelmes alvóhelyre. A függőleges barlangbejáratok általában hidegebbek, mint a vízszintesek.

A barlangok hőmérséklete, a barlangok klímaszakaszai

A barlang levegőjének a hőmérséklete tehát a kőzet hőmérsékletétől, valamint az adott helyen uralkodó levegő- és vízforgalomtól függ. Ez utóbbi két tényező miatt tapasztalható ingadozás a barlangok levegőjének hőmérsékletében, a felszíni hőmérséklettől függően. A huzat jelentőségét bizonyítja az a tény, hogy mérések szerint a Béke-barlang levegőjének teljes mennyisége kicserélődhet egy nap alatt! Így a barlang léghőmérsékletének átlaga mindig valamivel a felszín évi átlaghőmérséklete alatt kell lennie, hiszen télen a behúzó légáramlás lehűti a barlangot, míg nyáron a repedéshálózaton keresztül közethőmérsékletű levegő érkezik a barlangba. Az ingadozások természetesen a barlang belsejében nem túl nagyok, eltekintve természetesen a bejárat zóna térségétől, és a kettő között kialakul az úgynevezett *hidegpont*, melynek hőmérséklete télen-nyáron alacsonyabb a barlangi hőmérsékletnél, mivel itt van az a pont, ahol a téli befelé húzó hideg levegő hűtő hatását a nyári kifelé húzó barlangi "meleg" nem tudja kompenzálni. Ettől eltérő képet mutathatnak azok a barlangok, amelyekben hévizek hatásával kell számolni (pl. Beremendikristálybarlang), valamint amelyekben jelentős hozamú vízfolyással kell számolni árvizek esetén, amely hóolvadáskor akár 3-4 Celsius fokkal is csökkentheti, míg nyári zápor esetén 2-3 Celsius fokkal emelheti a barlangi levegő hőmérsékletét.

A barlangok egyes részeit a klíma szerint az alábbi szakaszokra bontjuk:

1. Bejárat szakasz: ahol a napi hőmérséklet ingadozás meghaladhatja a napi 1 °C-ot. Ez három alszakaszra osztható:

- a) hűlési (télen melegedési) szakasz
- b) örvénylési szakasz
- c) melegedési (kiegyenlítődési) szakasz

2. Barlangi szakasz: ahol a hőmérséklet napi ingadozása kisebb 1 °C-nál.

A bejárat szakasz hossza erőteljesen függ a bejárat alakjától, elhelyezkedésétől, s a barlang méretétől. A bejárat szakasz hőmérsékletére döntő hatással lehet a huzattal kapcsolatban már említett hideg levegő "befolyás" amely az olyan helyeken, ahol az évi átlaghőmérséklet nulla fok alatt van (északi hegyoldalak), jégbarlangok kialakulását eredményezheti. Az évről évre felhalmozódó hó, jég nyáron is hűti a barlangot (jégverem hatás). A két szakasz között található a fentebb már említett hidegpont, amelynek alacsonyabb az átlaghőmérséklete mind a felszíni, mind a barlangi átlagnál.

Jégbarlangok, jeges barlangok

Jégbarlangoknak azokat a barlangokat nevezzük, amelyeknek (vagy egyes szakaszaiknak) hőmérséklete $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti, így a barlangban tartósan megmarad a jég. Ennek oka rendszerint az, hogy a bejárat körzetének évi középhőmérséklete fagypont alatti, lehet ez egy magashegyi barlang (pl. Eisriesenwelt - Ausztria), vagy egy északra nyíló völgy zsákszerű meredek barlangbejárata, ahova télen a hideg levegő könnyen befolyik, de nyáron huzat hiányában bentreked (pl. Dobsinai-jégbarlang, Szilicei jégbarlang - Szlovákia). A Dobsinai-jégbarlang jó példája az érzékeny klimatológiai egyensúlynak: mikor a jégbarlangot összekötötték a Stratenai-barlangrendszer járataival, a megváltozott huzatviszonyok miatt a hosszú idő alatt felhalmozódott jégtömeg olvadni kezdett, s mikor az átjárót ajtóval lezárva megszüntették a huzatot, a jelenség megszűnt, visszaálltak a jól ismert régi viszonyok. Hasonló okok miatt tömedékelték el a Szilicei-jegesbarlang továbbvezető járatait is a bejárat csarnok alján.

A barlangi levegő páratartalma

A barlangi levegő relatív páratartalma (a levegő víztartalma összehasonlítva az adott hőmérsékleten vízgőzzel telített levegőévei) általában 95-100% közötti, amely a bejáratától való távolság és a huzatviszonyoktól függően lehet csak kevesebb (normál csapadékviszonyok esetén). Ingadozásának mérését nagyban megnehezíti az a tény, hogy a használható mérőműszerek hibája nagyobb, mint a várható ingadozás, s bár sokan, sok ilyen adatot tesznek közzé, ezeket megfelelő kritikával kell kezelni. Sokak számára megtévesztő a relatív páratartalom magas értéke, a barlangi levegő abszolút páratartalma (egy liter levegőben levő vízpára mennyisége grammokban) jóval alacsonyabb pl. a nyári felszíni levegő abszolút páratartalmánál, így nem csoda, ha egy hosszabb barlangtúra után szomjasabbak vagyunk, mintha ugyanolyan teljesítményt követelő felszíni túrán vettünk volna részt. A víz nagy részét a kilélegzett levegővel veszítjük el.

A barlangi levegő összetétele

A barlangok levegőjének oxigén- és nitrogéntartalma általában megegyezik a felszíni levegőévei, az eltérés általában kis koncentrációban jelenlevő gázok esetében tapasztalható, melyek közül a legfontosabb a szén-dioxid. A barlangban található szén-dioxid eredetét tekintve elsősorban a talajban található mikrobák tevékenységének köszönhető. Az általuk termelt gázok a barlangi vizekkel a repedéshálózaton keresztül jutnak a barlangba, s közismerten jelentős szerepük van a karsztkorrózióban, valamint a cseppkőképződésben. Mennyisége nagyban függ a barlangi huzatviszonyoktól (ahogy ezt ott már megjegyeztük), s értéke normál esetben 0,1-1 % között ingadozhat. A hazai rekorder barlangokban (Lengyel-barlang, Alba Regia-barlang) azonban mértek már 5% körüli értékeket is.

Igen érdekes, bár csak elméleti jelentőségű a barlangi levegő radontartalmának (R_n) a felszínét meghaladó értéke, amely a kőzet kismennyiségű nehézfém tartalmának radioaktív bomlása során keletkezik, és a barlangi légtérbe jutva a normál felszíni értékeknél nagyobb 5-10-szeres aktivitást okozhat. Fontos azonban leszögezni, hogy ez semmilyen körülmények között nem okoz egészségkárosodást! Hazánkban több barlangban is folytatnak a barlangi levegő radontartalmának megállapítására folyamatos nyomdetektoros vizsgálatokat, melyek eszközei a külső tájékozatlan szemlélődő számára egyszerűségüknél fogva egy szimpla játékszernek, esetleg hulladéknak tűnnek. Ez tehát nem ottfelajtott szemét, és nem kell a barlangból kivinni!

NÉHÁNY SZÓ A BARLANGI KLÍMAKEZELÉSRŐL (Dr. Laczkovits Gabriella)

A különleges klímával rendelkező barlangok gyógyhatását a környező lakosság tapasztalati úton fedezte fel. Napjainkban lehetővé válik, hogy tudományos módszerekkel vizsgáljuk a barlangok mikroklímáját és ennek hatását az emberi szervezetre.

Az úgynevezett meleg barlangok (az átlaghőmérséklet 20 °C feletti) elsősorban mozgásszervi betegek, az úgynevezett hideg barlangok (átlaghőmérséklet 10-13 °C közötti) a légzőszervi betegek kezelésében játszanak szerepet.

A terápiás hasznosítású barlangok klímája stabil. Az átlaghőmérséklet 10-13 °C közötti, a relatív páratartalom 90-100 %. Az aeroszol a barlangot alkotó kőzetből kioldott sókat tartalmazó oldat. Ca²⁺, Mg²⁺, -HCO₃ és gazdag nyomelem-tartalma biztosítja kiváló váladékoldó hatását és hatékonyan segíti a légutak öntisztulását. A kedvező aeroszol cseppátmérő lehetővé teszi (0,5-1 mikrométer közötti), hogy az aeroszol eljuttasson a perifériás kishörgőkig. A barlangi mikroklíma a magashegyi klímához hasonlóan szennyeződés és allergénmentes. Tisztaságát folyamatos klimatológiai mérésekkel ellenőrizzük. (A levegő, csepegő víz fizikai és kémiai vizsgálata, mikrobiológiai ellenőrzés, radon 222 alfa sugárzás detektálás.)

A magas páratartalom miatt a légtérbe jutó légúti váladék kondenzációs magként viselkedve kicsapódik a barlang falára és a benne levő emberi kórokozó mesophyl baktériumok elpusztulnak, mert az alacsony hőmérsékleten nem tudnak szaporodni. Ezért alkalmasak a hideg barlangok a légúti betegek kezelésére, és ezért nincs itt úgynevezett nosokomiális fertőzés veszélye, vagyis a keresztfertőzés, keresztfertőzés lehetősége kizárható.

A krónikus légzőszervi megbetegedések egyre nagyobb problémát okoznak világszerte. A dohányzás mellett a környezet levegő szennyeződésének fokozódása felelős részben a számbeli növekedésért. A környezet levegőhygiénés viszonyai - a külső környezet; a munkahely, munkakörülmények, a lakás mint belső környezet - befolyásolja a légúti megbetegedések gyakoriságát és a tünetek súlyosságát. Kifejezetten érvényes ez a légúti nyálkahártya hiperreaktivitását fokozó anyagokra nézve, mint pl. a korom és a felületén adszorbeálódó kémiai anyagok, aromás szén-hidrogének; vagy az ásványi olajok magas fémtartalma miatt az ülepedő porba kerülő nehézfémek, pl. Vanádium. Az ezen anyagokkal szennyezett virágpor allergizáló hatása is fokozódik.

A krónikus bronchitis, emphyséma főleg az 50 év feletti korosztályt érinti, az asthma bronchiale miatt kezeltek számának emelkedése a fiatal korosztályban a legkifejezettebb.

A barlangi klímaterápia a barlangi levegő inhalációját jelenti. A kúraidő alatt a betegek légzőtornával sajátíthatják el a helyes, gazdaságos légzéstechnikát, amely segít a nehézlégzés mérséklésében, csökkenti a köhögési ingeret, megkönnyíti a váladékürítést, növeli a munkabíróképeséget. A kezelés nem gyógyszerigényes, sőt a sikeres kúra után a standard gyógyszereket is csökkenteni lehet. Antibiotikumot igen kivételes esetben kell alkalmazni, a gyógyszerérzékenység figyelembevételével, célzott kezelés formájában.

Hazánk tengerparttal nem rendelkezik, hegyvidéki szanatóriumi kezelési lehetőség is korlátozott, így meg kell becsülni a még tiszta levegővel rendelkező barlangjainkat, amelyben geológiai adottságunknál fogva rendkívül gazdagok vagyunk.