

Ácsolás Gyakorlat

-Kutatásvezetői tanfolyam 2013.-

Gerecse 2013. 08.31-09.01.

Kunisch Péter

Gyakorlatvezető, Polacsek Zsolt



fotók: Katzer István

Résztvevők: Polyák Ágnes, Katzer István, Pataki Róbert, Polyák Ádám, Pál Zsolt, Szilágyi Zsolt, Kunisch Péter

Szakmai kirándulásunkat a Tatabánya feletti Szelim barlangban kezdtük. Elmerengtünk a Gaál István vezetésével, mint megtudtuk nem túl nagy körületekintéssel feltárt, lelőhely leletanyagának fontosságán. Ringer Árpád szerint a legrégebbi Magyarországon előkerült barlangi lelet, mely emberi jelenlétre utal. Hátraballagtunk a „végponti” terembe és megcsodáltuk az azt lezáró masszívan összeállt omladékot. Az omladék mögött feltételezhető járat



elérésére több irányból is történtek próbálkozások. Sem a teremből, sem a Szelim-barlang felett található Ali- Baba barlangból, sem sikerült elérni a feltételezett járatot. Az Ali- Baba bg elhelyezkedése már csak azért is érdekes,



mert műszeresen kimérték egy üreg elhelyezkedését, két méterre északra, a kutatóakna bejáratától. Sajnos nem sikerült kitörniük a függőleges irányból, így nyolc méter után föladták a küzdelmet. A barlang lezárását jelentő kazánlemez, vízóraakna hangulatot kölcsönöz az objektumnak. Bár céljának tökéletesen

megfelel enyhén szólva is tájidegen. alkalmazni. Szűz jöhet még a fenyő,

Ezzel megérkeztünk hétvégénk egyik fontos kérdésköréhez a barlang lezárások témaköréhez. Az esztétikumot és a természet közelséget, -tájba illő megoldások-, szem előtt tartó kiépítések ellenpéldájaként megtekintettük a Lengyel-barlang Enver Hoxha bunkereit idéző kialakítását és a Vértess László-barlang betonszarkofágját. Tréfát félretéve, törekednünk kell arra, hogy biztonságos, időtálló, mentéstechnikailag is megfelelő bejáratokat alakítsunk ki, lehetőség szerint kerülve az előbb bemutatott példákat. Szenté I. munkásságában lehet felfedezni hasonlókat, lásd. Hármaskút. Természetesen a bejáratra ajtó kerül melynek lehetséges megoldásait átbeszéltük -lemezajtó, légóajtó, rács-. Az egyetlen, az ajtóval szemben támasztott rendeleti



kitétel, melynek eleget kell tenni az az ajtón elhelyezett denevér reptető nyílás megléte. Kérdésként merült fel, hogy vajon azokra a barlangokra, melyeknek nem volt természetes felszíni bejárata (ember által járható), azokra kell-e a denevérek szabad mozgását lehetővé tevő alkalmaság vagy sem? Az ajtó zárszerkezete legyen egyszerű és könnyen javítható.

A lezárások megtekintése, és a Gerecse barlangjainak kutatástörténeti áttekintése után áttettük székhelyünket az ácsolási gyakorlatunknak otthont adó Öreg Kovács Hegyre.



Megtekintettük az objektumot, amelyet Pola gyakorlatunk helyszínének szánt. 3-4m mélységű hangyaleső tölcser alján beton koszorú. Rövid fazonigazítással az ácsolat fogadására alkalmassá tettük. De ne szaladjunk ennyire előre!

Elsétáltunk az előző csoport által épített un. stomp ácsolathoz. A stomp ácsolat a helyszínen rendelkezésre álló faanyagból készült, ez esetben bükkből. A stomp ácsolat az akna mélyülésével, ha a helyzet megkívánja, könnyedén továbbépíthető lefelé. Milyen fából építsük ácsolatunkat? A bükk a



legalkatlanabb fa amiből ácsolat készíthető, célszerű akácot vagy tölgyet alkalmazni. Szóba jöhet még a fenyő, melynek gyantával átjárt szerkezete jobban ellenállóvá teszi a környezeti hatásokkal szemben. Fontos, hogy a beépítendő fát gáncsoljuk le és lehetőség szerint előkezelésnek vessük alá. A fa ácsolat, még ha a legnagyobb

odafigyeléssel készül is, mindössze 5-10 évre nyújt biztonságos védelmet. Ha ácsolunk azt célszerű úgy kivitelezni, hogy könnyen kiváltható legyen kútgyűrűvel vagy más falazóelemekkel, amennyiben folytatódik a kutatás.

A feszített programba két már-már idegenforgalmi jelentőségű barlang meglátogatása következett. A Kullancsos és a méltán világhírű Betyárkörte barlangokban, közvetlenül érzékelhettük a fa ácsolatokat pusztító gombák légút

tisztító hatását. Amúgy két kellemes és igen kecsegtető végpontú barlangban járhattunk.

Hangulatos este következett tücsökzenével.



Vasárnap reggel hatalmas lelkesedéssel vetettük bele magunkat a munkába. Mindenkinek akadt feladat a „vízszintes un. önhordó keretácsolat” elkészítésében. A 10x10-es gerendából készült keretet a felszínen összeállítottuk, majd a helyére engedték. Miután besakkoztuk a helyére oldalait bedeszkáztuk és elkezdtek a gödörből kitermelt kövek és föld visszatermelését. Az ácsolat mérete 200x80x80 cm.



Az ácsolás levezetése képen elzarándokoltunk a Bajóti Bűdös-lyukba, melyben egy egészen újszerű járatbiztosítási megoldást tekinthettünk meg. A barlang beomlott bejárati zónájába, az omladékot biztosítandó ún. út átereszcső került beépítésre. Teherbírása önmagában nincs körbe van zsaluzva és betonnal kiöntve.

Mérési Jegyzőkönyv

-A Pál-völgyi barlangban telelő denevérek számának változása, az adott időszak felszíni hőmérsékletének tükrében-

Készítette Kunisch Péter



Kutatásvezetői tanfolyam 2013-2014.

A vizsgálathoz felhasznált adatok forrása:

- Bekey Imre Gábor Barlangkutató csoport 1986-2011. évi jelentései
- Hydrosys Kft hőmérsékleti adatok

A vizsgálati jegyzőkönyv tárgya:

- A Pál-völgyi barlangban telelő denevérek számának változása, az adott időszak felszíni hőmérsékletének tükrében.

A jegyzőkönyv elkészültének időpontja: 2014. február 28.

A vizsgálat célja:

A Bekey csoport 1986-2011. évi jelentéseit és a Hydrosys Kft. -től kapott hőmérséklet adatokat felhasználva, arra a kérdésre kerestem a választ, hogy van-e összefüggés a tél erőssége -a lehűlés mértéke- és a barlangban telelő denevérek létszáma között. Az évről évre változó állományunkat befolyásolhatja-e a kinti hőmérséklet. A tél közeledtével elérkezik a hideg idő, beállnak a fagyok, a rovarok eltűnnek. A táplálékszegény időszakot a mérsékelt övi denevérek téli álomban, hibernációban vészelik át. Az ősz folyamán a denevérek meghíznak, zsírt halmoznak fel szervezetükben. A fagyok beállta előtt már fagymentes helyre húzódnak, ami a legtöbb faj esetében barlangok, elhagyott bányák, pincék, vagy akár faodvak, épületek zugai. Testük hőmérséklete a környezet hőmérsékleti szintjére csökken. Vannak fajok, amelyek elviselik a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, és $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékletet is. A leghőigényesebbek $8-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot igényelnek, erre a hőmérsékletre hűtik le a testüket, életműködésük lelassul, ledermednek.

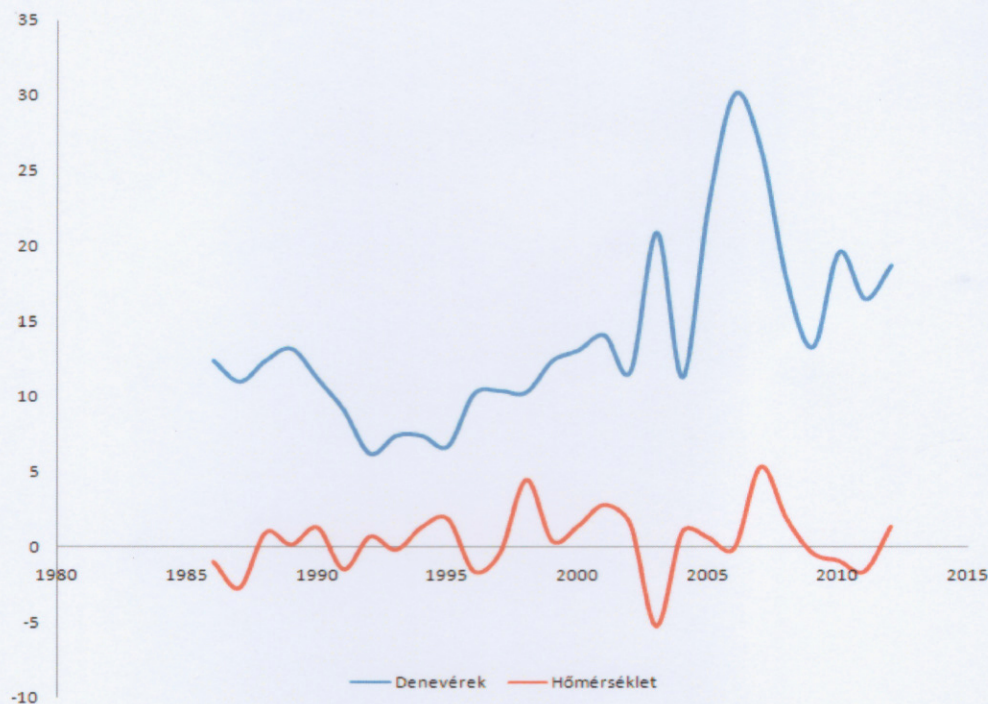
A kiértékelés menete:

A hőmérséklet adatoknál a téli hónapokat számoltam, mert ezekben a hónapokban húzódnak a védettebb területekre. Az adatok elemzésénél figyeltem, hogy a decembert egy évvel elcsúsztattam, hogy a megfelelő „télhez kerüljön”. A Bekey csoport megfigyelései szerint ezekben a hónapban tartózkodnak a denevérek téli szálláshelyükön, ami enyhébb tél esetén rövidülhet. Az összevetett adatok legszélsőségeit nézve a 2003 és a 2010 év volt, ahol a vizsgált időszak egyik leghidegebb telén egy nagyobb állományt sikerült számolni. Ezzel szemben az általam vizsgált átlag legmelegebb telén számolták a második legtöbb állatot a barlangban.

Év	Január	Február	Év	December	átl. tél	Össz. denevér
1986	-1,6	-4,5	1985	3,2	-0,97	124
1987	-5,9	-0,2	1986	-2	-2,70	110
1988	0,8	1,1	1987	1	0,97	124
1989	-1,8	2	1988	0,3	0,17	132
1990	-1,5	4,6	1989	0,8	1,30	112
1991	-0,2	-3,2	1990	-1	-1,47	91
1992	2	1,5	1991	-1,4	0,70	62
1993	1,5	-1,6	1992	-0,4	-0,17	74
1994	2,1	0,5	1993	1,4	1,33	74
1995	-0,6	5,8	1994	0,4	1,87	67
1996	-2,1	-2,7	1995	0	-1,60	102
1997	-2	2,5	1996	-1,6	-0,37	104
1998	4	7,2	1997	2,2	4,47	103
1999	0,9	1,7	1998	-1,3	0,43	124
2000	-1,5	3,7	1999	2	1,40	131
2001	1,3	4,1	2000	3	2,80	141
2002	1,4	6	2001	-2,8	1,53	117
2003	-3	-13	2002	0,3	-5,23	209
2004	-1,4	2,9	2003	1,6	1,03	113
2005	1,4	-1,2	2004	1,7	0,63	228
2006	-1,7	-0,1	2005	1,6	-0,07	301
2007	6,2	5,9	2006	3,8	5,30	264
2008	1,6	3,4	2007	0,6	1,87	176
2009	-1,9	-0,5	2008	1,2	-0,40	133
2010	-2,9	-0,1	2009	0,3	-0,90	196
2011	-0,9	-0,4	2010	-3,5	-1,60	165
2012	2,9	-0,9	2011	2,1	1,37	187

Átlag téli hőmérséklet, és a denevérek létszámának összehasonlítása

Ez utóbbi eredmény tökéletesen ellentmond feltételezésemnek, hogy a hidegebb teleken több denevér telel a barlangban, míg egy enyhébb télen kevesebb példány keresi fel téli pihenő gyanánt a területet. Választva inkább könnyebben megközelíthető, ám korántsem ilyen temperált kedvező hőmérsékletű telelő helyeket.



Átlag téli hőmérséklet, és a denevérek létszámának összehasonlítása

A diagramon, a könnyebb ábrázolhatóság kedvéért a számok tizedét íratam ki, de az arányok így is éppúgy látszanak. Az ábrán jól kirajzolódnak azok az évek is ahol egy enyhe hőmérséklet csökkenésnek, egy hasonló mértékű állománynövekedés lett a következménye. Az ellentmondásos évek mégis arra engednek következtetni, hogy a havi középhőmérséklet-adatok alapján a tél „keménységét” tekintve nem mutatható ki közvetlen kapcsolat a barlangban telelő denevérek létszám alakulásával.

Összefoglalás:

A Pál-völgyi barlangban telelő denevérs populációval kapcsolatban nem sikerült összefüggést megállapítanom a téli felszíni hőmérséklet és a barlangban telelő denevérek létszáma között. Természetesen ez lehet annak a következménye, hogy az igen hideg tél az utóbbi évtizedekben nem volt jellemző a Budai- hegyvidékre. Így a denevérek is „leszokhattak” a biztonságosabb barlangok használatáról.

Klímamérések jegyzőkönyv – Kunisch Péter

A Szemplő-hegyi-barlang Agyagos- és Gyöngyös-folyosó valamint liftakna mérése, vizsgálata

Dátum: 2013.05.15

Időpont: 16:30-tól 19:00-ig

Mérés- és gyakorlatvezető: Stieber József

Segítő: Horváth Katalin

Gyakornokok: Köblös Garriella, Polyág Ági, Kunisch Péter, Bai Tamás

1 A mérés célja

Hőmérséklet, páratartalom, légnyomás és szén-dioxid méréstechnikájának, a gyakrabban előforduló mérési hibák és alkalmazások megismerése. Légáramlás, légforgalom mérése, számítása, légáramlási modell felállítása. Új barlangszakaszok felderítése klímaparaméterek mérésével. Mérési jegyzőkönyv vezetése, hibás mérési eredmények felismerése, kiszűrése.

2 A mérésben használt eszközök

- Stieber-féle kalibrált etalon széndioxid és hőmérséklet mérő
- Levegő hőmérséklet mérők
- Beszűrő szondás hőmérséklet mérők
- Légáramlási sebesség mérő
- Kézi széndioxid mérők
- GFTB-100 műszer
- Kapacitív szenzoros páratartalom mérő
- Alvoterm (Asmann-féle aspirációs) pszichrometer

3 A mérések menete, elve

Minden barlangi mérés előtt érdemes lekérni a felszíni időjárási adatokat. A felszíni változások hatással vannak a barlangi levegő áramlására. Legtisztább, ha a barlangi mérés megkezdése előtt közvetlen megmérjük a felszíni adatokat is. A barlangi mérésekből bármiféle következtetést csak a felszíni adatok figyelembe vételével tudunk levonni.

4 Felszíni mérések

4.1 Felszíni mérések GFTB-100 műszerrel

Felszíni hőmérséklet	22.2-22.3	°C
Felszíni légköri nyomás	987.5	hPa
Relatív páratartalom	51.0-51.3	%
Harmatpont	11.6	°C
Hőmérséklet érzet (voblerszám, vb.)	16	°C
Nedvesség tartalom	8.6	g/kg
	10.4	g/m ³
Szélesebesség (enyhe szeles idő)	0.32-0.96	m/s
Felszíni széndioxid tartalom	380-386	ppm

5 Mérőműszerek kalibrálása

A mérés előtt minden esetben kalibrálni kell a műszereket egy etalon műszerhez. Az etalon műszer pontossága jó, ha egy nagyságrenddel nagyobb. A mérések végzéséhez tiszta barlangi öltözet szükséges, mert a mozgás közbeni porszenyezés meghamisítja a mérési eredményeket. A műszereket érdemes a helyszín közelében barlangi körülmények között kalibrálni.

5.1 Léghőmérő kalibrálás

Egy pontra állítjuk az etalon műszert a többi műszerrel és hagyunk mérni őket, amíg be nem állnak és át nem veszik a környezeti hatásokat. Ez hosszabb időt is igénybe vehet. Érdemes egy egyenletes feláramlásba helyezni őket. A mérések során sokat segíthet, ha a hőmérőket egy vízzel teli palackba rakjuk folyadékhőmérővel. Ez a megoldás rendkívül jól kiszűri a zavaró hatásokat.

5.1.1 Léghőmérők kalibrálása

műszernév	1.mérés	2.mérés	mértékegység
TE	13.1	13.0	°C
T2	13.2	12.8	°C
T3	13.6	13.0	°C

A léghőmérőket elhelyeztük egy egyenletes légfeláramlásba, s megvártuk, amíg beállnak egy saját értékre. Látszik, hogy az első mérésnél még nem érték el a műszerek a beállás állapotát. A második mérés leolvasást ~20 perccel később olvastuk le. A hőmérsékleti etalon pontossága: $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

5.1.2 Beszűrő-szondás hőmérők kalibrálása

műszernév	mérés	mértékegység	megjegyzés
Tsz	12.4	°C	K hőelem Ni-Cr-Ni
Tk1	11.7	°C	K hőelem Ni-Cr-Ni
Tk2	11.5	°C	K hőelem Ni-Cr-Ni
TE	13.4	°C	PT1000, platina érzékelő

Itt egy nagyságrenddel pontosabb platina mérőszondás műszerhez kalibráltuk a többi műszert. A K típusú hőelemmel ellátott műszerek érzékenyek a mérőszondák kontaktusaira, így rázkódástól, páratól, szennyeződéstől elállítható az értékük. A kalibrálást a folyosón egy állandó kis tavacska merített szondákkal végeztük.

5.1.3 Egyéb hőmérők

Infra hőmérőt nem használunk barlangban, mivel sok tényezőt nem ismerünk. A fal nem homogén és egyenletes, a széndioxid elnyeli a visszaverődés egy részét (mérőküvetta).

5.2 Széndioxid mérő kalibrálás

A széndioxid mérő műszerek két mérőkamrával rendelkeznek, és az infravörös fény széndioxidban való elnyelődését mérik. A referencia cső öregedése miatt a műszerek kalibrálása időszakosan vagy a mérések előtt szükséges. A mérési elv összehasonlító mérés a mérőkamra és a referencia kamra széndioxid tartalma között.

műszernév	1.mérés	2.mérés	3.mérés	átlag	eltérés	mértékegység
CO1	2612	2631	2627	2623	-407	ppm
CO2	2030	2018	2031	2026	-1004	ppm
COE	3060	3000	3030	3030	0	ppm

A mérőszondákat egy egyenletes feláramlásba helyeztük el, és 1 perces különbségekkel leolvastuk a műszereket. A széndioxid etalon műszer pontossága: ± 30 ppm.

5.3 Légnyomásmérő kalibrálás

PE	987.5	hPa
P1	987.3	hPa

Az abszolút nyomás etalon műszer pontossága: $\pm 0,2$ hPa.

6 Barlangi mérések

A méréseket a Szemlő-hegyi-barlang Agyagos-folyosójában végeztük, valamint a liftaknában. (1. ábra, Szemlő-hegyi-barlang Agyagos-folyosó)

6.1 Barlangi mérések GFTB-100 műszerrel

Először elvégeztük néhány mérést ugyanazon műszerrel, mint a felszínen tettük. A levegő áramlási sebességét, valamint a széndioxid tartalmat csak más műszerekkel tudtuk vizsgálni. Ez a műszer értékelhetetlen eredményt adott. Továbbá a relatív páratartalom mérése is kérdéses volt, mivel a barlangi relatív páratartalmat hagyományos kapacitív érzékelővel nem lehet megmérni, mert 95-100% között már értékelhetetlen, mindig 100% értéket fog adni.

Légnyomás	987.4	hPa
Hőmérséklet	13.3	°C
Relatív páratartalom	100	%
Harmatpont	13.3	°C
Vb	13.3	°C
Nedvesség tartalom	9.8	g/kg
	11.9	g/m ³

A kapacitív érzékelős páramérő pontossága: $\pm 3\%$. Ebből is látszik, hogy alkalmatlan barlangi mérésekre.

6.2 Széndioxid mérése

A méréshez az etalon műszert, valamint a hozzájuk kalibrált két kézi műszert használtuk. A hordozható mérőkészülékeknél oda kell figyelni arra, hogy a lélegzetünkkel ne befolyásoljuk a méréseket, tehát lehetőleg ne a műszer érzékelőjére fújjuk ki a levegőt. A mért értékeket ppm-

ben írta ki az összes műszer. A ppm a 100% egymilliomod része, vagyis 1% megfelel 10000ppm-nek, 3000ppm 0.3% széndioxid tartalmat jelent.

5.2.1 Lífakna széndioxid mérése

mérőpont/ műszernév	mért	számolt	magasság	hőmérséklet	megjegyzés
M12/COE	3310ppm	2850ppm	37.5m	13.5°C	
M13/COE	3310ppm	2850ppm	15m	13.6°C	Lífakna kövénél járt
M14/COE	3280ppm	2820ppm	9.5m	13.5°C	becsatlakozás
M15/COE	3310ppm	2850ppm			Lífakna mélyén mérhető

Megállapítás: Mivel a lífakna tetején járva, ezért nem érvényesül felső bejáratként. Ugyanaz a levegő mérhető itt, mint

5.2.2 Pontatlan egyéb mérések

Handy-monitor (kísérleti) mérés: 3000ppm-nél
Szivattyú nélküli helyeken: 3000ppm-nél

Each measurement was taken at a different place, with a different device. The measurements were taken at different places, with a different device. The measurements were taken at different places, with a different device.

Légáram: $v=0.03 \text{ m/s}$

A hazai etalon műszer pontossága

1. ábra, Szemlő-hegyi-barlang Agyagos-folyosó

mérőpont/ műszernév	mért	számolt	mértékegység	megjegyzés
M1/COE	3490	3030	ppm	A szivattyú miatt +460ppm eltérés a mért értékben, nyomáskülönbség miatt Gyöngyös-folyosó bejárata
M2/CO1	2793	3200	ppm	
M3/CO1	2814	3221	ppm	
M4/CO1	2726	3133	ppm	
M5/CO1	2806	3213	ppm	
M6/CO1	2863	3270	ppm	2 ember 2 perccel a mérés előtt járt itt
M7/CO1	2740	3147	ppm	hátsó közép
M8/CO1	2800	3207	ppm	padló alatti kis patakmederben
M9/CO1	2716	3123	ppm	patakmederben bent
M10/CO1	2880	3287	ppm	hátsó
M11/CO1	2840	3247	ppm	hátsó kürtőben 3 méter magasan

A mért értékeket a kalibráció során megállapított eltérésekkel korrigáljuk. Az etalon műszer esetében bizonyos méréseket egy 40m-es csövön keresztül felszippantott levegőből mértük. Itt a cső miatt keletkező nyomáskülönbség eltérést okoz a mérésben, ami egy korábbi kalibráció mérés alapján 460ppm eltérést jelent, ennyivel fog többet mutatni a műszer.

6.2.1 Liftakna széndioxid mérése

mérőpont/ műszernév	mért	számolt	magasság	hőmérséklet	megjegyzés
M12/COE	3310ppm	2850ppm	32.5m	13.5°C	Liftakna teteje
M13/COE	3310ppm	2850ppm	15m	13.6°C	Liftakna közepe, ahol a járat becsatlakozik
M14/COE	3280ppm	2820ppm	0.5m	13.6°C	Liftakna alja
M15/COE	3310ppm	2850ppm			A főágban mérhető

Megállapítás: Mivel a liftakna teteje le van zárva, ezért nem érvényesül felső bejáratként. Ugyanaz a levegő mérhető itt, mint a főágban.

6.2.2 Pontatlan egyéb műszerek

Handy-monitor (kalibrált) 0.4% (térfogat %) (4000ppm)

Szivattyú nélküli kéményes kivitel 3000ppm-nél kiakadt.

Ezek a műszerek barlangi körülmények között alkalmatlanok mérések végzésére.

6.3 Légáramlás mérése

Mérőperemet használunk, amivel lefedjük a nyílásokat, s egy adott helyen tudunk vele mérni adott keresztmetszeten. A ponyva közepén egy $A=0.01 \text{ m}^2$ keresztmetszetű lyuk. A mérést hődrótos anemométerrel mértük.

Légáram: $v=0.03 \text{ m/s}$

A huzat etalon műszer pontossága: $\pm 0.03 \text{ m/s}$.

$$Q_n = v * A * 3600$$

Q_n - gáz térfogatáram normál állapotban (1,01325 bar nyomáson és 15°C hőmérsékleten) m^3/h , normalizált érték Nm^3/h , így a kapott légáramlási érték $Q_n=1,08 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Nagyobb légáramlások esetén szükség lehet korrekciós mérésekre is. A kapott légáramlási értéket a légsűrűséggel szorozva kg/h -ban kapjuk a korrigált eredményt.

$$\rho = \rho_0 * \frac{p}{p_0} * \frac{T_0}{T}$$

$$Q = Q_n * \rho$$

ahol $P_0 = 1,0133 \text{ bar}$ (fizikai normál nyomás), $T_0 = 273,16 \text{ fizikai normál hőmérséklet}$, $\rho_0 = 1,293 \text{ kg/nm}^3$ (a levegő normál sűrűsége).

6.4 100% körüli relatív páratartalom meghatározása száraz-nedves hőmérőpárral

Kapacitív páratartalom mérőket legfeljebb 95% relatív páratartalomig tudunk használni. A barlangban ennél magasabb szokott lenni az érték. Így ezek a műszerek nem használhatók. A barlangi szakaszokban ezért kizárólag száraz-nedves szellőztetett hőmérőpárokkal tudunk mérni (Asmann-féle aspirációs pszichrométer, Alvoterm). Megmérjük a száraz és a nedves léghőmérsékleti adatokat, és a Mollier-féle diagram segítségével meg tudjuk határozni a páratartalmat.

Száraz	12.5	°C
Nedves	12.2	°C

A Mollier-diagram alapján 97% relatív páratartalom adódik.

7 A nedves levegő tulajdonságai

A nedves levegőt kétkomponensű ideális gázelegynek tekintjük: Vízgőz $M_g = 0,01801534$ kg/mol és levegő $M_l = 0,028965838$ kg/mol. Az abszolút nedvességtartalom megadja, hogy hány kg vízgőz van egy kilogramm levegőben:

$$y = \frac{m_g}{m_l}$$

vagyis, a vízgőz tömege, ill. a levegő tömegének hányadosa.

A nedves levegő relatív páratartalma,

$$\varphi = \frac{y_g}{y_{tg}}$$

a pillanatnyi abszolút nedvességtartalom, y_g és az adott hőmérséklethez tartozó telítési nedvességtartalom, y_{tg} hányadosa, megadja, hányszor kevesebb vízgőz van a levegőben a telítési vízgőztartalomhoz képest.

A vízgőz parciális nyomása:

$$p_g = \frac{y_g}{y_g + \frac{M_g}{M_l}} * p_0$$

ahol $p_0 = 10^5$ Pa, a légnyomás.

A vízgőzzel telített levegőben a vízgőz telítési gőz nyomása, p_{gt} és az abszolút hőmérséklet között a következő összefüggés áll fenn:

$$\log p_{gt} = -\frac{A}{T} + B$$

Az A és a B konstansok értéke függ a hőmérséklettől, általában táblázatos formában adják meg (a Clausius-Clapeyron egyenlet egyik formája).

A nedves levegő fajlagos entalpiája:

$$h = c_l t + c_g y_g t + r y_g$$

ahol $c_l=1,005$ kJ/kgK a levegő fajlagos hőkapacitása, $c_g=1,65$ kJ/kgK a vízgőz fajlagos hőkapacitása, $r=2500,38$ kJ/kg a vízgőz párolgáshője és t °C-ban mért hőmérséklet.

A nedves levegő állapotjellemzőit egyetlen grafikonra Mollier szerkesztette össze. A Mollier-f. diagramon a vízszintes tengelyre az abszolút nedvességet mérték fel, a függőleges tengelyre a fajlagos entalpiát. Az állandó entalpia értékeket a ferde vonalak mutatják. A közel vízszintes vonalak az állandó hőmérsékletű egyenesek (izotermák, piros vonalak), amelyek megtörnek a $\varphi=1$ -nek megfelelő telítési görbénél. A logaritmikus görbék a különböző relatív nedvességtartalomhoz tartozó görbék: $\varphi=0.05-1$ (kék színű vonalak). A mellékelt diagramon (2. ábra Mollier-féle diagram) az adatok a 10^5 Pa légnyomás esetén érvényesek.

A nedves levegő nedvességtartalmát mérhetjük Assmann-féle pszichrométerrel. Ez két hőmérőt tartalmaz. Az egyik hőmérő körül az adott légnedvességű levegőt áramoltatják egy kis pumpa segítségével. A másik hőmérőt egy nedves textildarabbal takarják be. Az áramlás hatására a párolgó víz miatt a hőmérő körül vízgőzzel telített lesz a levegő, és a párolgás miatt le is hűl a nedves hőmérő közelében a levegő. Ez a folyamat egy adiabatikus nedvesítés. Ezért a száraz és a nedves hőmérővel mért hőmérsékletű két levegőnek az entalpiája azonos: $h_{sz}=h_n$

$$c_l t_{sz} + y_g (c_g t_{sz} + r) = c_l t_n + y_{gn} (c_g t_n + r)$$

Az aktuális légállapot a száraz hőmérséklethez és a nedves hőmérséklethez tartozó izotermák metszéspontjában van. A metszéspont függőleges levetítésével a vízszintes tengelyen megkapjuk a levegő abszolút nedvességtartalmát. A diagramról leolvasható a parciális nyomás, a fajlagos entalpia értéke, a relatív nedvességtartalom és a fajlagos térfogat (a sűrűség reciproka), valamint a harmatpont. A harmatpont az abszolút nedvességhez tartozó függőleges vonal és a $\varphi=1$ telítési nedvességtartalom görbe metszéspontjához tartozó hőmérséklet. Adott légállapotú nedves levegőnél a harmatpont az a hőmérséklet, amelyre a levegőt lehűtve elkezd kicsapódni a vízgőz, azaz az a hőmérséklet, amelynél a levegő telítetté válik vízgőzzel.

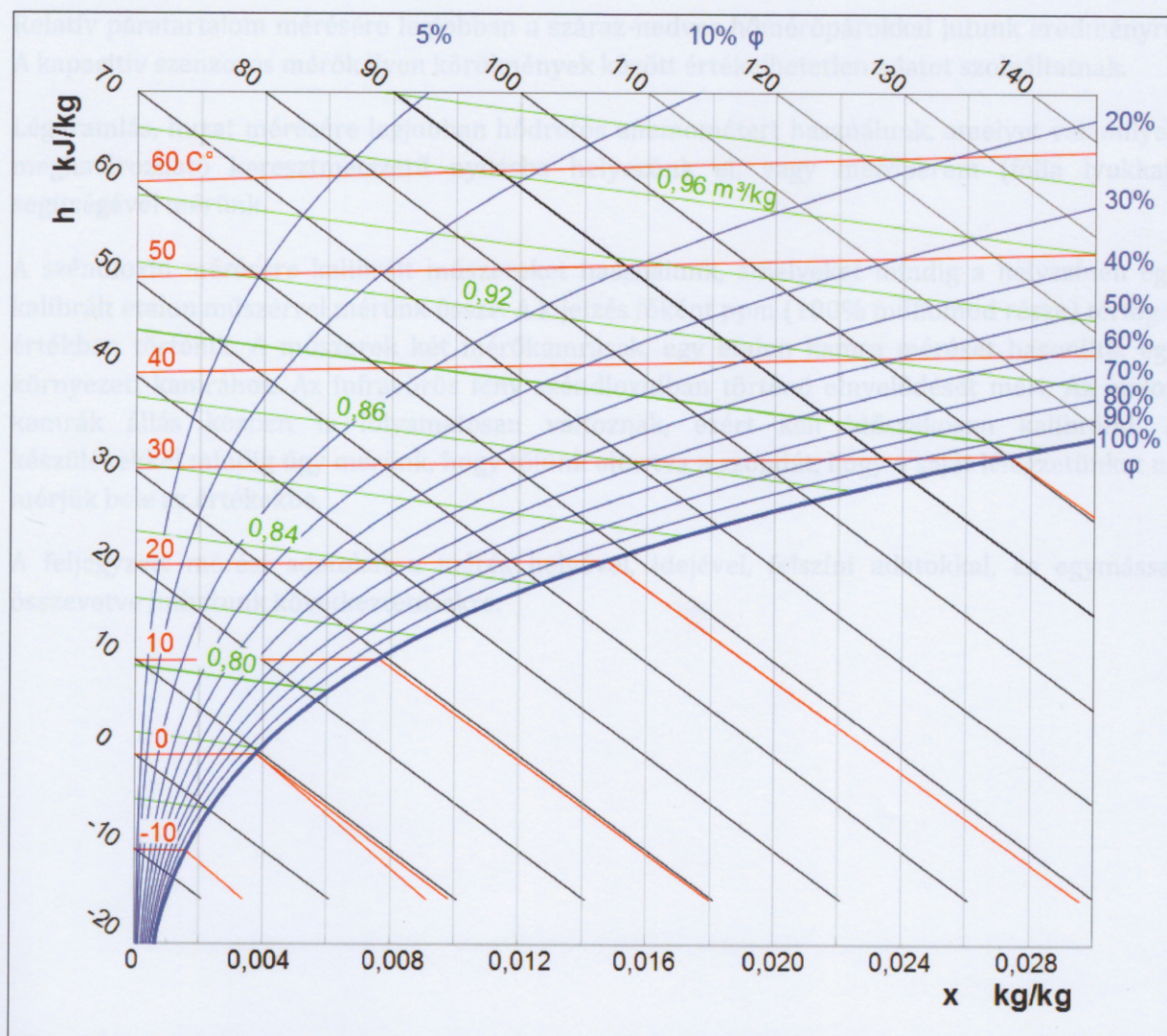
8 Rövid szöveges értékelés, személyes tapasztalatok

Összefoglalása

A mérőműszereket a mérések előtt kalibrálni kell etalon műszerekhez. Az etalon műszerek időszakszerűen átvesznek kalibrációt, mivel elállítódnak. Érdemes a barlangi mérések esetében a helyszínen elvégezni a kalibrációt, miután a műszerek felvették az ottani barlangi klíma (hőmérséklet, páratartalom) jellemzőit. A barlangi méréseket a feladati időjárás adatok lekérése, mérése előzi meg minden esetben.

A légköri nyomás mérésére megfelelnek azok a műszerek, amelyekkel a felszínen is mérünk.

Hőmérséklet mérésére minden esetben ± 0.1 °C pontosságot tartalmazó műszereket alkalmazunk legálább, mert ezekkel állapítható meg a barlangi hőmérséklet repiditív kicsi eltéréssel, hiszen közel állandó. Infra hőmérők nem alkalmazhatók, repiditív pontatlanok ilyen körülmények között (egyenetien fal, inhomogén felülettel, CO2, pára, por). Lég hőmérőket, vagy beszűrő hőmérőket (leginkább pt100-1000 platina szenzor) alkalmazunk.



2. ábra Mollier-féle diagram

8 Rövid szöveges értékelés, személyes tapasztalatok összefoglalása

A mérőműszereket a mérések előtt kalibrálni kell etalon műszerekhez. Az etalon műszerek időszakosan átesnek kalibráción, mivel elállítódnak. Érdekes a barlangi mérések esetében a helyszínen elvégezni a kalibrációt, miután a műszerek felvették az ottani barlangi klíma (hőmérséklet, páratartalom) jellemzőit. A barlangi méréseket a felszíni időjárási adatok lekérése, mérése előzi meg minden esetben.

A légköri nyomás mérésére megfelelnek azok a műszerek, amelyekkel a felszínen is mérünk.

Hőmérséklet mérésére minden esetben ± 0.1 °C pontosságú műszereket alkalmazunk legalább, mert ezekkel állapíthatóak csak meg a barlangi hőmérséklet rendkívül kicsi eltérései, hiszen közel állandó. Infra hőmérők nem alkalmazhatóak, rendkívül pontatlanok ilyen körülmények között (egyenetlen fal, inhomogén falösszetétel, CO₂, pára, por). Léghőmérőket, vagy beszűrő hőmérőket (leginkább pt100-1000 platina szenzor) alkalmazunk.

Relatív páratartalom mérésére legjobban a száraz-nedves hőmérőpárokkal jutunk eredményre. A kapacitív szenzoros mérők ilyen körülmények között értékelhetetlen adatot szolgáltatnak.

Légáramlás, huzat mérésére legjobban hődrótos anemométert használunk, amelyet valamilyen meghatározható keresztmetszetű nyílásba helyezünk el, vagy mérőperem (fólia lyukkal) segítségével mérünk.

A széndioxid mérésére kalibrált műszereket használunk, amelyeket mindig a helyszínen egy kalibrált etalon műszerrel mérünk össze. A kijelzés főként ppm (100% milliomod része) térfogat értékben történik. A műszerek két mérőkamrásak, egy etalon kamra mérését hasonlítja egy környezeti kamrához. Az infravörös fény széndioxidban történő elnyelődését méri. Az etalon kamrák állás közben is folyamatosan változnak, ezért kell időszakosan kalibrálni. A készülékekkel mindig úgy mérünk, hogy tőlünk eltartva a szondát, hogy a saját lélegzetünket ne mérjük bele az értékekbe.

A feljegyzett mérési adatokat a mérés helyével, idejével, felszíni adatokkal, és egymással összevetve juthatunk következtetésekre.