

## Barometrikus magasságformula kimérése

### Feladat

Precíziós kézi barométerrel jól demonstrálható a légnyomás magasságfüggése. Már 2 méter szintkülönbség is ad effektust (kb. 0,1 hPa), néhány emeletnyi liftezés során az effektus jól követhető. A barometrikus magasságformula kiméréséhez magashegyi utazás szükséges. Ez utóbbi esetben a magasságot GPS-szel lehet folyamatosan mérni.

### Elméleti háttér és kiértékelés

A légnyomás nagyságát Torricelli állapította meg (1644), Pascal 1647-ben barométerrel kimutatta a légnyomás magassággal való csökkenését a Puy de Dôme hegyen tett méréssel. A barométert 1705 óta használhatják magasságmérésre, miután Halley levezette a barometrikus magasságmérés képletét.

Légnyomás a tengerszinten ( $h_0$ ) átlagosan 1013 hPa. Értéke ugyanazon a helyen is változik az időjárás függvényében. A légnyomás a magassággal csökken. Nem túl nagy magasságkülönbségeknél a levegő sűrűsége nem nagyon változik, és alkalmazható a

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

formula. A levegő sűrűsége 0 °C-on és 1 bar nyomáson 1,293 kg/m<sup>3</sup>. Így a nyomáscsökkenés méterenként kb. 0,10 hPa.

Ha a sűrűségváltozás nem elhanyagolható, a levegő nyomását a magasság függvényében az ún. barometrikus magasságformula adja meg azonos hőmérsékletű légoszlopot feltételezve (izoterm atmoszféra):

$$p = p_0 \exp \left( - \frac{\rho_0 g}{p_0} h \right)$$

ahol  $p_0$  a légnyomás,  $\rho_0$  a levegő sűrűsége a tengerszinten),  $g$  a gravitációs gyorsulás. Bármilyen más pontban

$$\frac{\rho}{p} = \frac{\rho_0}{p_0}$$

Az összefüggés

$$p = p_0 \exp \left( - \frac{Mg}{RT} h \right)$$

alakban is felírható, ahol  $M$  a levegő átlagos moláris tömege (28,9 g/mol). A formula csak akkor érvényes, ha a levegő hőmérséklete a magasság függvényében nem változik. Egyébként az ún. adiabatikus közelítést lehet alkalmazni. A Föld légkörének hőmérséklete  $h = 11$  km magasságig átlagosan 6,5 °C/km mértékben csökken. Ennek figyelembe vételével a légnyomás magasságfüggésére, ill. a barométerrel történő magasságméréshez empirikus összefüggéseket használnak. Erre itt nem térünk ki. Érdeemes megjegyezni, hogy a kémények huzatát is a barometrikus magasságformula alapján lehet megmagyarázni.

A légkörre vonatkozó tájékoztató adatok

$h/m$	$p/hPa$	$T/K$
0	1013	288,0
1000	899	281,5
2000	795	275,0
3000	701	268,5
4000	616	262,0

### Mérési feladatok

A tanulmányút lehetőségei szerint elvégezhetjük a következő méréseket.

## 1. A légnyomásváltozás kisebb magasságkülönbségek esetén

Mérjük meg a légnyomást egy magasabb épület különböző szintjein. A magasságokat vagy az épületre vonatkozó ismert adatokból vagy lézeres – esetleg mérőszalaggal történő – magasságméréssel állapítsuk meg. Az adatokat gyűjtsük táblázatba,

$h/m$	$p/hPa$	$T/^{\circ}C$

## 2. Barometrikus magasságformula kimérése nagyobb magasságkülönbségeknél

Mérjük meg több (min. 10) különböző tengerszint feletti magasságban

- a tengerszint feletti magasságot GPS-szel
- a légnyomást Lufft C300 barométerrel és/vagy Greisinger GPB 3300 barométerrel
- a levegő hőmérsékletét pl. digitális (Pt-ellenállás) hőmérővel (Greisinger GTH 175/Pt) 0,1 °C pontossággal.

Az adatokat gyűjtsük táblázatba

$h/m$	$p/hPa$	$T/^{\circ}C$

A méréssorozatot viszonylag rövid időn belül végezzük el, amiről feltételezhető, hogy a légnyomás (és annak eloszlása) ez alatt nem sokat változik.

### Kiértékelés

A kiértékelést valamely, rendelkezésünkre álló számítógépes programmal (pl. az ORIGIN 3.5 verziója) végezzük.

#### 1. mérés

Az összegyűjtött adatokból szerkesszük meg (ábrázoljuk) a  $p - h$  függvényt, és illesszünk rá egyenest.

#### 2. mérés

Az összegyűjtött adatokból szerkesszük meg (ábrázoljuk) a  $p - h$  függvényt, és illesszünk rá  $A1 \cdot \exp(-(x)/t1)$  alakú függvényt. Az iteráció eredményeként megkapjuk a légnyomás értékét a tengerszinten ( $A1$ ). A grafikont lássuk el megfelelő tengelyfeliratokkal. ORIGIN 3.5 használata esetén a lépések:

Plot / scatter /

Fit / select fitting function / exp decay /  $A1 \cdot \exp(-(x-x0)/t1)$

Fit /start fitting session / $A1=1000, t1=10000$

Fitting 1 vagy 2 többször, amíg állandó nem lesz

Tengelyfeliratok, vonalvastagság beállítása

### Az elektronikus barométerek működése

Az eszköz működése azon a jelenségen alapszik, hogy a szilárd testek (kristályok) ellenállása mechanikai feszültség hatására megváltozik (piezoellenállási effektus). A jelenséget Lord Kelvin fedezte fel fémeknél (1856). A félvezetők (szilícium, germánium) piezoellenállási effektusa a fémekéhez képest sokkal nagyobb. Ezt 1954-ben ismerték fel (Smith). A barométerben egy megfelelően kialakított, szilícium félvezető integrált áramkörti elem van. Ez egy membrán, amely deformálódik (meghajlik), ha nyomáskülönbség van a lemez két oldalán. A deformáció következménye a lemez elektromos ellenállásának megváltozása. A műszer ezt az ellenállást méri. A lemez egyik oldalán a nyomás állandó, a másik oldalán a mindenkori légnyomás uralkodik. A műszer közvetlenül a légnyomást jelzi ki.

A Lufft C300 barométer adatai: 750...1100 hPa tartomány 0,1 hPa felbontás

A Greisinger GPB 3300 barométer adatai: 300...1100 hPa tartomány 1 hPa felbontás