

FELHŐK HÁTÁN

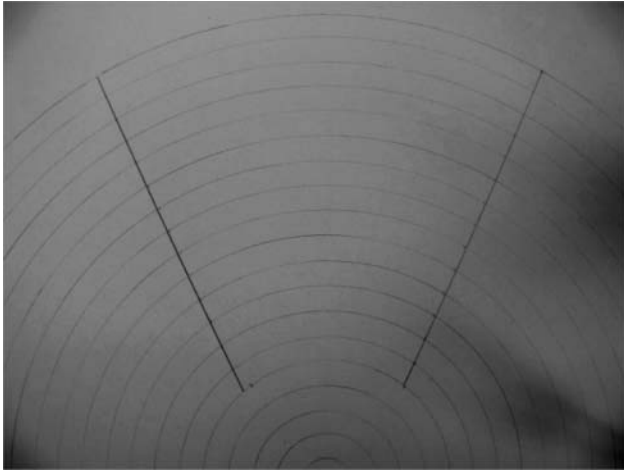
Néhány természeti jelenség lefolyásának időtartama túlságosan hosszú, ezek vizsgálatához szükség van úgynevezett time lapse rendszerrel rendelkező szoftverre, illetve megfelelő felbontású kamerára is. A felhők vonulása, a Hold, a Nap látszólagos mozgásai, a növények növekedése, az esőcseppek párolgása, a jég olvadása... stb. olyan lassan mennek végbe, hogy érdekesebb normál film valós idejű 30 kép/s rögzítése helyett olyan filmeket készíteni, amiben percenként, esetleg óránként exponálódik egy-egy képkocka. Ilyen film normál sebességű lejátszása esetén gyorsítva láthatjuk a vizsgált jelenségeket. Ezekkel a felvételekkel lényegesen könnyebben készíthetünk elemzéseket különböző analízáló szoftverek segítségével.

Stonawski Tamás
Báthori István Református Gimnázium
és Kollégium, Nagyecsed

Felhők sebességének mérése

A légkör különböző magasságaiban lebegő apró vízcseppek vagy jégkristályok halmazait nevezzük felhőnek. A meteorológia 10 fő-felhőfajt különböztet meg. A felhők osztályozásánál a következő szempontokat veszik figyelembe: a felhő magassága, mérete, alakja, textúrája, fényereje és színe. A felhők tulajdonságait az őket létrehozó különböző fizikai folyamatok határozzák meg, amelyekkel a környezeti áramlások fizikája foglalkozik.

Elhatároztuk tanítványaimmal, hogy szakköri munka keretén belül, webkamera segítségével megmérjük a felhők sebességét.



1. ábra. A4-es papírlapra rajzolt koncentrikus körvonalakon bejelölt látóhatárpontok.

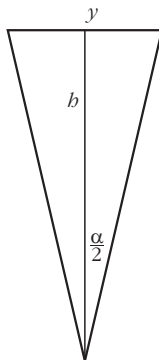
A felhők szélességét nem ismertük, ezért két adatra szükségünk volt: a felhő légköri magasságára és a webkamerára jellemző α látószögre.

A webkamerára jellemző α szög meghatározása

A webkamera, hasonlóan az emberi szemhez, a körülötte lévő tér egy részét képes csak érzékelni. A kamera által látható síkrész szélességét a látószög határozza meg, ami a kamerára jellemző állandó. Sok esetben a gyártó a kamera leírásában fel is tünteti ezt az értéket. Ha ez az adat mégsem áll rendelkezésünkre, akkor geometriai módszerekkel könnyen meghatározhatjuk. Rajzoljunk egy A4-es lapra koncentrikus köríveket, majd helyezzük a kamerát a középpontba! Állítsuk elő ezután a számítógépen létrejövő képet! A koncentrikus vonalakon haladva keressük meg a ceruzánk hegyével azokat a helyeket, ahol éppen a képernyő szélén látszik a ceruzahegy! A pontokat összekötve két metsző egyenest kapunk. A két metsző egyenes által bezárt α szög a kamera látószöge (1. ábra).

Az α látószög ismeretében a kamera által készített képen meghatározhatjuk a b magasságban lévő tárgy valódi y szélességét.

$$y = 2 b \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (1)$$



A kamera látószögének ellenőrzése

A kamera látószögét A4-es lapon geometriai módszerekkel állapítottuk meg. Mivel ilyen kis méretű szerkesztéseknél a kis szögelterések nem szembetűnőek, ezért elvégeztük a kamera látószögének ellenőrzését ismert tárgytávolság- és tárgynagysáértékekkel is.

A kamerát az osztályterem végében, a táblával szemben helyeztük el. Mérőszalaggal megmértük a

tábla és a kamera távolságát, illetve a tábla hosszúságát és szélességét is. Ezt követően a kamerával képet készítettünk. A Tracker videoanalízis szoftver segítségével a tábla szélességét bekalibráltuk a valós értékekre, és a program segítségével megmértük a teljes képernyő szélességét. A képernyő szélességéből és a kamera-tábla távolság arányából ismét kiszámítottuk a látószög nagyságát. A kapott érték csak kissé tért el a papírlapon mért értéktől: $\alpha = 52,84^\circ$ adódott.

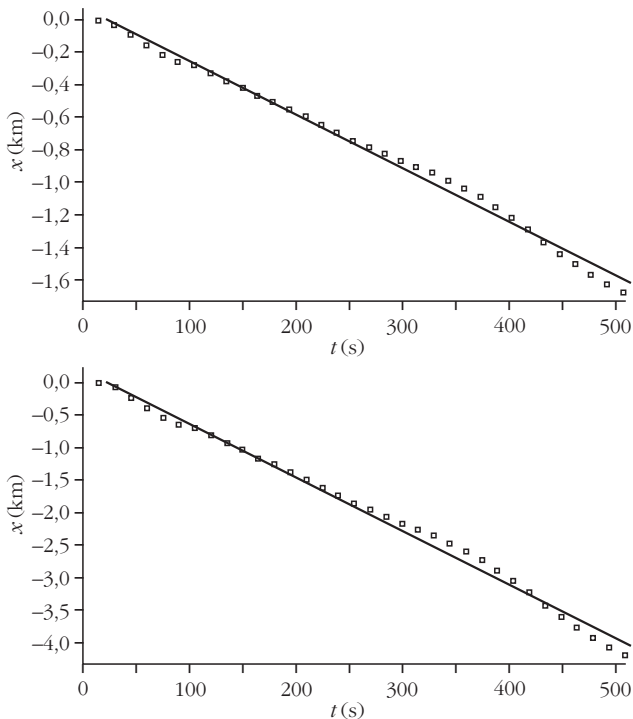
A felhők tengerszinttől mért magasságának meghatározása

Ha ismert a kamera és az objektum távolsága, a teljes képernyőn látható kép valódi szélessége (1) alapján kiszámítható.

2012. május 10-én a Nagyecsed Református Gimnázium fizikaszertára ablakából felhők mozgását filmeltük. A Webcamlaboratory szoftvert használtuk, amit úgy állítottunk be, hogy a rögzített kamera segítségével 15 másodpercenként készítsen egy felvételt. A felhők igen közelinek tűntek és gyorsan mozogtak

2. ábra. A felhők azonosítása fényképük alapján történt. A felső fénykép a szertáráblakból készített felvételt mutatja, az alsó képen a Wikipédiából azonosított *Cumulus humilis*, lapos gomolyfelhő látható.





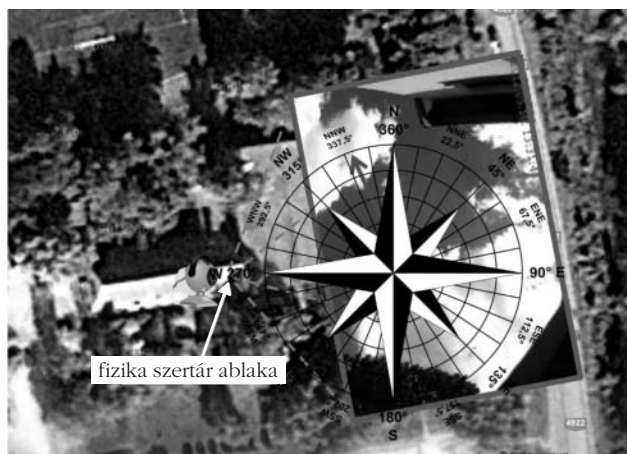
3. ábra. A videoanalízis során nyert $x(m) - t(s)$ grafikonok képei. A felső ábrán a 2 km-es távolságban feltételezett, az alsó ábrán az 5 km magasságban feltételezett felhő $x-t$ grafikonja látható.

a kissé borongós égbolton. A felhők fényképei alapján kiválasztottuk a felhőatlaszból a hozzá legjobban hasonlót és kigyűjtöttük a rendelkezésre álló paramétereket. A vizsgált felhők leginkább a *Cumulus* felhőcsaládra hasonlítottak (2. ábra).

A *Cumulus humilis* hosszan elnyúlt (1-20 km átmérőjű) és rendszerint elmosódott körvonalú felhőfajta. Szélük fehér vagy gyöngyházfényű színeződést mutat, közepük szürkés árnyalatú. Középmagasan, 2-5 km magasságban képződnek a termikus konvekció következményeként. Az Antarktiszon kívül (a hideg felszín gátolja a konvekciót) bármely földrészén előfordulhatnak.

A felfelé áramló levegőben a vízgőz a magasabban fekvő hideg levegővel érintkezve kicsapódik, amit a filmfelvételen is jól megfigyelhettünk: több kisebb

4. ábra. A Google műholdas képe alapján meghatároztuk a felhő sebességének irányát.



pamacs, ellentétben a nagyobb társaikkal, nem beúszott a képmezőbe, hanem a kék háttérből sejtelenen előbukkant. Ez a folyamat fordítva is lejátszódott: a felhők bizonyos részei szertefoszlottak a felvételeken a folyamatos melegáramlásnak köszönhetően.

Nyáron az esetek többségében a gomolyfelhők késő délutánra összeomlanak. A *Cumulus humilis* ugyan nem esőfelhő, de a közeljövőben (12-24 óra múlva) bekövetkező esőre is utalhat, főleg, ha kialakul a gomolyfelhő-képződés következő fázisa, a *Cumulus congestus* karfiolszerű, több kilométer magasú felhő. 2012. május 10-én a késő délutáni órákra sem tudtak kialakulni a magasabb gomolyfelhők, csapadék sem esett.

A felhők méretének meghatározása

A felhők magasságából kiszámoltuk a kamera által felvett teljes képernyőszélességnek megfelelő valódi hosszt:

$$y_{\min} = 2 \cdot 2 \text{ km} \cdot \text{tg } 26,42^\circ = 1,987 \text{ km} \approx 2 \text{ km},$$

$$y_{\max} = 2 \cdot 5 \text{ km} \cdot \text{tg } 26,42^\circ = 4,968 \text{ km} \approx 5 \text{ km}.$$

A képernyő teljes szélességét a fenti minimális és maximális kalibrációkra állítottuk és kiválasztottunk egy kis és egy nagy méretű felhőt. A kalibrációt fixen hagyva a program lehetőséget ad a kalibrációnak megfelelő síkokban az objektumok szélesség- és hosszúságméreteinek meghatározására. A felhők így 1-3 km szélességűeknek adódtak.

A felhők sebességnagyságának meghatározása

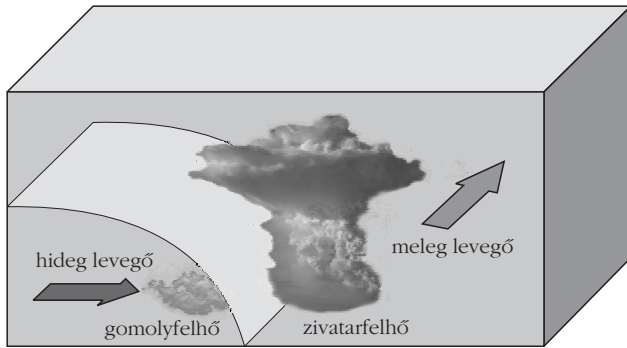
A felhő egy jellegzetes pontját kiválasztottuk és mozgása során a program segítségével nyomon követtük. A koordináta-rendszer x tengelyét a felhő haladási irányának egyenesében vettük fel.

A mérés során a maximális és a minimális értékek is lefutattuk az analízist.

Az $x-t$ grafikonokra egyeneseket illesztettünk, az egyenesek meredekségei a felhő lehetséges sebességértékeinek feleltek meg (3. ábra). A kapott sebességérték: $3,28-8,2 \text{ m/s} \approx 12-30 \text{ km/h}$ volt.

A felhők sebességirányának meghatározása

Először a fizikaszertár ablakának tájolását végeztük el a <https://maps.google.hu/> oldal segítségével. Beírtuk az iskola címét, és a maximális nagyítást választva kivágtuk az iskoláról készített műholdfelvételt (ezek a fotók a térképek szerinti tájolásban készülnek). Ezután a kamera által, az ablakkeret síkjával párhuzamosan készített képet ráillesztettük, és bejelöltük a felhők áramlási irányát (4. ábra). A felhők sebességének iránya jó közelítésben északnyugati volt, azaz délkeleti szél fúj a felhők magasságában.



5. ábra. Az érkező hidegfront hatására a meleg levegő határán intenzív feláramlás következik be, amely elősegíti a zivatarfelhők (*Cumulus congestus*) keletkezését.

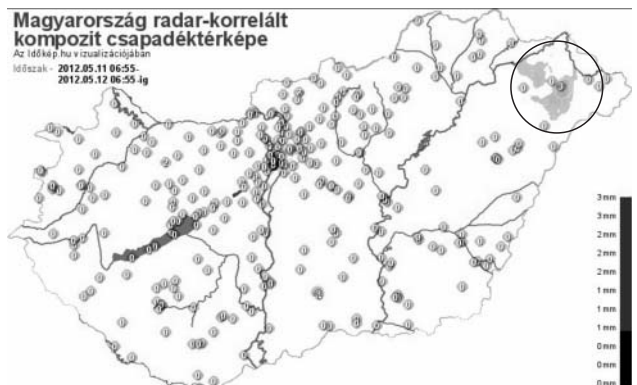
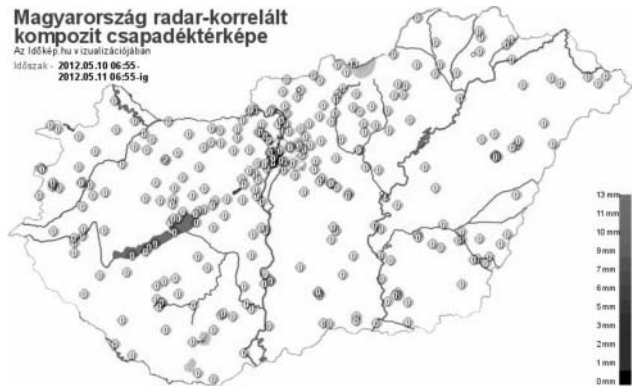
A talajszinten is megmértük a szélirányt: az iskola mellett fekvő sportpályán egy könnyű cérnaszálat kötöttünk egy botra, és iránytű segítségével leolvastuk a szél mozgatta cérnaszál irányát (északnyugat), amely jól közelített a felhők sebességének irányához.

Következtetések

A *Cumulus* felhőcsalád gyakran a hidegfront érkezésével keletkezik. A mért felhősebesség-értékek is a hidegfront közeledtét támasztották alá. A hidegfront áramlási sebessége általában 25–40 km/h, a lökészerűen megjelenő szél észak-északnyugatra fordul és viharossá fokozódhat. Jellemző csapadékformája a zápor, zivatar jégesővel kísérve (5. ábra).

A vizsgált felhők áramlási iránya északnyugati volt. A felvétel készítése utáni napon Nagyecsedtől néhány kilométerre északnyugatra 3 mm, majd 2 nap múlva 24 mm csapadék hullott (ezen a napon országos eső volt). Május 13-án átlagosan 5 mm csapadék hullott a térségben, majd 14-én megszűnt az esőzés (6. ábra).

A szakköri munka során egyszerű sebességmérő-ötletből indultunk ki, ám a mérés kivitelezése során több érdekességet is felfedeztünk a légköri jelenségekkel kapcsolatosan. Összefüggéseket kerestünk a felhők fajtája, sebessége és a légköri áramlások között. Ok és okozati viszonyokat tapasztaltunk a saját bőrünkön, hiszen a szakkört követő napokon erőtel-



6. ábra. Az érkező hidegfront hatására kiadós eső érte a Nagyecsed térséget.

jes esőzések következtek be. A meteorológiai weboldalakon ellenőrizhettük a szél áramlási irányát, nagyságát, a csapadék előfordulását és mennyiségi értékeit is. Megtanultuk néhány jellegzetes felhő nevét és tulajdonságát, felfedeztük a Föld forgásának áramlási következményeit, és gyakrabban tekintettünk fel az égre.

Irodalom

1. http://www.youtube.com/watch?v=Q_rMyTGKbDg
2. Koppány György: *Felhők*. Móra kiadó, 1978.
3. http://hu.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9gk%C3%B6ri_felh%C3%B6k
4. <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>
5. <http://webcamlaboratory.com>
6. <http://www.komfortabc.hu/ido/felhoatlasz/index.php#alacsony>
7. <http://www.idokep.hu/csapadek/20120511>
8. <http://www.youtube.com/watch?v=kPWtGY5MQ28>

