

Magassági elemzések

Részletek a Vega Magaslégköri Ballon Projekt
eredményeiből

Hegyi Norbert

Körmend

2012. január 31.

Befagyás és kiolvadás

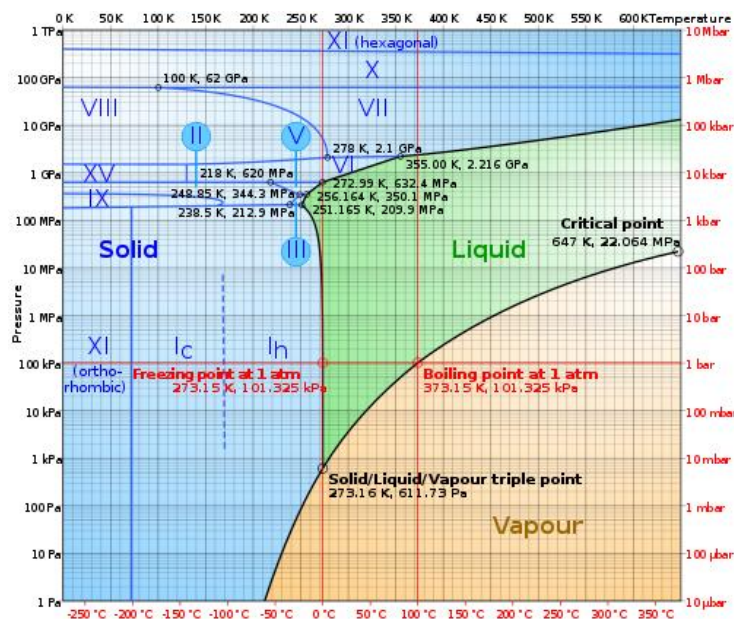
Indítás: 11:58:44 CET – 10:58:44 UTC (a továbbiakban az idő megadása UTC-ben történik).

A látómező bepárásodása és befagyása a 2998 képnél kezdődött 11:10:24-kor és a 3001-es képen (6 fényképpel = 120 másodperccel = 2 perccel később) 11:11:26-kor lett a teljes látómező párá. A folyamat valószínűleg 3 és 4km-es magasság között zajlott le. A fényképeken látható, hogy itt még csak egy vékony rétegű, de erős páralecsapódásról van szó. Ez a páraréteg fagyott rá az „ablakra”, vagyis az UV-szűrőre .



Emelkedéskor az utolsó pozíciójelet 12:52:08-kor kaptuk 20.526,48 méter magasságból. Ekkor már teljes volt a fagyás.

A látómező fagyottságának első kismértékű csökkenését 12:13:22-kor a 3180-as fénykép nagyméretű megtekintése esetén lehet felismerni. A fagyottság feltehetőleg az alacsony légnyomás miatt indult szublimálásnak. Valószínűleg a nagy magasságra jellemző szárazság is segítette a folyamatot.



A víz hármaspontja

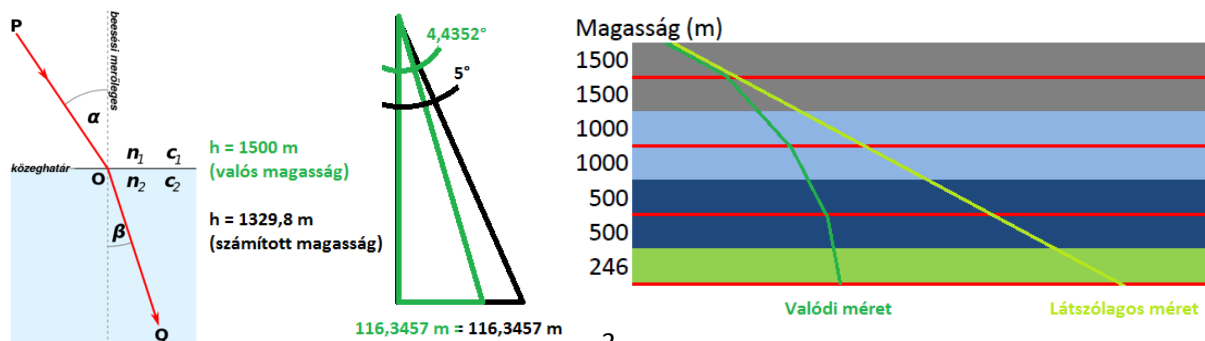
Távolság kiszámítása

A képekkel végzett számításokhoz először kiszámítottam az egy pixelre méretét, mely 1,68 μ m. Az „1/2,3 inch” típusú érzékelő jellemző „szélesség x magasság” mérete 6160 x 4620 μ m, a mi képünk mérete 3648x2736 pix. $6160\mu\text{m}/3648\text{pix} = 1,6886\mu\text{m}$. A pixelméretet elosztottam 2-vel, ami egyenlő 0,84 μ m. Ezekből számítottam: $\arctg(0,84/7000)=49,5''$. (Csak Balázs is ugyanekkora mérettel számolt a „Keszthelyi-öböl” esetében.) Ez a méret más kompakt fényképezőgépek méretével összemérhető. Nem szabad összehasonlítani a mi pixeleinket a jóval nagyobb érzékelővel rendelkező és jóval nagyobb pixelméretű tudományos műszerekkel.

A pixelméretből és fókusz távolságból kiszámítottam a pixelre eső szögfelbontást. 7mm-re 49,5"/pix adódott. Kiszámítottam a pontosság kedvéért: feltételezve, hogy a fókuszálás pontossága 0,05mm: 7,05mm-re 49,15"/pix; 6,95mm-re 49,86"/pix. Továbbá kiszámoltam feltételezve, hogy a fókuszálás pontossága 0,25mm: 7,25mm-re 48"/pix; illetve 6,75mm-re 51"/pix)

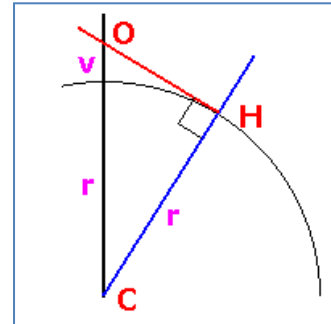
A fényképeken jellemző terepalakzatokat kerestem ezeknek az átmérőjét vagy egymástól való „pixel-távolságát” megmértem Adobe PhotoShop-ban. Az ennek megfelelő valós távolságot GoogleEarth-ben is kimértem. Ezeknek az adatoknak segítségével számítottam ki a szonda távolságát a terepalakzattól. A magasságot ezeknek a segítségével becsülni lehet egyszerű trigonometriával. Amennyiben pontosan merőlegesen lefelé fényképezett a szonda a kapott érték megközelítőleg pontosnak tekinthető.

A légkör által okozott fénytörést nem lehet pontosan figyelembe venni, de amikor már befejeztem ennek az elemzésnek az írását, elgondolkodtam rajt, hogy ez mégis mekkora hibát okozhat a számítások végeredményében. Három és fél órányi intenzív internetes kutatás után találtam egy programot, aminek segítségével ki lehet számítani a levegő abszolút törésmutatóját adott paraméterek közt. Először egy másik programmal kiszámítottam az 1972-es Amerikai Standard Légkörre (1972 U.S. Standard Atmosphere – megfelelő pontosságot ad) a levegő hőmérsékletét, nyomását, sűrűségét. Sajnos a fénytörési index kalkulátor csak kb. 1500 méteres magasságig képes számolni. Négy légréteget feltételeztem (246 m, 500 m, 1000 m, 1500 m), melyek különböző hőmérsékletűek és nyomásúak. Ahogyan egyre feljebb megyünk a légkörben a levegő abszolút törésmutatója egyre kisebb lesz (ez legalább is 1500 méterig érvényes). A fény útja háromszor tört meg számításomban. Ha egy tárgy 10 fok a képen és 5 fokkal számolom a fél méretét a magasság számításánál, akkor a fény, mikor elhagyta a tárgyat 4,4352 fok szögben indult útjának. Ha a fényképen közelebb látszik a terepalakzat, akkor alacsonyabb magasságot kapunk. 1500 méter helyett 1330 méteres magasságot számítottunk ki. 11,34%-kal alacsonyabb értéket kaptam a



magasságra. Ez érvényes a szonda-terepalakzat légvonalbeli távolságának számításakor is. A légkörben nem négy különböző törésmutatójú, hanem jóval több jórész egymásba átmenő réteg található. Érdemes elgondolkodni, hogy ha a kapott értékeket kompenzálnánk, akkor még nagyobb távolságok jönnének ki, a nagyobb szonda-tereptárgy távolságok pedig nagyobb magasságra engednek következtetni. A számolási eredményeket nem kompenzáltam. Erre gondolatok az olvasás közben!

Létezik még egy módszer - melyet mi nem tudunk alkalmazni - a fényképezési magasság becslésére. Két adatból, a horizont-szonda távolságából és a Föld sugarából is ki lehet számítani a „szemmagasságot”. A légkör optikai tulajdonságai miatt a Föld görbülete által elméletileg eltakart területeket is lehet látni, ez az optikai horizont. Mivel felhők borították a horizontot a fényképeken, így nem lehetett a horizont távolságát kiszámítani. A becslés pontosságának növelése érdekében ennek a módszernek a forrása azt ajánlja, hogy a légkör fénytörésének korrigálása céljából növeljük meg 20%-al Föld sugarának méretét. (Kiszámítottam, hogy a 46°50' szélességi körön a Föld sugara 6366,81 km.) Mivel a légkör fénytörési tulajdonságai változnak, így nem lehet pontos kompenzálást végezni. Ez a módszer csak közelítőleg ad helyes eredményt.

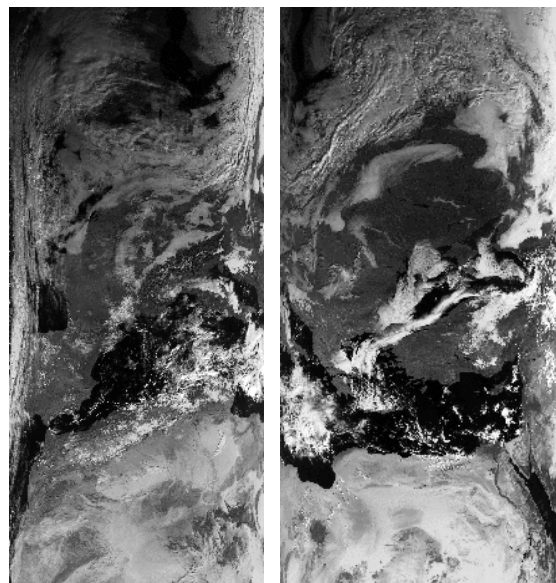


Képelemzés

A 12:19:36-kor készült 3198-as fényképen Nagykanizsát és környékét lehet felismerni. Sajnos a felismerhető tereprészletek túl kicsik egy távolságméréshez. Ekkor még csak a látómezőnek igen kis részéről szublimált le a jég.

A 12:19:56-kor készült 3199-es fényképen a horvátországi Prelog mellett található víztározó látható.

A 12:22:47-kor készült 3207-es fényképen a horvátországi Varas és a mellett található víztározó látható. A háttérben a felhők mögött mintha az Adriai-tengert lehetne sejteni!? 300-320 km-re szállt a szonda az Adriai-tenger partjától. Már 10 km-es magasságból 357,3km-re található a látóhatár. 20 km-es magasságból már 505,5 km-re található a horizont, így elvi akadálya nincsen annak, hogy az Adriát is lefényképezte volna a szonda. Az egyetlen akadály a felhőzet lenne a közvetlen fotózáshoz. Napokon át kerestem az interneten ingyenes meteorológiai műhold-felvételeket, de amelyeket találtam, azok időben és felbontásban sem túl pontosak. A pontatlanság ellenére a fényképből azt a következtetést lehet levonni, hogy Horvátország



nagyrészt fedett volt, de az Adria Isztria partjainál, a Krk-sziget körül már napsütötte hely volt. A horizonton a felhők után a sötétkék ég alatt látható egy sáv, ami talán a tenger.

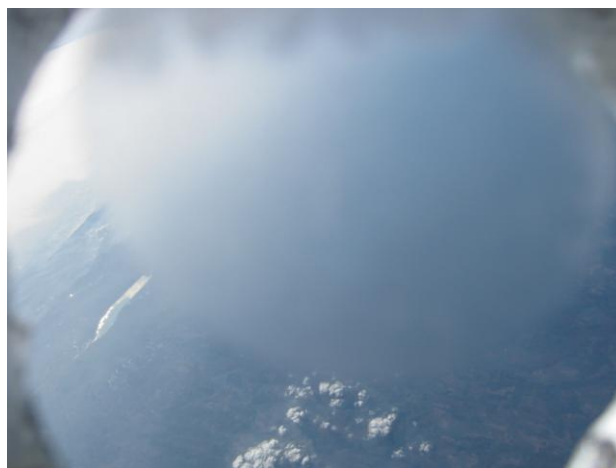


Adriai-tenger

A 12:23:22-kor és 12:23:22-kor készült 3208-as és 3209-es képen, a horvátországi Prelog melletti víztározó látható.

A 3208-as kép alapján 82,8 km a távolság a tó és a szonda között.

- Ha a földfelszínen mért távolság 75 km, akkor 35,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 76 km, akkor 32,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 77 km, akkor 30,4 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 78 km, akkor 27,8 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 79 km, akkor 24,8 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 80 km, akkor 21,5 km magasan lebeghetett a szonda.



A 12:23:44-kor készült 3210-es fényképen a Badacsony látható. A Badacsony és a szonda közötti távolság 49,6km.

- Ha a földfelszínen mért távolság 33 km, akkor 37 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 34 km, akkor 36,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 35 km, akkor 35,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 36 km, akkor 34,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 37 km, akkor 33 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 38 km, akkor 31,9 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 39 km, akkor 30,6 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 40 km, akkor 29,3 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 41 km, akkor 27,9 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 42 km, akkor 26,4 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 43 km, akkor 24,7 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 44 km, akkor 22,9 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 45 km, akkor 20,9 km magasan lebeghetett a szonda.



A 12:24:04-kor készült 3211-es kép, annak ellenére, hogy nem látható rajta a Fertő-tó, mégis hasonlít az utána következő három fotóra.

A következő három képen (3212-3213-3214 - 12:24:24-12:24:46-12:25:06) a Fertő-tó látható. A képek egymáshoz viszonyított viszonylag kis szögelfordulásából azt a következtetést lehet levonni, hogy nyugodtan lebegett a szonda. Mivel nincsenek vízszintesen elnyúlt csíkok és foltok a fényképeken nagy valószínűséggel nem forgott a saját tengelye körül 20 másodpercenként 365-370 fokot az eszköz. Valószínűleg ezek a legmagasabban készült képek közé tartoznak. Ezeken sejthető már a Föld görbülete.

A 3212-es 12:24:24-kor készült képen a Fertő-tó és a szonda légvonalban 137,3 km-re van egymástól. Ez a kép viszonylag éles, így a mért hossz 320 pixel, 10500 m és 106000 m. A két hosszal számolt értékek átlaga 137,3 km.

- Ha a földfelszínen mért távolság 131 km, akkor 41,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 132 km, akkor 37 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 133 km, akkor 33,3 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 134 km, akkor 29 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 135 km, akkor 23,9 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 136 km, akkor 17,3 km magasan lebeghetett a szonda.



A 3215-3216-3217 (12:25:08-12:05:48-12:06:08) kis elfordulásokkal készült képek. A 3215 és 3216 főként Ausztriát mutatja, míg a 3217-es fényképen Szlovéniát és Ausztriát lehet látni. Ezek az első képek melyeken egyértelműen érzékelhető a Föld görbülete. Valószínűleg ezek a legmagasabban készült fényképek, mivel a 3222-es fénykép már egy nagyon gyors szögelfordulást mutató homályos, csíkos, foltos tájkép. Ez utóbbi feltehetően a ballon szétpukkanása utáni másodpercekben az ejtőernyő stabilizáló hatásának beállta előtt készült. A későbbi 3225-ös fénykép 27,8 km-es magasságban már esés közben készült, így nagyon valószínű, hogy ezek a fényképek jóval magasabban készültek.

A 12:25:28-kor készült 3215-ös felvétel egy Graz melletti terepalakzathoz képest 107,6 km-re készült.

A mért alakzat 730 pixel és 18,9 km hosszú. 5 féle számolás átlagolásával jött ki ez az eredmény. (49,5"/pixel-> 107,6 km; 49,15"/pixel-> 108,4 km; 49,86"/pixel-> 106,8 km; 48"/pixel-> 110,9 km; 51"/pixel-> 104,4 km.)

- Ha a földfelszínen mért távolság 100 km, akkor 39,7 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 101 km, akkor 37,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 102 km, akkor 34,3 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 103 km, akkor 31,1 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 104 km, akkor 27,6 km magasan lebeghetett a szonda.
- Ha a földfelszínen mért távolság 105 km, akkor 23,51 km magasan lebeghetett a szonda.



A kép baloldalán a völgytől délre (azaz 8 óra irányban) Olaszország látható

A 3218-as fénykép 12:26:30-kor készült. Ezen egy homályos tájkép látszik. Lehetséges, hogy ekkor durrant szét a ballon. Mégis sokkal valószínűbb, hogy nem ekkor, hanem a jóval homályosabb 3222-es fénykép (12:27:52) előtti másodpercekben durrant szét. Amennyiben 12:26:30-kor kezdett volna esni a szonda, akkor kb. 38 km magasból indult volna és 228,9 km/h (63,57 m/s) maximális sebességet ért volna el. 38 km maximális magasság elérésére van méretezve a ballon. Ezt a számolást a „Nagyobb maximális magasság” fejezet tárgyalja. Azt, hogy nem ez volt a szétrobbanás utáni kép alátámasztja az is, hogy a 3220-es és 3221-es kép jóval életlenebb lenne, ha a szonda nagy sebességgel dugóhúzó szerű pályán esett volna.

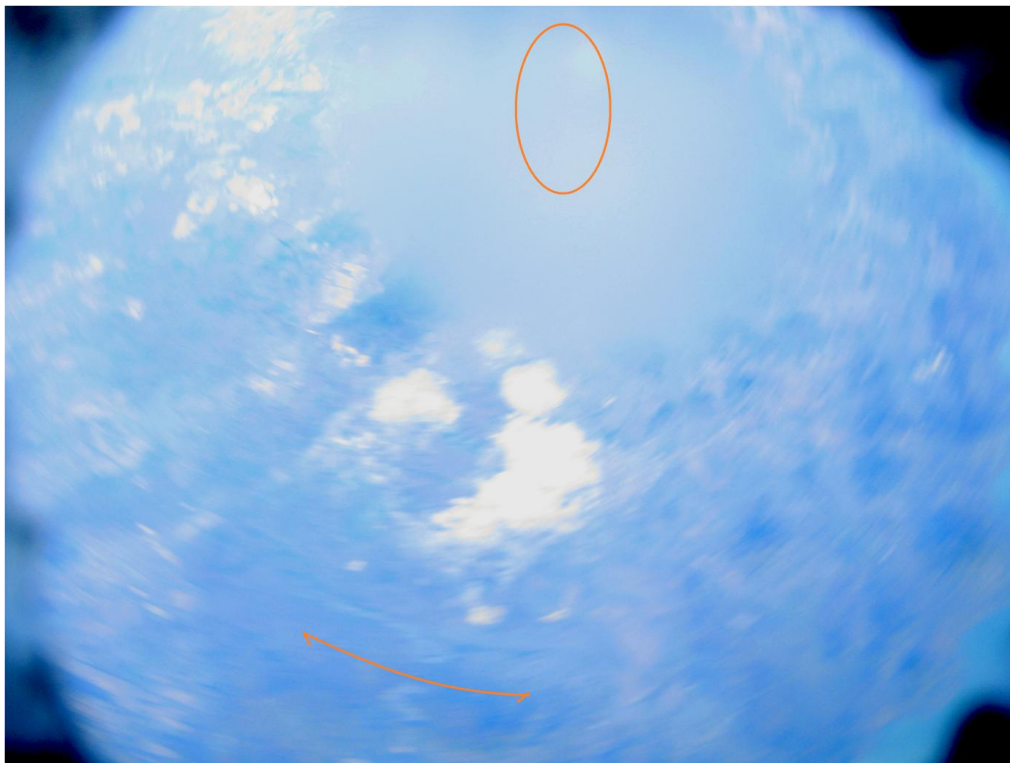


A 3219-es fénykép 12:26:50-kor készült. A világűr fekete sötétje látszik rajta.

A 3220-as fénykép 12:27:12-kor készült. A világűr sötétje, a Hold, a Föld annak görbületével látható. Ez volt a „Hét csillagászati képe”.

A 3221-es fénykép 12:27:32-kor készült, melyen a Nap, a Föld és a világűr sötétje látható.

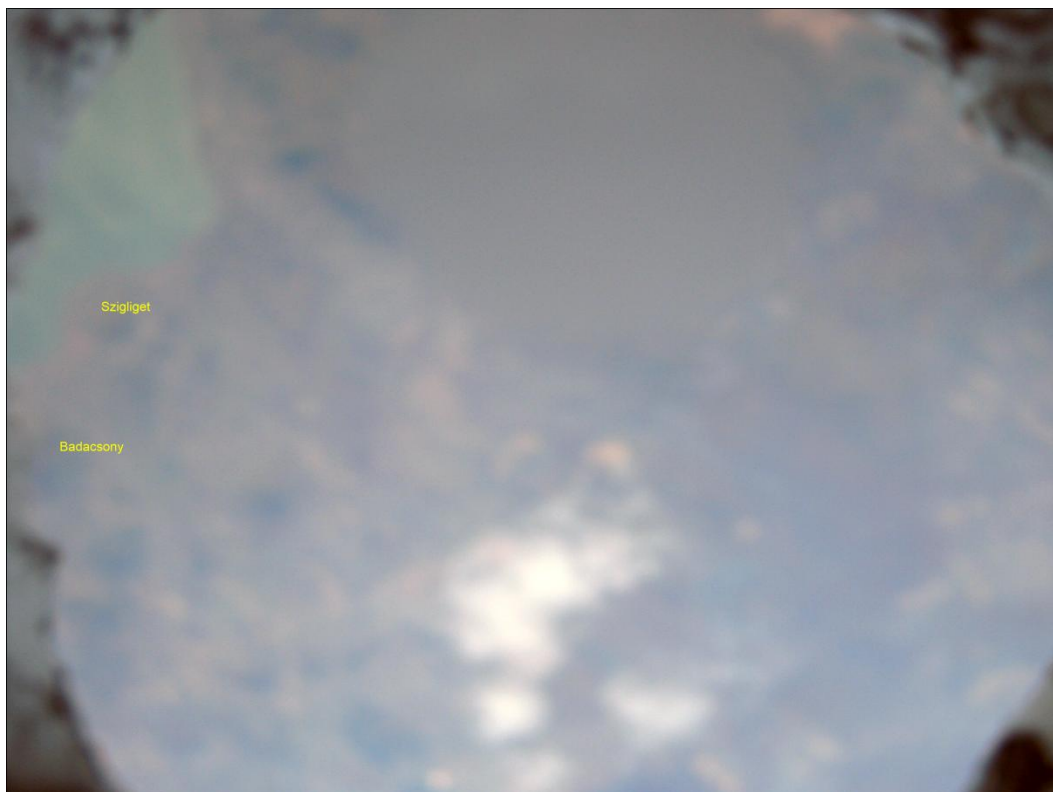
A 3222-es fénykép 12:27:52-kor készült. Ez egy homályos tájkép, mely a ballon szétrobbanása utáni másodpercekben készülhetett. A fényképen kör irányú, csík formájú foltok láthatóak. Összehasonlítható egy az égi pólus irányáról készített hosszú expozíciós fényképpel. Ellipszissel jelöltem a forgás középpontjának feltételezhető helyét. Valószínűsíthető, hogy dugóhúzó szerű pályán esett a szonda lefelé és így jöhetett létre ez a fénykép.



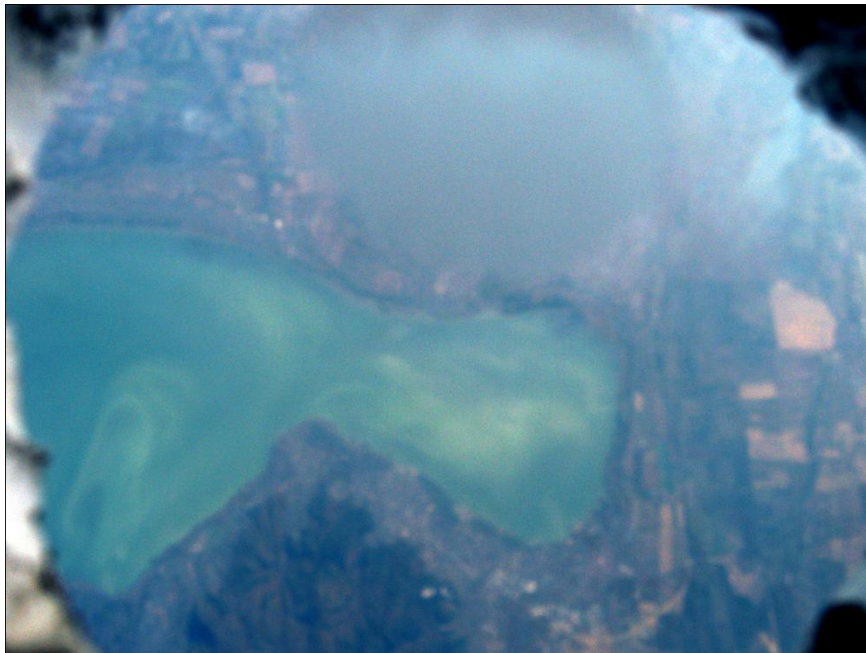
A 3224-es fénykép 12:28:34-kor készült. Ezen a homályos képen a Balaton látható.



A 3227-es fénykép 12:29:38-kor készült. Ezen Balatongyőrök és környéke látható, de sajnos enyhén homályosan.



A 3229-es fénykép 12:30:20-kor készült. Éppen merőlegesen lefelé fényképezte a szonda a Keszthelyi-öblöt.



Az enyhe életlenség miatt a pontosság javításának érdekében a mért alakzatot 735 pixel és 745 pixel értékűnek mértem PhotoShop-ban. 4860 m és 5000 m távolságnak mértem GoogleEarth-ben. Minden szögfelbontásra 4 eredményt kaptam, mivel 735 pixelre két hosszal kiszámoltam, és 745 pixelre is két hosszal kiszámoltam a magasságot.

	735 pix - 4860 m	735 pix – 5000 m	745 pix – 4860 m	745 pix – 5000 m
49,5 "/pix	27481,7 m	28273,3 m	27110,7 m	27891,7 m
49,15 "/pix	27678,2 m	28475,5 m	27304,6 m	28091,1 m
49,86 "/pix	27281,9 m	28067,8 m	26914,0 m	27689,3 m
48 "/pix	28344,7 m	29161,2 m	27960,5 m	28765,9 m
51 "/pix	26670,3 m	27438,5 m	26309,4 m	27068,3 m

27.698,93 m magasság adódik az értékek átlagolásból, ehhez még szükséges hozzáadni a Balaton és partja tengerszint feletti magasságát. Így 28.803 m tengerszint feletti magasság adódik.

Amennyiben nem pontosan merőlegesen nézett lefelé a fényképezőgép, hanem 85 fokos szögben, akkor 27,69 km t.sz.f. magasságból készült a kép. Amennyiben 80 fokos szögben nézett lefelé a fényképezőgép, akkor 27,38 km t.sz.f. magasságból készült a kép.

A légkör fénytörés figyelembevétele +5% magasságnöveléssel: 29188 méter.

A légkör fénytörés figyelembevétele +10% magasságnöveléssel: 30573 méter.

A légkör fénytörés figyelembevétele +15% magasságnöveléssel: 31958 méter.

(Számolás menete: $27699 \times 1,05 + 104 = 29188$)

Maximális magasság

Esés közben a szonda igazán nagy sebességre gyorsulhatott fel. A NASA „végsebesség számító” weblapjának segítségével kiszámítottam az esés során elérhető végsebességet 30000 méter alatt. 30000 méter fölött a weblap nem használható, így végül magam számítottam ki az értékeket 28 és 38 kilométer magasság közt. Ezzel a programmal azt lehet kiszámítani, hogy egy adott magasságból leeső tárgy mekkora maximális állandó sebességre gyorsul fel. Egy adott sebesség elérése után nem gyorsul tovább a zuhanó tárgy a légellenállás következtében. Természetesen, ahogyan a sűrűbb légrétegekbe ért a szonda a légellenállás hatására egyre jobban lassult.

A baloldali táblázat a megadott magasságokra, homlokfelületekre és ellenállási tényezőkre kiszámított végsebességeket mutatja, míg a jobboldali táblázat a végsebességekhez tartozó esési időket és azok összegét mutatja. A homlokfelületek értékei az ernyő átmérőjének módosításával számítottam ki. Feltételezhető, hogy a levegő mikor az ernyőt „felfújja”, akkor a 122 cm-es átmérőjét összehúzza kisebbre. Méréseink szerint 7716 és 6166 méter között 7,31 m/s, illetve 6166 és 5819 méter között 6,53 m/s átlagsebességgel esett a szonda. Amikor nekiálltam a számolásnak, először pont ezt a kettő sebességet vettem figyelembe. Igyekeztem minél jobb közelítést elérni.

Magasság [m]	Cd=1,8; m=1,5kg; A=0,5m ² (r=0,4)	Cd=1,33; m=1,5kg; A=0,78m ² (r=0,5)	Cd=1,8; m=1,5kg; A=0,78m ² (r=0,5)	Magasság (km)	Esés ideje (s)	Esés ideje (s)	Esés ideje (s)
33.000	53,885 m/s	50,190 m/s	43,142 m/s	33 -> 32,5	9,28	9,96	11,59
32.500	51,870 m/s	48,220 m/s	41,449 m/s	32,5 -> 32	9,64	10,37	12,07
32.000	49,725 m/s	46,315 m/s	39,812 m/s	32 -> 31	20,11	21,51	25,12
31.000	46,037 m/s	42,880 m/s	36,859 m/s	31 -> 30	21,72	23,32	27,13
30.000	42,608 m/s	39,686 m/s	34,114 m/s	30 -> 29	23,47	25,2	29,31
29.000	39,421 m/s	36,720 m/s	31,562 m/s	29 -> 28	25,37	27,24	31,66
28.000	36,460 m/s	33,960 m/s	29,191 m/s	28 -> 27,8	5,49	5,89	6,85
7.716	7,757 m/s	7,725 m/s	6,210 m/s	28 -> 27,7	8,23	8,83	10,28
6.166	7,103 m/s	6,616 m/s	5,687 m/s	28 -> 27,6	10,97	11,78	13,70
5.819	6,968 m/s	6,511 m/s	5,600 m/s	33 -> 27,8	115,08	123,49	143,73
7.716 -> 6.166	7,430 m/s	7,171 m/s	5,950 m/s	33 -> 27,7	117,82	126,43	147,16
6.166 -> 5.819	7,355 m/s	7,028 m/s	5,642 m/s	33 -> 27,6	120,56	129,38	150,58
				32,5 -> 27,8	105,80	113,53	132,14
				32,5 -> 27,7	108,54	116,47	135,57
				32,5 -> 27,6	111,28	119,42	138,99
				32 -> 27,8	96,16	103,16	120,07
				32 -> 27,7	98,90	106,10	123,50
				32 -> 27,6	101,64	109,05	126,92

Elemzően szemlélve a képeket, az éles 3215-3216-3217-es (12:25:08-12:05:48-12:06:08) fényképek után az első homályos tájképfelvétel a 3218-as, mely 12:26:30-kor készült. Ennek ellenére valószínűbb, hogy a ballon az Ausztriát mutató 3222-es fénykép előtti másodpercekben, azaz

pillanatokkal 12:27:52 előtt pukkant szét. E felvétel és a 12:30:20-kor készült 3229-es „Keszthelyi-öböl” között összesen 144 másodperc telt el. A fényképezés során előfordult, hogy nem pontosan 20 másodperc volt két felvétel között, így lehetséges, hogy 144 másodperc telt el a két kép között. Valószínűleg a szétúrranás nem pontosan a 3218-as fénykép készítésekor, hanem előtte 5-10-15 másodperccel történt. A fényképekből számítva pontosan 144 másodperc adódik. Visszafelé számoltam az idővel és minden esetben 32-32,5-33 km-re „fogyott el” a 144 másodperc.

A méréseink által adott sebességérték (7716-6166 m között és 6166-5816m között) a számolt sebességtől eltér. Ez a pontatlan és csak feltételezett kiindulási adatok miatt adódik így, de előfordulhat, hogy a számolások helytállóak és csak felfelé vagy lefelé áramló levegő lassította vagy gyorsította a süllyedést. Pontosabb eredményeket csak integrálással lehetne kapni, de nem ismerem az ahhoz szükséges kiindulási adatokat.

Mindezek ellenére mégis kapunk egy hozzávetőleges maximális sebességet és maximális magasságot. 193,99 km/h (53,89 m/s) és 143,32 km/h (39,81 m/s) közötti maximális sebességet érhetett el a szonda esése közben. A maximális elért magasság 32-32,5-33 km lehetett.

A szonda nagy sebességű esését alátámasztja az is, hogy a 12:28:14 és 12:30:20 között a 3223-as és 3229-es képen látványos méretváltozás látható. Bár a látóirány változik, mégis 22,6%-os mértőnövekedés látszik 2 perc esés után. $1300\text{pix}/1060\text{pix} = 1,226 \rightarrow 22,6\%$ növekedés.

Ez a növekedés túl nagymértékű ahhoz, hogy a látóirány változása okozhatta volna.

A 3230-as 12:30:40-kor készült fénykép Ausztriát mutatja. Látható, hogy a 3215-ös és a 3216-os fényképekhez viszonyítva „laposabban” látunk rá a területre. A Föld görbülete még ezen a képen is felismerhető. A 3230-as a jobboldali kép.



Szétúrranása utáni első gyors össze-vissza forgása után a szonda egy széles dugóhúzó szerű pályán indult útnak lefelé, míg végül az új pozíciójelek előtt kb. 8 km magasságtól jóval egyenesebb pályán folytatta leereszkedését.

Nagyobb maximális magasság

A 3218-as fénykép 12:26:30-kor készült, ha ekkor kezdett volna esni a szonda, akkor 240 másodpercen át esett volna, kb. 38 km magasból indult volna és 228,9 km/h (63,57 m/s) maximális sebességet ért volna el. 38 km maximális magasság elérésére van méretezve a ballon. A gyártó állítása szerint a mi általunk is használt ballon típus átlagosan 38 ezer méteren durran szét.

Ez a táblázat az első és negyedik oszlop folytatása. A leglassúbb feltételezhető esési sebességgel számoltam, mivel nagyobb sebességek esetén 38 km-nél jóval nagyobb magasságok jönnének ki.

Magasság [m]	Cd=1,8; A=0,78m ²	m=1,5kg;	R=0,5m;
38.000		63,570 m/s	
37.500		61,214 m/s	
37.000		58,935 m/s	
36.500		56,727 m/s	
36.000		54,590 m/s	
35.500		52,518 m/s	
35.000		50,517 m/s	
34.500		48,580 m/s	
34.000		46,706 m/s	
33.500		44,895 m/s	
33.000		43,142 m/s	

Néhány gondolat a rádiójelekről

Újabb pozíciójelet 12:50:56-kor kaptuk, ekkor a szonda 7716m magasan járt. Feltehetően ekkor volt elég alacsony a szonda forgásának szögsebessége ahhoz, hogy a rádiójel eleje és vége között ne jöjjön létre polarizációbeli különbség. A fényképek alapján is ekkor lassabb volt a forgás.

Hosszú József nagyatádi amatőrrádiós közvetlenül követte a szondát és hallani vélt 30 másodperces intervallumokban egy halk jeleket. Az ő elgondolása szerint a hangerő halkságát okozhatta akár a jel polarizáltsága is.

Felmerült bennem a kérdés, hogy amikor a csúcson volt a szonda és a Fertő-tavat fotózta viszonylag nyugodtan állva, akkor miért nem kapunk pozíciójeleket?

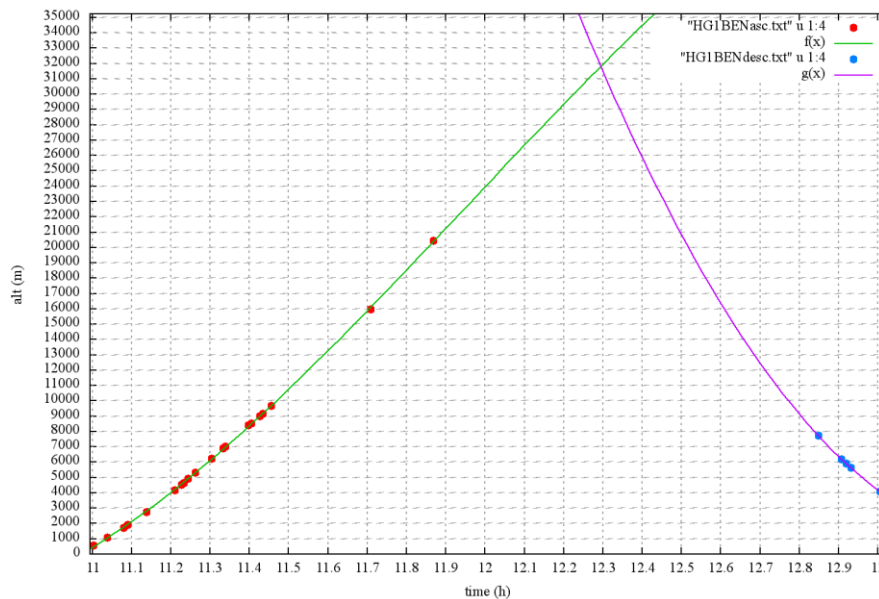
Körsugárzó botantennát választottunk. Vajon úgy fordult az antenna, hogy az antenna-karakterisztikájának a számunkra nem előnyös része mutatott a vevőtornyok felé? Ennek nagyon kicsi a valószínűsége. Más antennatípusoknál nagyobb erre az előnytelen állásra az esély, mint ennél a fajtánál.

Rádiójel hiánya ellenére is a leszállás időpontját a fényképek alapján meg lehet állapítani. 13:12:52-kor a landolás előtt a Balaton víztükre felett 10 méterre volt a szonda. Egy-két másodperccel később érte el a szonda a felszínt.

Következtetések

A csúcsmagasság utáni percekben át tartó esés a „Keszhelyi-öböl” 27,8 km magasságból való lefényképezése előtt alátámasztja, hogy ennél jóval nagyobbat ért el a szonda.

Csák Balázs novemberi magasság függvénye alátámasztja, hogy jóval 27,8 km magasság fölé emelkedtünk. Az ő illesztése alapján is majdnem 32 km magasság feltételezhető.



Amennyiben a ballon a szondával 32-32,5-33 km-es maximális magasságot ért el, akkor 193,99 km/h (53,89 m/s) és 143,32 km/h (39,81 m/s) közötti maximális sebességet érhetett.

38km-es maximális magasság esetén 228,9 km/h (63,57 m/s) maximális sebességet ért el. Nem tartom ennek a magasságnak az elérését lehetetlennek, de a korábban taglalt ellenérvek miatt valószínűtlennek tartom.

A szonda nagy sebességű esését alátámasztja az is, hogy 12:28:14 és 12:30:20 között a 3223-as és 3229-es képen látványos méretváltozás látható. Bár a látóirány változik, mégis nagy, 22,6%-os mértőnövekedés látszik csak 2 perc esés alatt is.

A szonda által készített fényképek egy része homályos, de nem minden homályos kép defókuszált. Ha a szonda elég gyorsan forgott és a szögsebessége elérte a 80-90 fok/s-ot a rádiójel polarizálásához, akkor lehetséges, hogy a nagyon rövid expozíciós idők ellenére is elmosódott lesz a fénykép.

Annak ellenére, hogy végtelenre volt állítva a fényképezőgép fókusz, mégis készültek defókuszált képek. Ez lehet olyan működési hiba eredménye, mint az automatizált időzítés ugrása 20 másodpercről 24 másodpercre, majd újra 20 másodpercre.

A Föld görbületének láthatósága

<http://answers.yahoo.com/question/index?qid=20080504175846AABAC9X>

(A "válaszok.yahoo.com", olyan mint a "gyakorikérdések.hu", csak a válaszok helytállóbbak.)

"I exceeded 52,000 feet in a T-38. From that vantage point, the curvature of the earth was not pronounced, but was evident. The sky was dark blue and the sun was brilliant.[...]"

Eszerint 52.000 láb (15,8 km) fölé emelkedett a válasz írója egy T-38-cal és bár nem volt túl hangsúlyos, mégis egyértelműen látta a Föld görbületét. Az ég sötétkék volt a Nap élénken világított. (A T-38, a Northrop T-38 Talon rövidítése.)

<http://www.stratofox.org/twiki/bin/view/Stratofox/ViewingCurvatureOfTheEarth>

A Concorde 60 ezer láb (18,3 km) magasan repült 1976 és 2003 között. Az utasai saját szemükkel látták a Föld görbületét. Többen le is fényképezték.

Ugyanezen a lapon olvasható, hogy utasszállító gépekről többen éppen a láthatóság határán felismerni vélték a Föld görbületét 40 ezer láb (12,2 km) magasról. Még mielőtt erről olvastam volna én is láttam már ezt a „jelenséget” 2010-ben a Fekete-tenger fölött, de ott a pára miatti optikai csalódásnak véltem. Ugyanígy 2007-ben Szíria fölött is a horizont enyhén görbült, de akkor a domborzati viszonyok miatt felmerült optikai csalódásnak véltem élményemet.

Végmegállapítás

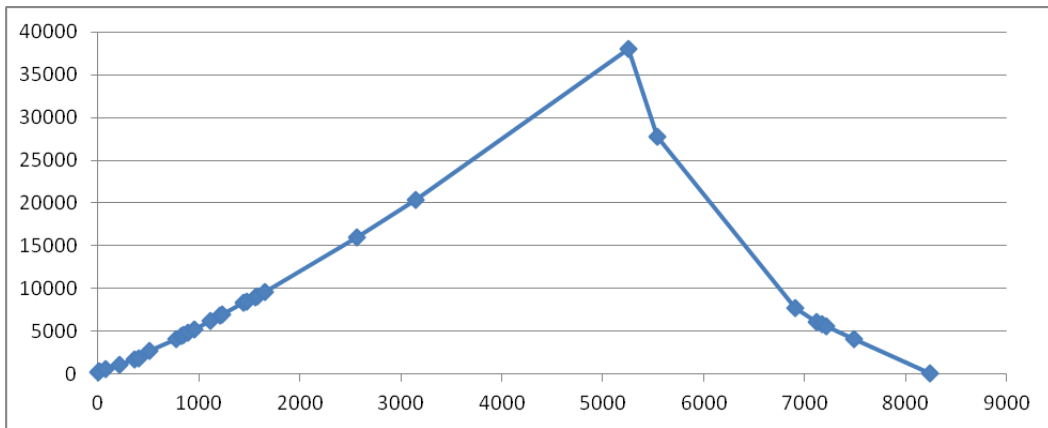
Tudjuk egy fénykép kiméréséből, hogy 27,8 km magasságot biztosan elértük!

Visszafelé számolással azt is tudjuk, hogy 32 és 33 km közötti magasságot ért el a szondánk!

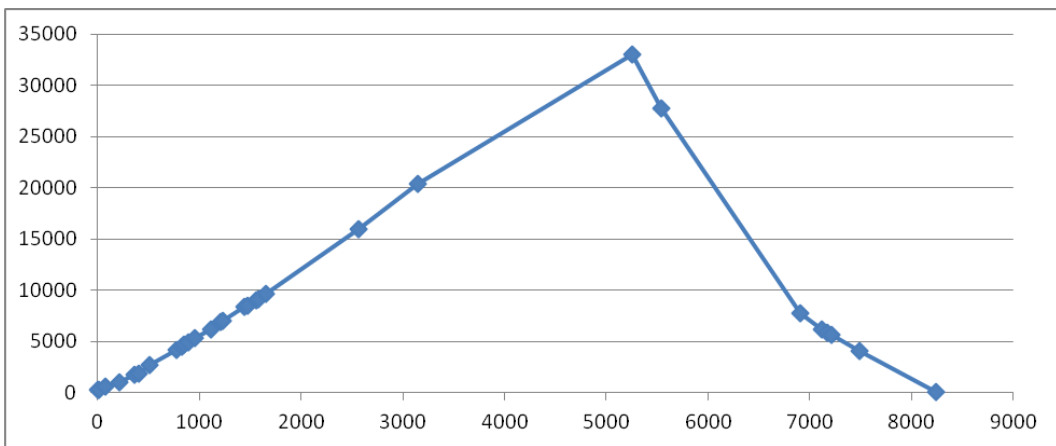
Több fényképen is látható a Föld görbülete.

Magasságszámításaim grafikonjai

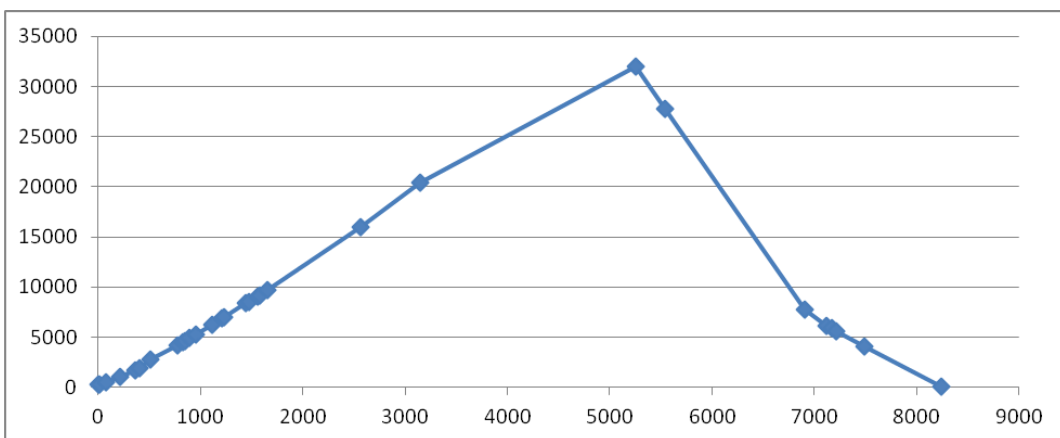
(függőleges tengely = magasság [m], vízszintes tengely = idő [s])



38 km magasság



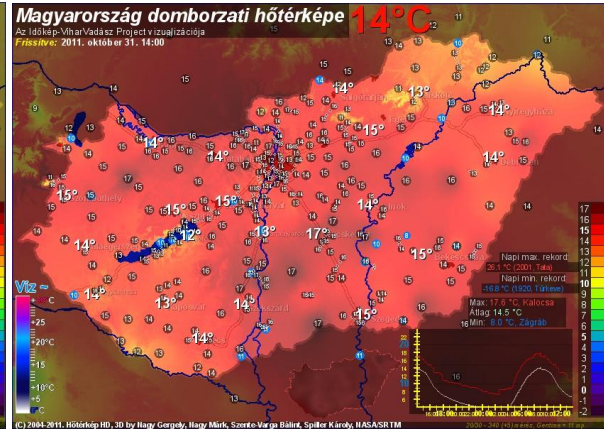
33 km magasság



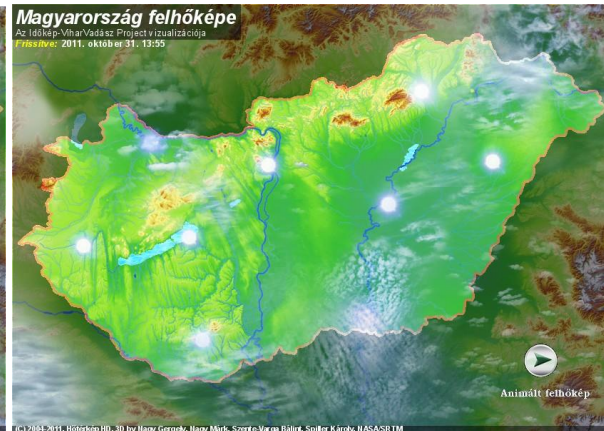
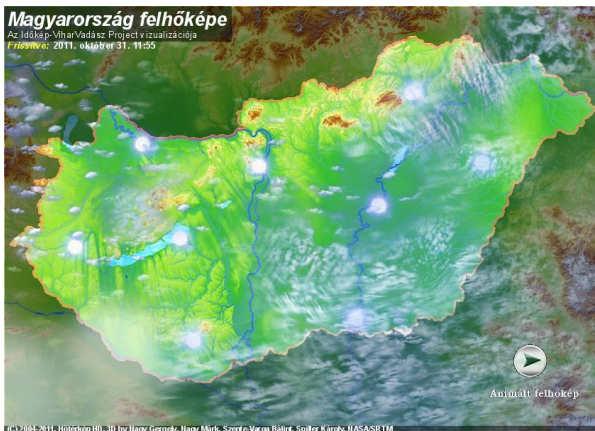
32 km magasság

Meteorológiai térképek

Magyarország hőtésképe 2011.10.31. 12:00 CET és 14:00 CET-kor:



Magyarország felhőképe 2011.10.31. 12:00 CET és 14:00 CET-kor:



A térképek forrása az időkép.hu.

Kiegészítő információk

Az angol Wikipédia szerint:

A légkör tömegének 50%-a 5,6 km alatt található.

A légkör tömegének 90%-a 16 km alatt található.

A brit Top Gear című műsor U-2 repülőgépes epizódja szerint:

A légkör tömegének 95%-a 70000 láb (21.336 m) alatt található.

Saját ismereteim szerint a légkör tömegének 98-99%-a 30 km magasság alatt található.

Radius at a given geodetic latitude

(A Föld sugarának kiszámítása egy adott szélességi fokon - Wikipédia)

The distance from the Earth's center to a point on the spheroid surface at geodetic latitude ϕ is:

$$R = R(\phi) = \sqrt{\frac{(a^2 \cos(\phi))^2 + (b^2 \sin(\phi))^2}{(a \cos(\phi))^2 + (b \sin(\phi))^2}}$$

Weblapok:

http://en.wikipedia.org/wiki/US_Standard_Atmosphere

<http://www.grc.nasa.gov/WWW/k-12/airplane/termv.html>

<http://www.digitaldutch.com/atmoscalc/>

<http://www.wolframalpha.com/input/>

<http://www.wikihow.com/Calculate-the-Distance-to-the-Horizon>

http://en.wikipedia.org/wiki/Radius_of_earth