

# Intelligens Rendszerek

## **GPS**

Dr. Molnár András

# A helymeghatározás célja

- térképezés,
  - pontosabb, részletesebb térképek készítése,
  - hagyományos térképek pontosítása,
- földmérés,
- navigáció,
  - hajózás,
  - repülés,
  - túrázás,
  - gépkocsi navigáció.



# Néhány GPS készülék

Garmin  
eTrex Vista

Magellan  
Meridian Color

Eagle  
The AssuMap 12

	<b>Garmin eTrex Vista</b>	<b>Magellan Meridian Color</b>	<b>Eagle The AssuMap 12</b>
<b>Number of parallel channels</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Acquisition times (cold/warm)</b>	<b>15 s./45 s.</b>	<b>2 s./15 s.</b>	<b>2 s./15 s.</b>
<b>Update rate</b>	<b>1 s.</b>	<b>1 s.</b>	<b>1 s.</b>
<b>Position finding accuracy (root – mean - square deflection)</b>	<b>15 m.</b>	<b>10 m.</b>	<b>15 m.</b>
<b>Interfaces</b>	<b>RS-232 NMEA - 0183</b>	<b>RS-232 NMEA - 0183</b>	<b>RS-232 NMEA - 0183</b>
<b>Internal memory</b>	<b>24 Mb. Up to 128</b>	<b>16 Mb. Up to 128</b>	<b>16</b>
<b>Way poits</b>	<b>500</b>	<b>500</b>	<b>250</b>



Garmin GPS 128 receiver



Magellan NAV 6500

# Néhány GPS készülék

	Garmin GPS 128	Magellan NAV 6500
<b>Number of channels</b>	<b>12</b>	<b>10</b>
<b>Warm acquisition time (in seconds)</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Cold acquisition time (in seconds)</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
<b>Interface</b>	<b>RS232 with NMEA 0183</b>	<b>NMEA 0183 (out) V. 1.5 &amp; 2.1</b>
<b>Way points</b>	<b>500</b>	<b>500</b>
<b>Number of tracks (and number of points in track)</b>	<b>1 (1024)</b>	<b>1 (2000)</b>
<b>Display</b>	<b>64 x 100</b>	<b>320x240</b>



**Casio PROTREK PRT-2GP**



**Benefon ESC!**

# Néhány GPS készülék



**Garmin GPS 155 XL.**



**Garmin GPS 35.**

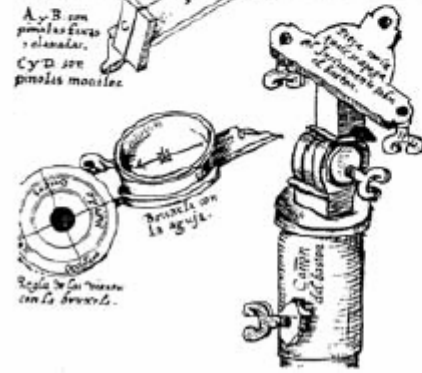
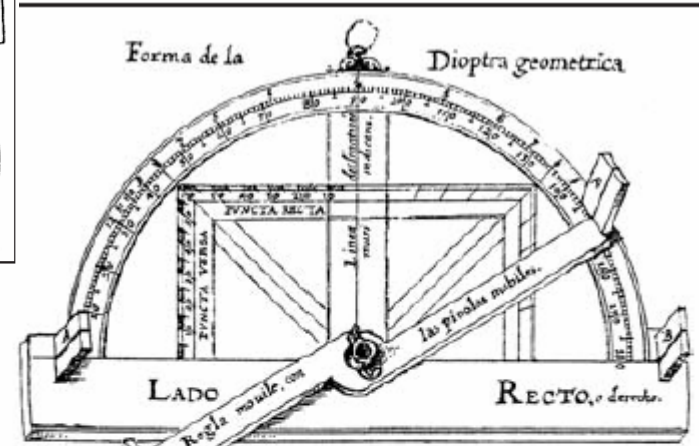
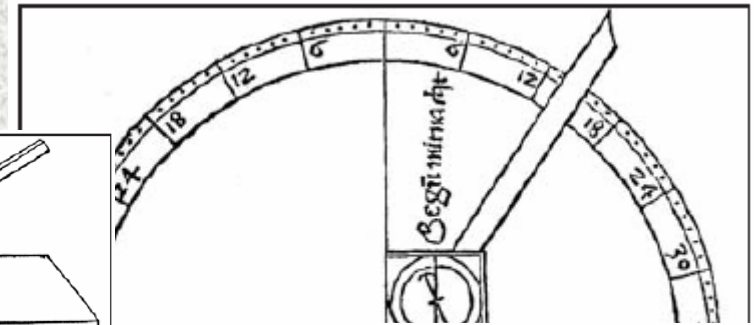
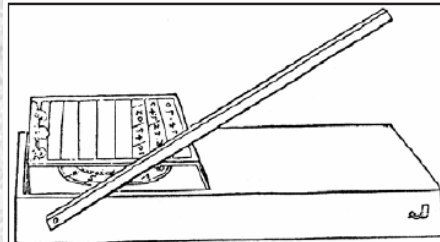
# A GPS rendszer célja

- A hely meghatározás
  - gyorsítása,
  - pontosítása,
  - egyszerűsítése,
  - időjárási viszonyoktól függetlenné tétele.
- A GPS rendszer a helymeghatározás terén egy alapjaiban új paradigmát jelent!  
Kezdeti feladata katonai jellegű volt.  
Kifejlesztését az Amerikai Védelmi Hivatal kezdeményezte. Napjainkra a rendszer bárki számára hozzáférhető.

# Helymeghatározás hagyományos módszerei

- A hagyományos helymeghatározás alapeszközei:

- Iránytű,
- Szextáns (speciális szögmérő),
- térkép,
- óra.



# Fejlettebb hely meghatározási módszerek

- Világító torony.

- Rádió navigáció

- ILS

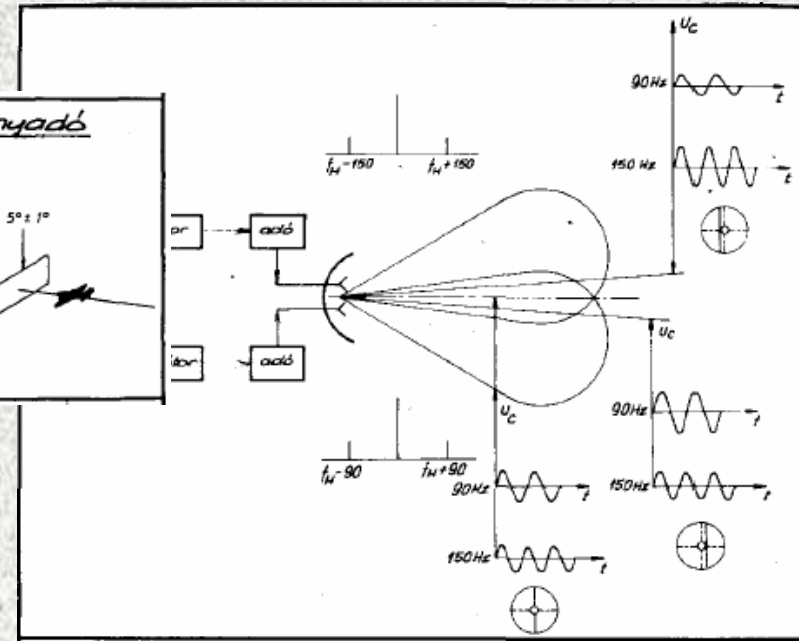
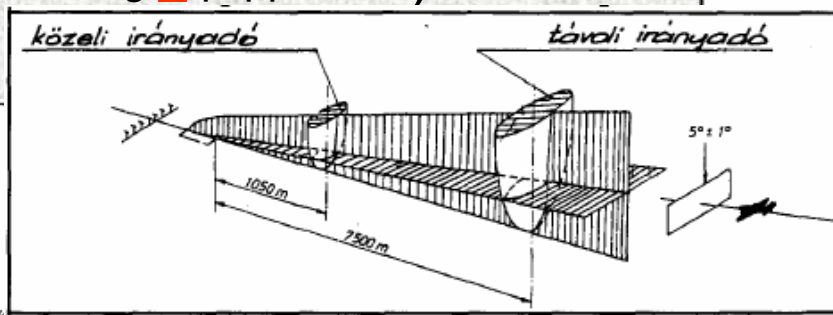
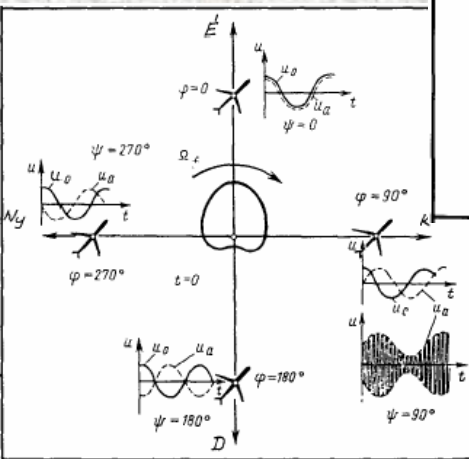
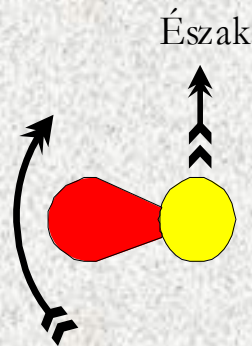
(**I**nstrument **L**anding **S**ystem),

- VOR

(**V**HF **O**mnidirectional **R**ange),

- DME

(**D**istance **M**easuring **E**quipment).

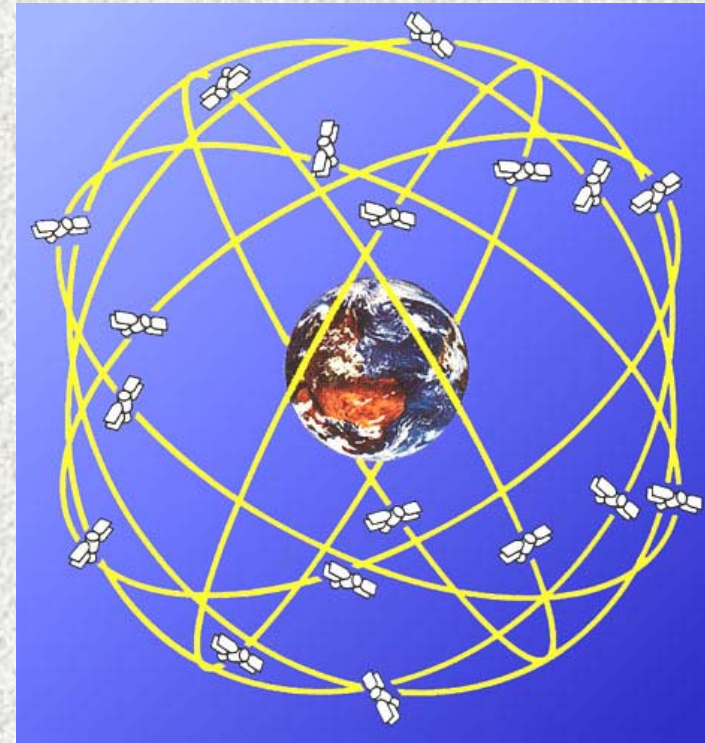




# A GPS rendszer

## GPS műholdak:

- Név: NAVSTAR
- Gyártó: Rockwell International
- Távolság: 20.240 km
- Súly: 862 kg (az űrben mérve)
- Méret: 5,2 m nyitott napelemekkel
- Keringési idő: 12 óra
- Orbitális sík: 55 fok az egyenlítő síkjához
- Tervezett élettartam: 7.5 év
- A jelenlegi kialakítás: 24 Block II gyártmányú műhold
- A jövő műholdjai: 21 Block II Martin Marietta által fejlesztendő.



## Földi állomások

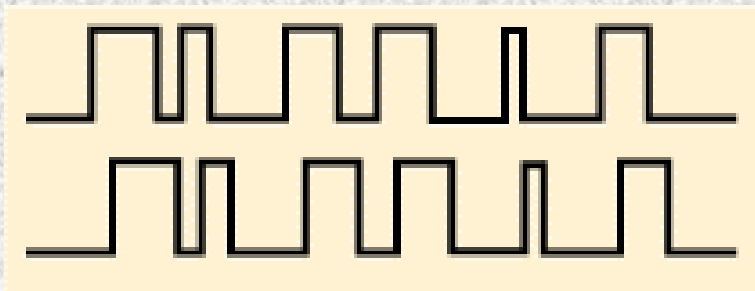
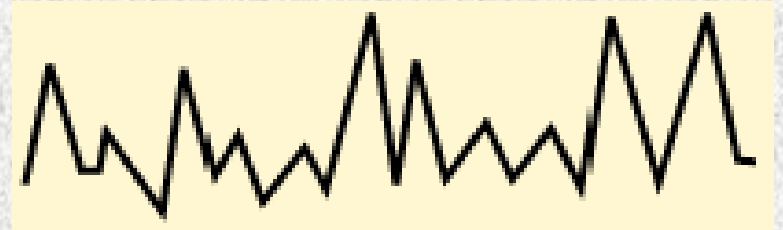
(nevezzük "Kontrol Szegmensnek" is)

- Ezek az állomások nyomon követik a GPS műholdakat, vizsgálják működőképességüket és pontos pozíciójukat az űrben. A fő földi állomás feladja a műholdra a pályaadat korrekciókat, valamint az óra összeadóállandóját. A műhold azután beépíti a GPS vevők felé sugárzott jelekbe ezeket az adatmódosításokat.
- Öt földi követő állomás van a következő helyeken: Hawaii, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein és Colorado Springs.



# Holdak azonosítása

- Pszeudo Random jel

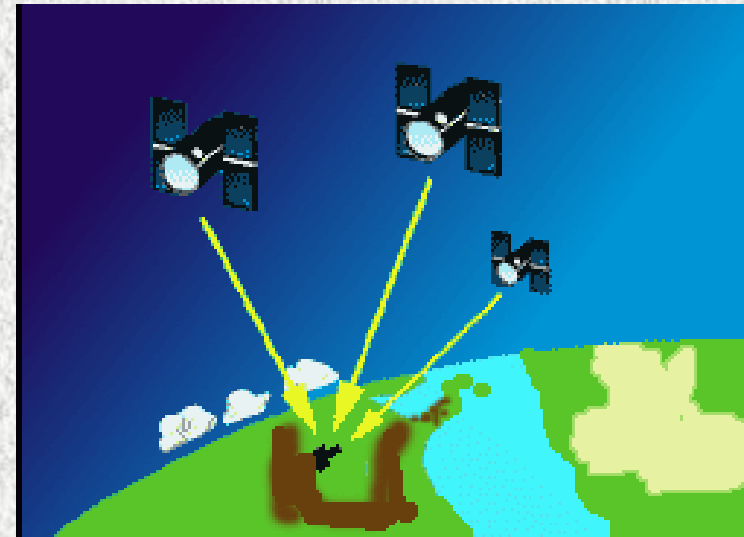
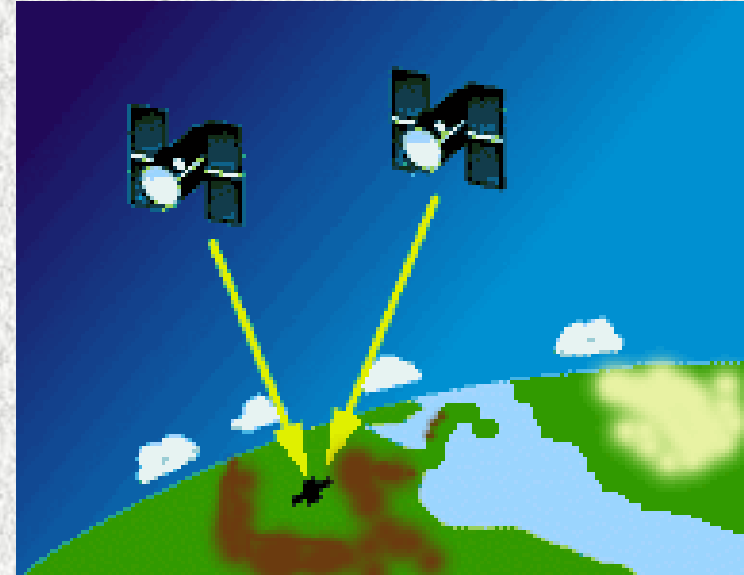


# A GPS mérés alapja

A GPS alapja a műholdas *háromszögelés*.

## Háromszögelés

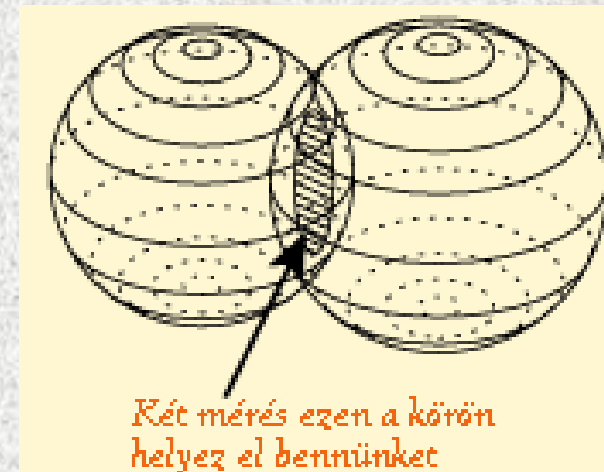
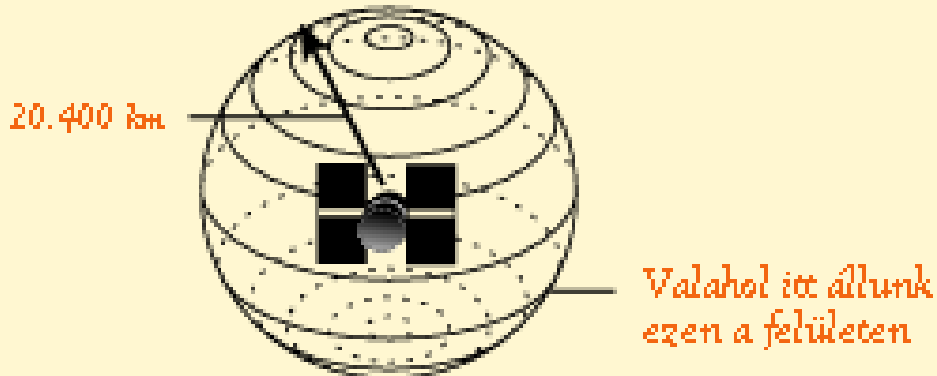
1. A háromszögelés szót nagyon pongyolán használjuk itt, mivel tudjuk a GPS nem szögméréssel határozza meg a háromszög oldalait, hanem a háromszög oldalainak távolságát határozza meg, tehát trilaterációval, de ha csak a műhold-földi pont távolságokat mérjük, ívmetszéssel.
2. A háromszög megoldása érdekében a GPS vevő távolságot mér, a rádiójel futási ideje alapján.
3. A futási idő méréséhez a GPS-nek nagyon pontos időmérésre van szüksége, amit nagyon sok trükkel lehet véghez vinni.
4. A távolságon kívül nagyon pontosan kell tudni, hogy a GPS műhold hol helyezkedik el a világűrben. Nagy sugarú pálya és gondos észlelés a titok.
5. Végezetül minden az atmoszférán áthaladó jel késleltetését korigálni kell.



# Geometriai alapok 1

## *A földi helymeghatározás geometriai alapja:*

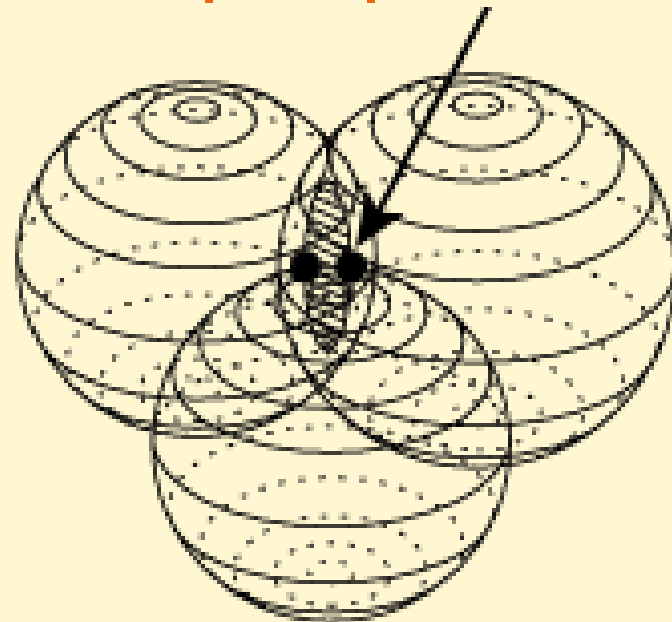
- Tegyük fel, hogy egy olyan műholdtól mérjük a távolságunkat, mely 20.000 km-re van
- Tudva, hogy mi 20.000 km-re állunk egy magányos műholdtól, biztosak abban lehetünk, hogy valahol a világmindenségben egy olyan gömbön helyezkedünk el, mely sugara 20.000 km, és középpontja a műhold.
- Keressünk egy másik műholdat, amelytől a távolságunkat 21.000 km-nek mértük.
- Most már nem mondhatjuk, hogy egy gömbön állunk. Tudjuk azt is, hogy egy másik gömbön is állunk, mely sugara 21.000 km, és középpontja a másik műhold. Más szavakkal, a helyzetünk most a két gömb áthatásán egy körön található.



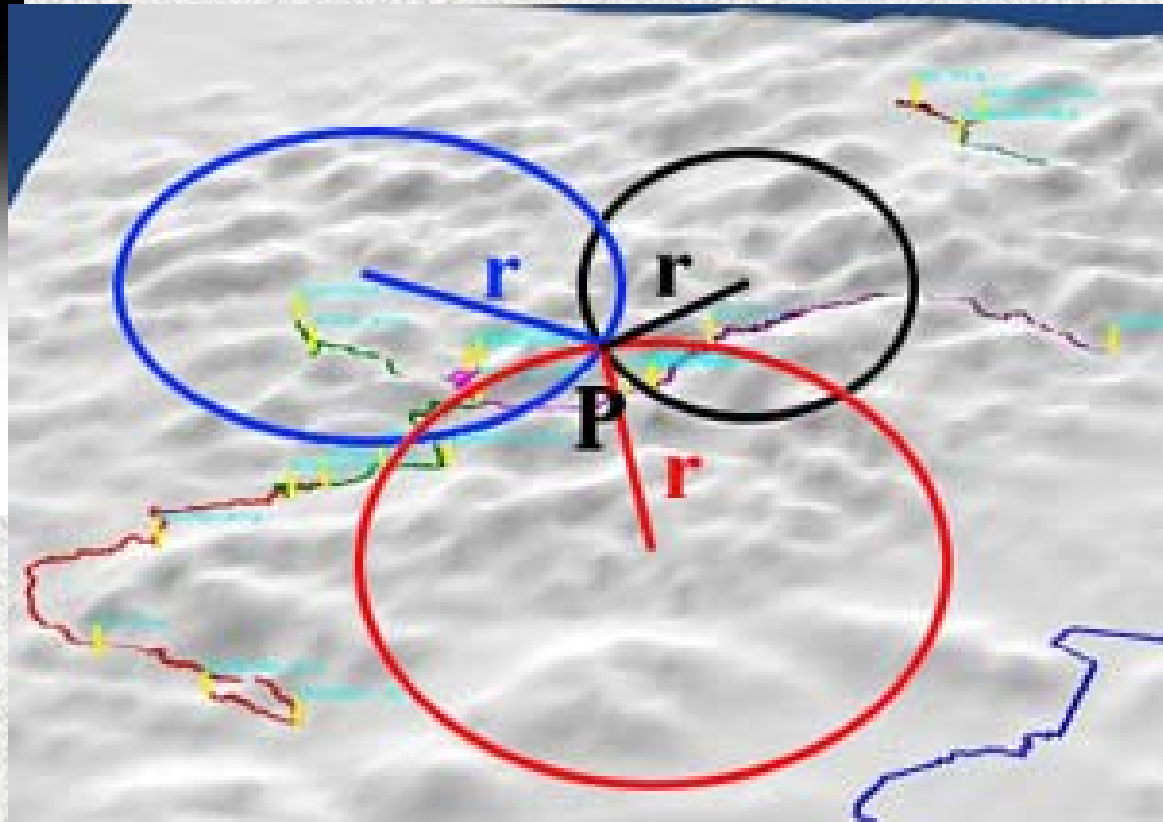
# Geometriai alapok 2

- Ha most egy harmadik műholdtól is megmérjük a távolságunkat, és az 22.000 km-re adódik, akkor belátható, hogy három gömb áthatásába kerültünk, melyben az egyik műholdtól 20.000, a másodiktól 21.000, a harmadiktól 22.000 km-re vagyunk. Két pont valamelyikén találjuk magunkat.
- Így három műhold távolsága alapján eljutottunk tartózkodási helyünk két legvalószínűbb pontjához. Annak eldöntése, hogy a két pont közül melyiken is állunk, egy negyedik műholdra való mérés feladata. legtöbbször képtelen az egyik megoldás, mert túl messze esne a pont helyzete a földtől. Emiatt sok esetben negyedik mérés nélkül is eldönthető a kérdés.

Három mérés e két pont valamelyikén helyez el bennünket



# Geometriai alapok 3



# Távolságmérés 1

A működés alapfeltétele, hogy:

- a műholdak és a vevő órája rendkívül pontos (a műholdakon atomóra van),
- a vevő órája szinkronban van a műholdak órájával

- A GPS esetében olyan rádiójelet mérünk mely sebessége kerekén  $300.000$  . A probléma a futási idő mérése.
- *Szinkronizáljuk óráinkat*
- Az időmérés problémája meglehetősen bonyolult. az első probléma az, hogy a mérendő idő rendkívül rövid. Ha a műhold éppen a fejünk felett van, a futási idő **nem több, mint 0,06 másodperc**. Ezért nagyon pontos órára lenne szükségünk. Majd erről is szólunk nemsokára.
- Tegyük fel, hogy van ilyen pontos óránk, hogyan mérjük a futási időt? Ennek magyarázatára álljon itt a következő hasonlat:

# Távolságmérés magyarázat

- Tegyük fel, hogy a műholdon is, a vevőn is pontosan délben elkezdjük lejátszani a harangszót. Ha a vevőnél állunk, és a hang elér minket a műholdról is, két verziót hallunk, egyet a műholdról, egyet a vevőtől. A kettő nincs szinkronban. A műholdról érkező változat egy kicsit késik, mivel meg kellett tennie több mint 20.000 km-t. (Ezt a kísérletet kipróbálhatja bárki, aki egyéni műholdvevővel tudja fogni a Duna Televíziót. A hangcsatorna átállításával fogható a műholdról a Kossuth Rádió. Délben kapcsoljunk a Kossuth Rádióra a műholdvevőn, és kapcsoljunk be egy rádiókészüléket, mely a középhullámon fogja a Kossuth Rádió. A kísérletetés nagyon jól hallható.)



# Távolságmérés 2

- Ha a késleltetés mértékét meg akarjuk határozni, kapcsoljuk a vevőt olyan késleltetett üzemmódba, amikor a két hang szinkronba kerül. A késleltetés mértéke megegyezik a műholdról érkező jel futási idejével. Most már csak meg kell szorozni a terjedési sebességgel ezt az időt, és megkaptuk a műhold távolságát.

Ez az alapja a GPS működésének.

- A déli harangszó helyett a műhold és a vevő mást használ, az ál-véletlen kódot (*pseudo random code*).

# A legfontosabb GPS jelek

## Vivőhullám

- A GPS műholdak két különböző vivőfrekvencián közvetítenek jeleket.
- Az **L1** vivőhullám 1575.42 Mhz-es és viszi a helyzeti üzeneteket és az ál-véletlen kódot az időmeghatározáshoz.
- Az **L2** vivőhullám 1227.60 Mhz-es, és a sokkal pontosabb katonai ál-véletlen kódot használja.

## Az ál-véletlen kódok

- Az ál-véletlen kódok két típusát alkalmazzuk. Az első a durván nyert kód (C/A Coarse Acquisition) Az vivőhullámot modulálja. 1023 bitenként ismétlődik. Minden műholdnak saját ál-véletlen kódja van, így a kibocsátó műholdak egyértelműen azonosíthatók. A C/A kód a polgári GPS alapja.
- A második ál-véletlen kód a P (precise) kód. Ez a kód 266,4 naponként ismétli önmagát. A műholdak azonosítását az teszi lehetővé, hogy minden esetben egyedi a kód.

# A legfontosabb GPS jelek 1

## Vivőhullám

- A GPS műholdak két különböző vivőfrekvencián közvetítenek jeleket. Az L1 vivőhullám 1575.42 Mhz-es és viszi a helyzeti üzeneteket és az ál-véletlen kódot az időmeghatározáshoz.
- Az L2 vivőhullám 1227.60 Mhz-es, és a sokkal pontosabb katonai ál-véletlen kódot használja.

## Az ál-véletlen kódok

- Az ál-véletlen kódok két típusát alkalmazzuk. Az első a durván nyert kód (C/A Coarse Acquisition) Az vivőhullámot modulálja. 1023 bitenként ismétlődik. Minden műholdnak saját ál-véletlen kódja van, így a kibocsátó műholdak egyértelműen azonosíthatók. A C/A kód a polgári GPS alapja.
- A második ál-véletlen kód a P (precise) kód. Ez a kód 266,4 naponként ismétli önmagát. A műholdak azonosítását az teszi lehetővé, hogy minden esetben egyedi a kód. A 266,4 napos ciklusú P kód egy-egy hétnapos darabját rendelték hozzá minden egyes műholdhoz. A kód generálása minden vasárnap éjfélkor, a GPS-hét kezdetekor újra indul. Ez a kód modulálja mindkét vivőfrekvenciát, L1-et és L2-t egyaránt. Ezt a kódot a katonai felhasználóknak szánták, ezért titkosítják. A P kód *titkosított* változatát hívjuk Y kódnak. Amióta a P kód sokkal bonyolultabb, mint a C/A, ezt a vevők sokkal nehezebben érik el. A katonai vevők is először a C/A kódot érik el, utána ugranak a P kódra.

# A legfontosabb GPS jelek 2

- A komplex eljárás segít abban, hogy a vevő mérés közben ne legyen más műhold jelére szinkronizálódjék. Nagyon ritkán előforduló véletlen kell ahhoz, hogy egy másik jel is éppen ugyanabban a fázisban ugyanolyan formát mutasson
- Amióta minden GPS műholdnak saját ál-véletlen kódja van, ez a módszer garantálja, ne legyen a vevő véletlenszerűen ráálljon egy másik műhold jelére. Így **az összes műhold használhatja ugyanazt a frekvenciát** annak veszélye nélkül, hogy egymás adását zavarnák.

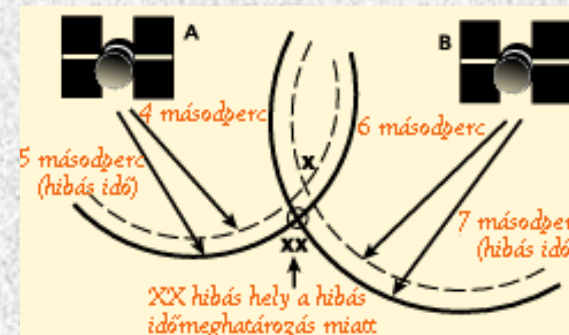
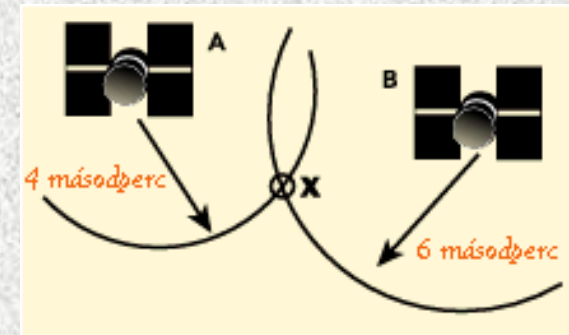
## Titkosított GPS

- Mivel a GPS-t az amerikai Nemzetvédelmi Minisztérium fejlesztette ki elsősorban hadi alkalmazásokra. Bár becslések szerint a GPS-t ma már háromszor annyi civil vevő használja, mint katonai, a rendszer mégis elsősorban katonai elsőbbséget kell, hogy élvezzen.
- Végezetül a katonák fenntartják maguknak a különleges bemenetet a sokkal pontosabb P kódra. Ennek frekvenciája a polgári C/A kód frekvenciájának 10-szerese (tehát potenciálisan ennyiszor pontosabb), és sokkal ellenállóbb a zavarokkal szemben. Ha titkosították, a neve Y kód, és csak katonai vevők tudják fogni a megfelelő kulcs ismeretében.
- Van más oka is az ál-véletlen kód komplexitásának, a döntő ok a GPS gazdaságossága felé.
- A kódok lehetővé teszik a GPS jelek erősítését. Az ál-véletlen kód használata erősítőként
- Az ál-véletlen kód egyike a legötletesebb dolgoknak a GPS kapcsán. Ez nemcsak egy hatalmas időmérő jel, hanem **lehetővé teszi a nagyon erőteljes műholdjelek erősítését is!**

# Időmérés, óraszinkronizálás 1

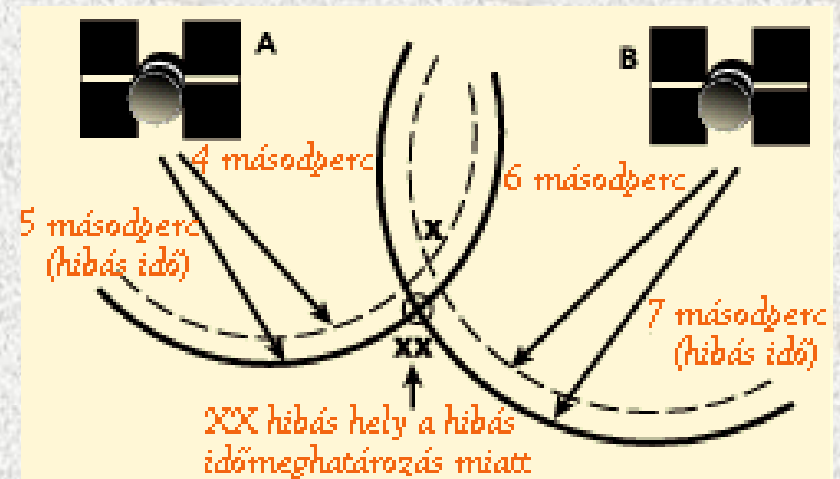
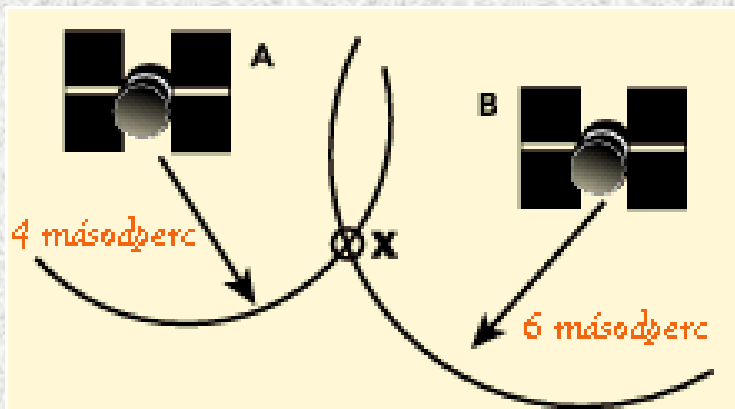
## Az órahiba kiejtése

- Egy plusz műhold távolságának mérése és egy kis algebra segítségével a **GPS vevő ki tudja ejteni az órahiba döntő hányadát.**
- Inkább egy kis rajzzal, mint az algebrával való bolondítás árán kellene megmagyarázni a működési elvet. Egy kicsit könnyebben lesz érthető a dolog, ha először csak két dimenzióban nézzük a dolgot.
- Természetesen a GPS három dimenziós rendszer, de az ötlet két dimenzióban is jól bemutatható. A harmadik dimenzióhoz eggyel több mérést kell végezni.
- **Most, amikor egy műhold méréseről beszélünk távolsági értelemben, tudván, hogy ez idő alapján számítható, tehát beszélhetünk nyugodtan időmérésről is.**



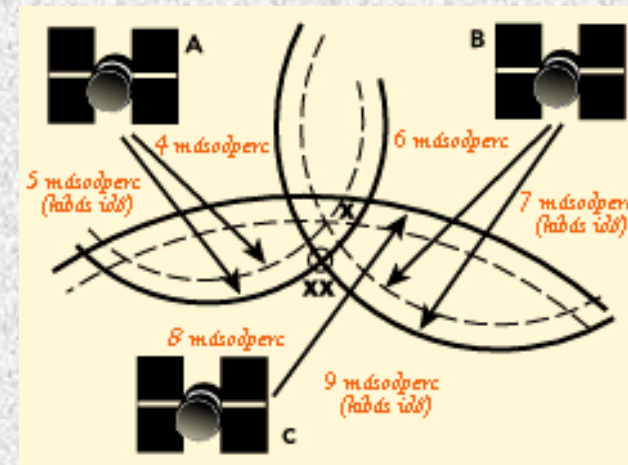
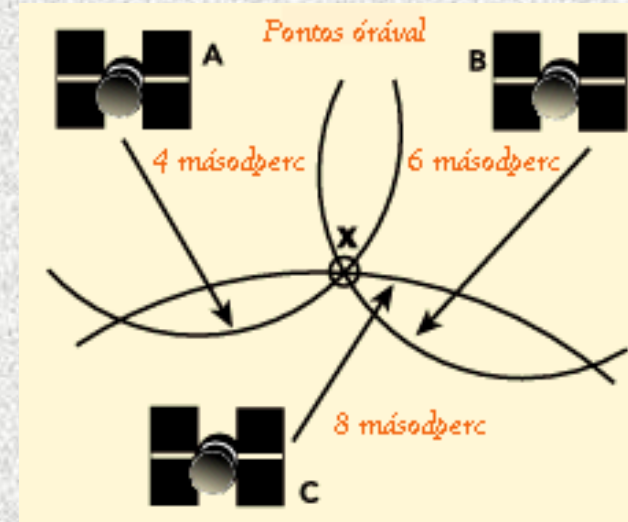
# Időmérés, óraszinkronizálás 2

- Mondjuk, valójában a helyzetünk 4 másodpercre esik A műholdtól, és 6 másodpercre B műholdtól. Ez a két időtávolság két körívként keresztezi egymást, és a metszéspont a mi helyünk (még csak 2 D-ben gondolkozunk).
- X-ben állunk ténylegesen (ezt mutatná a vevőnk is, ha az órája pontos lenne), de az óra késik 1 másodpercet a világidőhöz képest.
- Ezért a vevő az A műholdtól 5 másodpercet mér 4 helyett, a B műholdtól pedig 7 másodpercet 6 helyett. A két kör metszéspontja tehát más, XX helyzetbe került.
- Így az X és XX helyek közötti eltérés a pontatlan óránknak köszönhető.



# Időmérés, óraszinkronizálás 3

- Ez az a pont, ahol egy geometriai trükkkel segíthetünk.
- Végezzünk mérést egy harmadik műholdra is. Először nézzük meg a hibátlan helyzetet:
- Minden mérés köríve áthalad X-en, ami helyen helyzetünkön. Sajnos az 1 másodperces órahibánk újabb helymeghatározási problémákat jelent:
- A vastag vonallal húzott körívek mutatják az ál-mérés esetét, amit az órahiba okoz. Ez az "ál" (*pseudo*) kifejezés a GPS-ben azt jelenti, hogy a mérést hiba terheli.



# Időmérés, óraszinkronizálás 4

## Pszedo-mérés

- **A pszeudo-mérés egy nagyon gyakori varázsszó GPS-es körökben. Azt jelenti, hogy a mérés még nem teljesen redukált órahibával, stb.**
- **Jegyezzük meg, hogy amíg az A és B műhold pszeudo-távolságai egy pontot metszenek ki, XX-et, a C pszeudo-távolsága nem tud átmenni ezen a ponton. Ez a különbség a vevők számítógépeinek köszönhető, mivel ott az órahiba.**
- **Mivel az órahiba vagy összeadóállandó minden mérést befolyásol, a számítógép olyan egyszerű korrekciót keres, mellyel eléri, hogy az összes mérési eredmény egy pontot metsszen ki.**
- **Egy ilyen korrekció meghatározza azt is, hogy a vevő ezután minden mérésre ezt a korrekciót alkalmazza.**
- **Ettől kezdve az óra szinkronban lesz a világidővel. Természetesen ezt a korrekciós eljárást állandóan ismételni kell, hogy állandóan biztosak lehessünk abban, hogy a vevő órája szinkronban maradt.**



# A műholdak pontos pályadatai 1

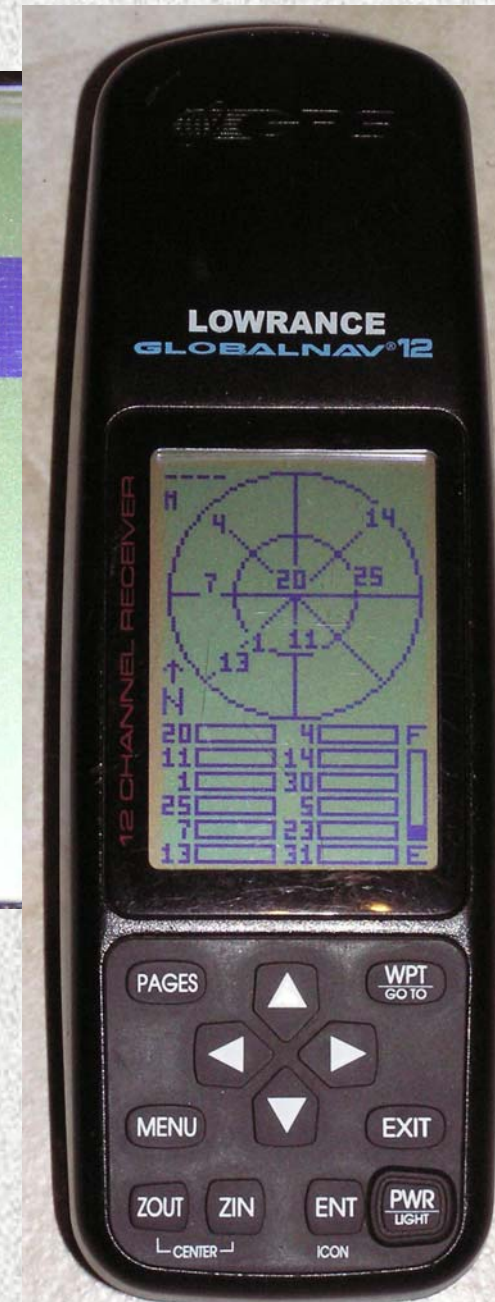
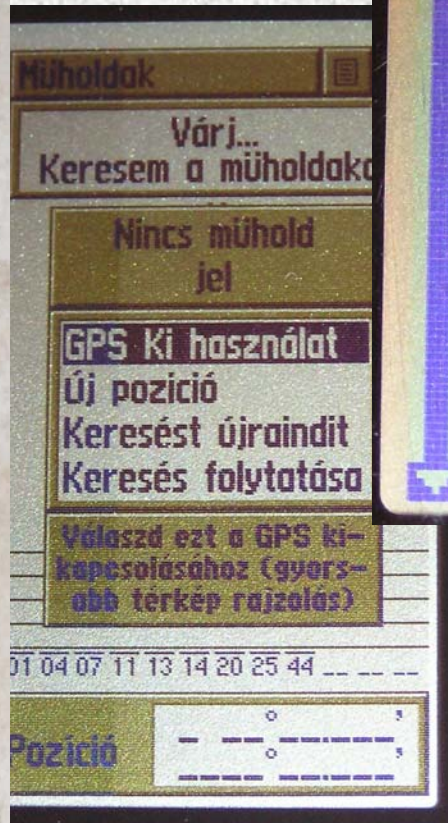
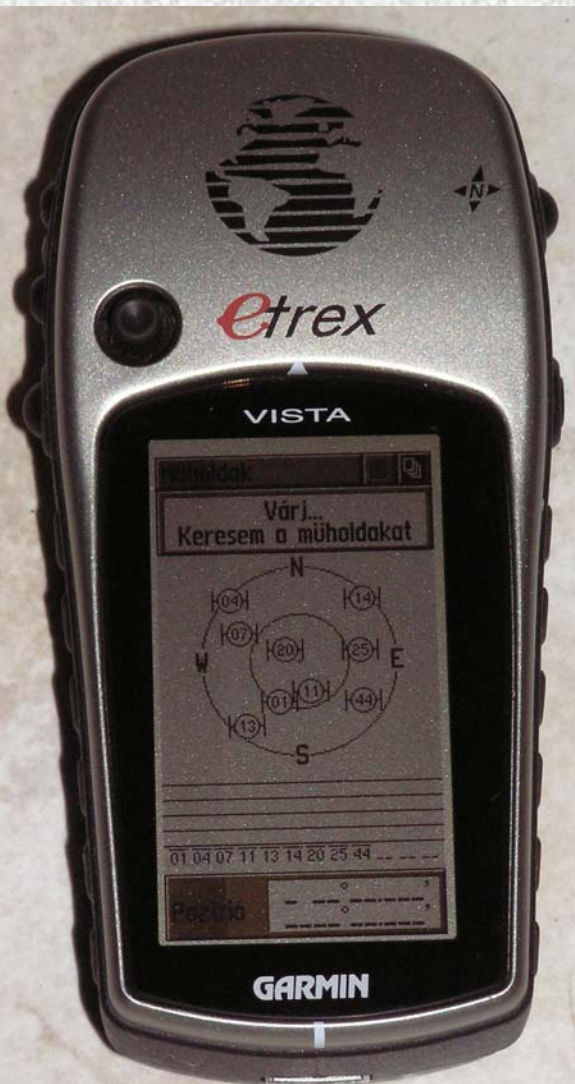
## Hogyan tudjuk meg pontosan, hogy hol vannak? Ezek mind mintegy 20.000 km magasan repülnek az űrben.

- Az a tény, hogy a műholdak ilyen magasan repülnek, előnyös, mert nem zavarja az atmoszféra. Az orbitális pálya elemei is lényegesen könnyebben számíthatók.
- A légielő minden GPS műholdnak nagyon pontos pályát tűzött ki, kapcsolódva a *GPS vezérterv*hez.

## GPS vezérterv

- 1994. márciusban a 24. Block II. műhold pályára állításával teljessé vált a GPS műholdak rendszere. Négy további műhold készenlétben áll, hogy szükség esetén fel lehessen bocsátani.
- Egymáshoz viszonyított helyzetük olyan, hogy a föld bármely pontjáról mindig öt műhold egyszerre látható legyen.
- Minden vevőkészülékbe be van programozva egy almanach, amely pillanatról-pillanatra megmondja, melyik műhold éppen hol tartózkodik az űrben.

# A műholdak pontos pályaadatai



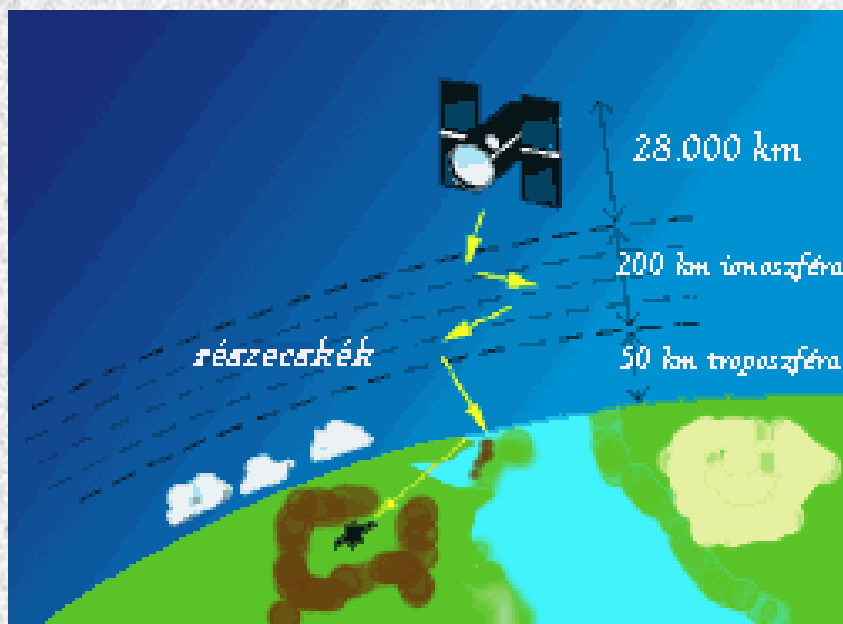
# A műholdak pontos pályadatai 2

- ***A folyamatos figyelés pontosítja ezen értékeket***
- A műhold alap-pályája elég egyértelműen megadott, de a műholdat ért külső hatások miatt a pályaelemek kismértékben változnak. Ezeknek a változásoknak a pontos ismerete a folyamatos követés feladata. Ezt a Nemzetvédelmi Minisztérium biztosítja a *földi állomások* révén.
- Ezeken nagyon precíz radarberendezések vizsgálják minden műhold pontos altitúdóját, helyzetét, sebességét.
- Ezek a vizsgált hibák a pályahibák. Ezek a pályahibák a hold és a nap gravitációs hatásváltozásából, valamint a napszél műholdra ható nyomásából erednek.
- **Ezek a hibák elég kicsik, de ha nagy pontosságot szeretnénk elérni, számolni kell velük.**
- Miután a Nemzetvédelmi Minisztérium megmérte a műhold pontos helyzetét, felküldi az információt a műholdra. Ezután az időjelben megjelennek a pozícióra vonatkozó információk is.
- Így egy GPS jel több, mint egy ál-véletlen kód. navigációs üzenetet is tartalmaz pályahiba információkkal.
- Mielőtt azt hinnénk, hogy azzal, hogy ismerjük a műhold pontos helyzetét, és pontosan tudunk időt mérni, már megoldottunk minden problémát, nézzük meg a következő fejezetet is.

# Felhasználótól független hibák 1

## Ionosféra

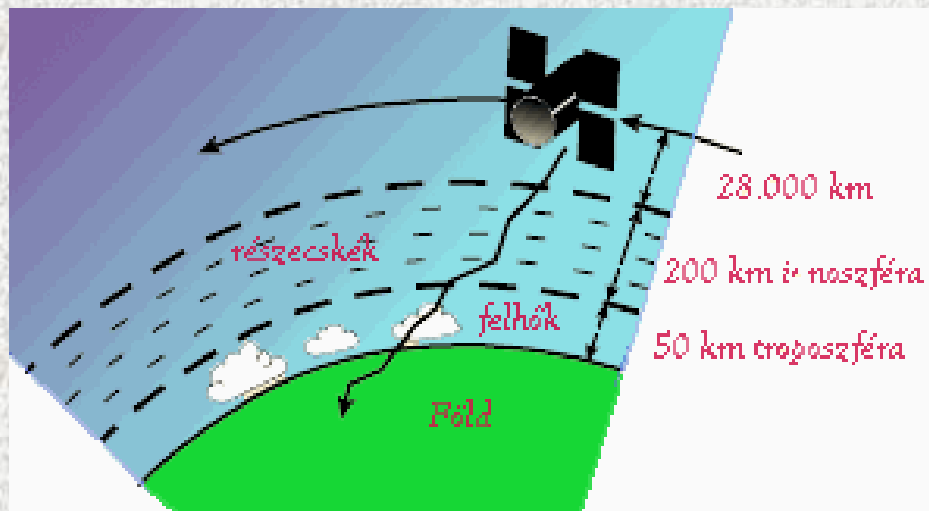
- Az ionosféra az atmoszféra jelentős rétege, a föld légkörének 50-től 500 km-ig terjedő része.
- Nagyrészt ionizált részecskékből áll, melyek a GPS jelre zavaró hatást fejtenek ki. A változó elektrontartalom miatt a rádióhullámoknak az optikában használatos törését okozza.
- Mivel a hibák nagyobb része az ionoszférában keletkezik, jó lenne matematikailag modellek segítségével eltávolítani őket ismervén a hibaforrások egyik legjelentősebb forrását.



# Felhasználótól független hibák 2

## Troposzféra

- A troposzféra a föld légkörének alsó mintegy 51 km-es vékonyabb rétege, elektromosan semleges, telített vízgőzzel, hőmérséklete és légnyomása változó.
- Viszonylag kisebb hibát okoz.
- Vannak egyszerűbb útjai a hibák minimumra csökkentésének. Meg tudjuk jósolni, milyen tipikus hiba jelentkezik egy tipikus napon. Ezt *modellezésnek* hívjuk, és sokat segít, bár a légkori feltételek ritkán egyértelműen tipikusak



# Felhasználótól független hibák 3

## Hibák modellezése

- A jel útjának késleltetése az atmoszférán keresztül többnyire jósolható.
- Az atmoszféra matematikai modelljei számolnak a töltött részecskék hatásával, és a troposzféra gáznemű összetevőivel egyaránt.
- Mindezek alapján műhold folyamatosan továbbítja az ionoszférikus modell tényleges összetevőit.
- A GPS vevőnek figyelembe kell venni, hogy a jel milyen szög alatt lépett be az atmoszférába, mert a belépési szög meghatározza a zavaró közegben megtett út hosszát.
- Másrészt az atmoszféra okozta hibák kezelésének lehetőségét biztosítja két jel sebességének összehasonlítása. A *kétfrekvenciás mérés* azonban csak fejlettebb készülékeken lehetséges.

# Felhasználótól független hibák 4

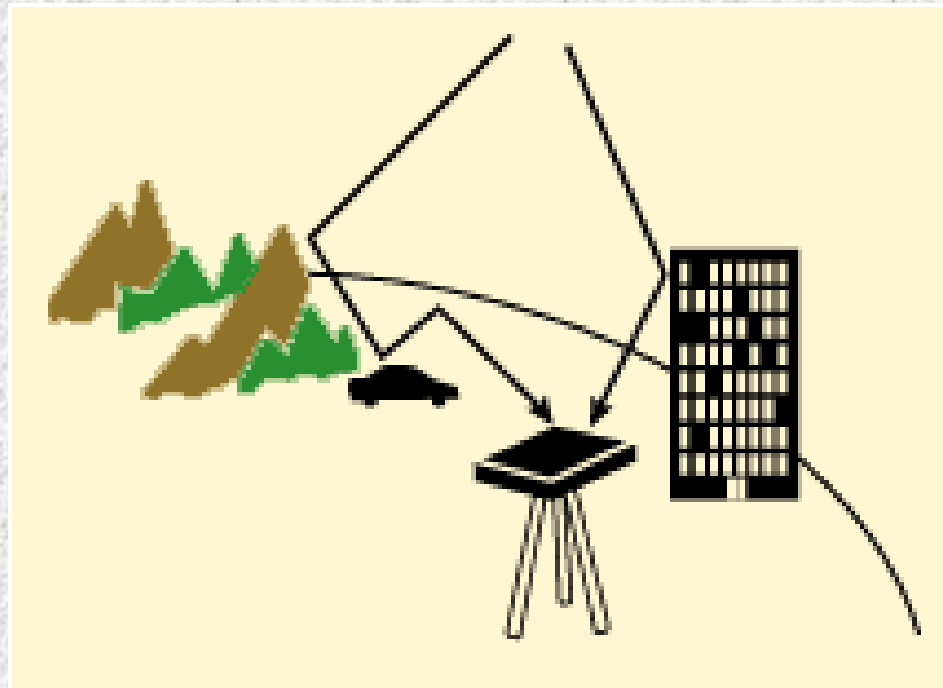
## Kétfrekvenciás mérés

- Ha egy fény áthalad egy közegen, az alacsony frekvenciájú jelek megtörnek, vagy jobban lassulnak mint a magasabb frekvenciájúak.
- A jelek sebességének csökkenése lehetőséget ad arra, hogy a GPS jelek két különböző vivőfrekvenciáját L1-et, és L2-őt összehasonlítsuk, következtessünk arra, milyen a közeg (atmoszféra), és javításokat tudunk számítani.
- Mivel a katonai vevők tudnak vivőfrekvencián mérni, a polgáriak nem, némi csalásokat kell a stratégiában alkalmazni.

# Felhasználótól független hibák 5

## ***Terjedési hibák a föld felszínén***

- A GPS jelek számára a zavaró hatások nem szűnnek meg, miután elérték a föld felszínét. A jel visszaverődhet különböző akadályokon, mielőtt a vevőhöz érne.
- *Ezt többutas terjedésnek nevezik, és hasonló a televíziókból ismert szellemképhez.*





# Felhasználótól független hibák 6

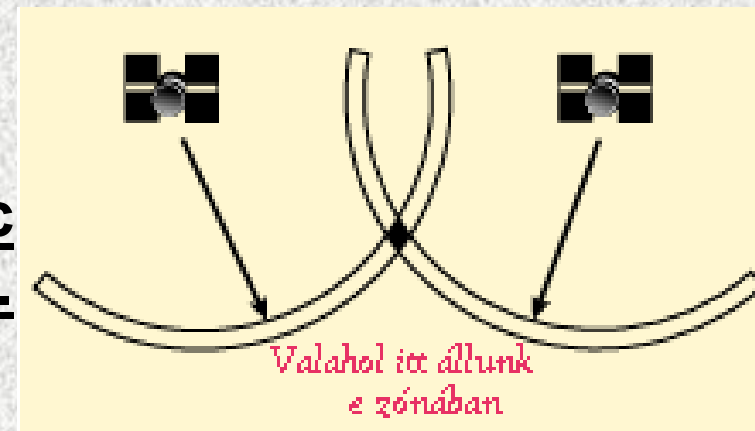
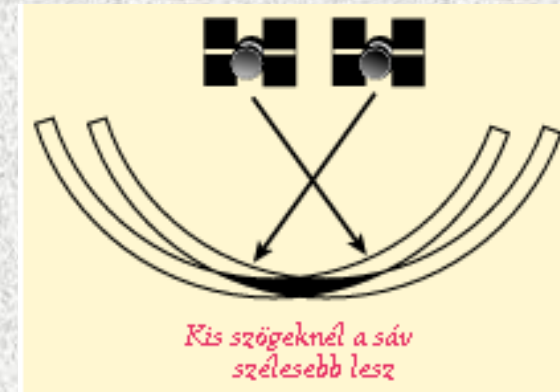
## A többutas terjedés

- *A GPS alapkoncepciója feltételezi, hogy a jel a műholdtól a vevőig egyenes vonal mentén terjed.*
- *Szerencsétlen módon ez nem teljesen igaz. A jel mindenféleképpen visszaverődik a környezetünkben, majd ugyanúgy a vevőre jut, mint egy egyenesen érkező jel.*
- *Eredményül többféle jel érkezik a vevőre: először a közvetlen, később a környezeti tárgyakról visszaverődött.*
- *Ha a környezetből visszaverődött jelek még elég erősek, megtévesztheti a vevőt, és hibás mérést okoz.*
- *Vannak olyan vevők, amelyek ki tudják választani azt a jelet, amelyik korábban érkezett (amelyik a közvetlen).*

# Felhasználótól független hibák 7

## Pályahibák

- A pályaadatokat folyamatosan közvetítik a műholdak.
- A vevők tartalmaznak egy almanachot, mely az összes műhold pályaadatát tartalmazza, és új adat érkezésekor ezeket módosítják.
- A tipikus pályahibákat óránként javítják.
- *Milyen szög alatt érkeznek a jelek?*
- **Az alapvető geometria képes megsokszorozni az előbb említett hibákat. Ennek neve a pontosság geometriai felhígulása "Geometric Dilution of Precision" vagy GDOP.**



# Felhasználótól független hibák 8

- Bonyolultnak tűnik, bár elég könnyen belátható.
- Általában több műholdra van szükség a helymeghatározáshoz. A vevő automatikusan kiválaszt néhányat, a többit elutasítja.
- Ha a vevő egymáshoz közeli műholdakat választ ki, a metszőkörök, melyek meghatározzák az álláspontunkat, nagyon lapos szögben metszik egymást. Ez azt jelenti, hogy az ábrán a sötét zónában bárhol lehetünk.
- Ha a vevő egymástól távoli műholdakat választ ki, a körök jól metszik egymást, derékszögű metszésnél a legkisebb a hibaterület.
- **Jó vevők a kiválasztásnál "gondolnak" a GDOP hibára is.**

# Szándékos zavarás (SA) 1

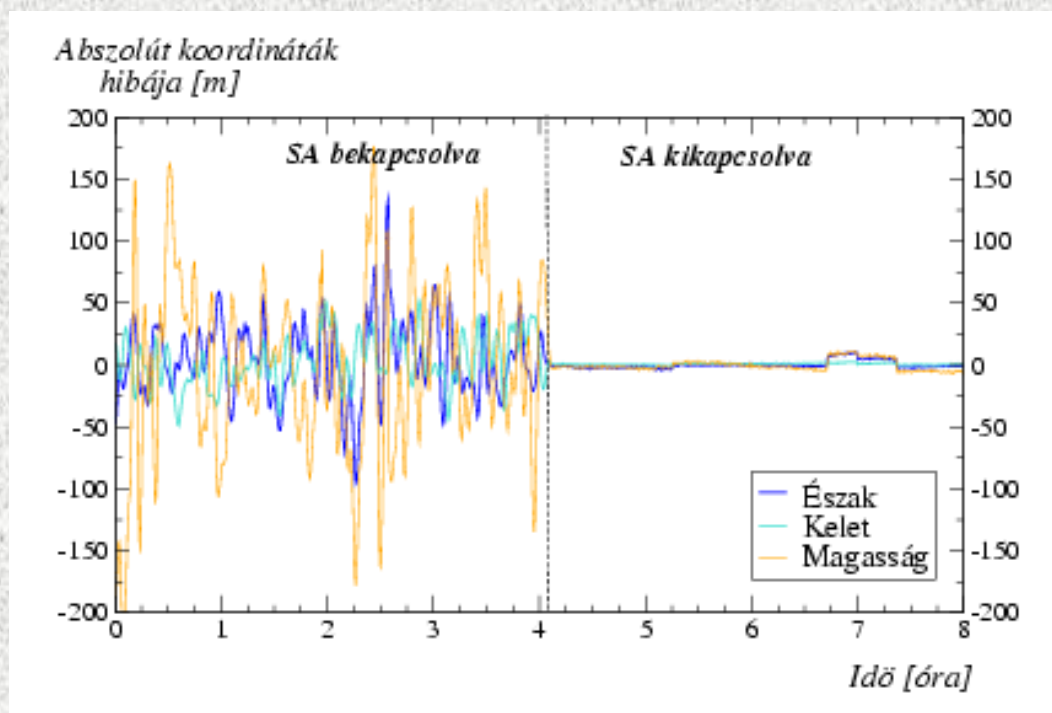
## **Szándékos hibák!**

- Az elvet "Szelektív hozzáférés"-nek (SA = Selective Availability) nevezzük, és azért vezették be, nehogy ellenséges erők, vagy terrorista csoportok használhassák a GPS-t.

## **Szelektív hozzáférés**

- 1996-ban úgy döntött az Egyesült Államok kormánya, hogy 2000-ben felülvizsgálja a szelektív hozzáférés szükségességét.
- Alapvetően a Nemzetvédelmi Minisztérium egy bizonyos algoritmus szerint "elrontja" a műholdak idő- és pályainformációit. Ez az egyetlen vevővel dolgozó felhasználókat érinti hátrányosan, mivel a pálya- és időhiba pozícióhibaként jelenik meg.
- Ezek az összetevők együttesen a SA-t a legnagyobb hibaforrássá teszik a rendszerben. A katonai vevők rendelkeznek egy dekóderrel, amely eltünteti a SA hibát, így ők sokkal pontosabb eredményt kapnak.
- Szerencsére ezek a pontatlanságok nem adódnak össze többszörösen hibaként. A GPS differenciális módszerével ezek a problémák jelentősen csökkenthetők. Erről még később tárgyalunk.

# Szándékos zavarás (SA) 2



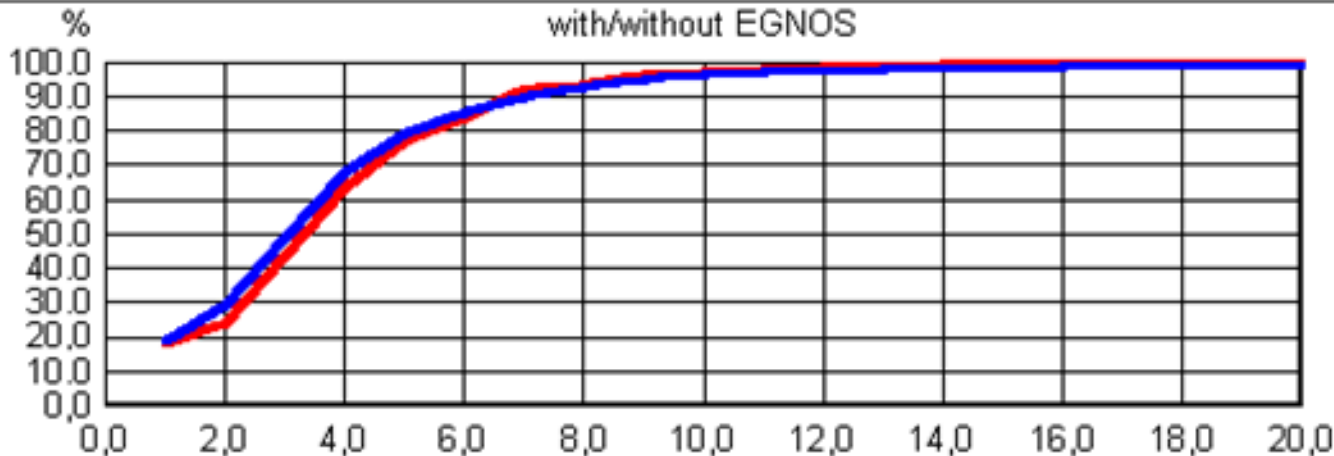
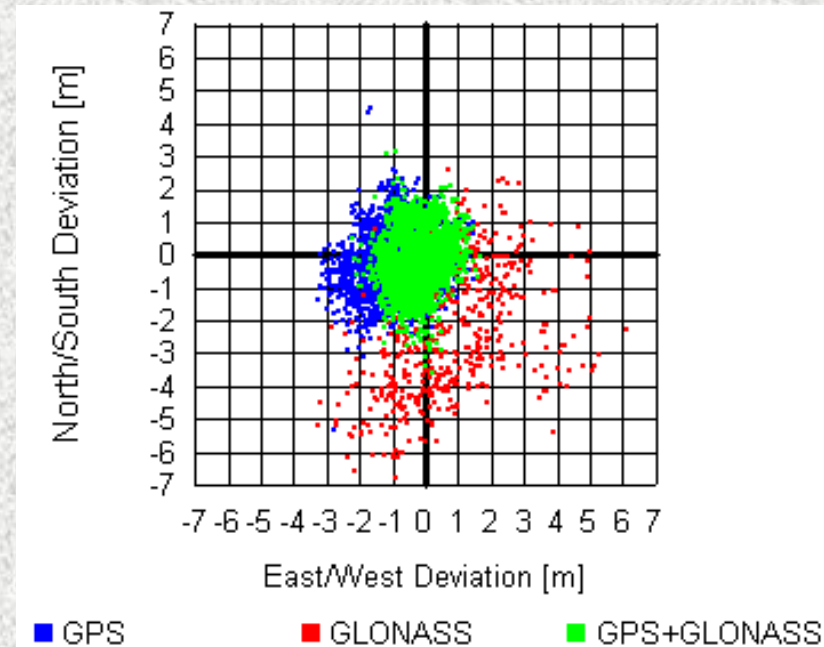
Clinton elnök döntésére **európai idő szerint 2000. május 2-án hajnalban megszüntették a GPS pontosságának mesterséges rontását.** A hivatalos közlés szerint ezzel a valós idejű helymeghatározás **pontossága tízszeresére nőtt,** azaz a vízszintes helymeghatározás hibája mintegy tíz méterre csökkent. A gyakorlati tapasztalatok szerint azonban sok esetben néhány méteres pontosság is elérhető.

# A hibaforrások által keletkező pontatlanságok mértéke

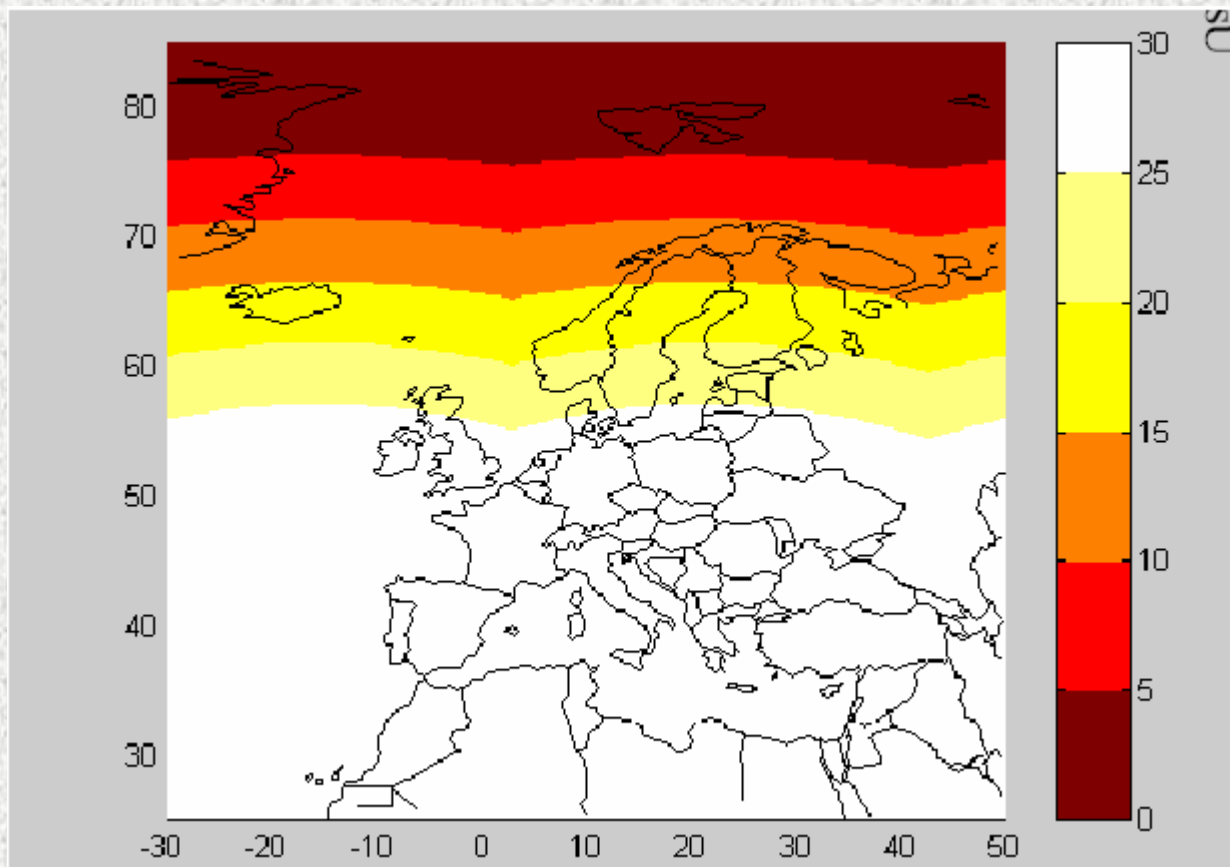
<b>A hiba jellege méterben</b>	<b>(műholdanként) szabályos GPS</b>	<b>Differenciális GPS</b>
Műhold óra	1.5	0
Pályahiba	2.5	0
Ionoszféra	5.0	0.4
Troposzféra	0.5	0.2
Vevő zaj	0.3	0.3
Többutas terjedés	0.6	0.6
SA	30	0

# Európai és Orosz rendszerek

- **GLONASS**  
(**GLO**bal **NA**avigation **S**atellite **S**ystem)
- **EGNOS**  
(**E**uropean **G**eostationary **N**avigation **O**verlay **S**ervice)

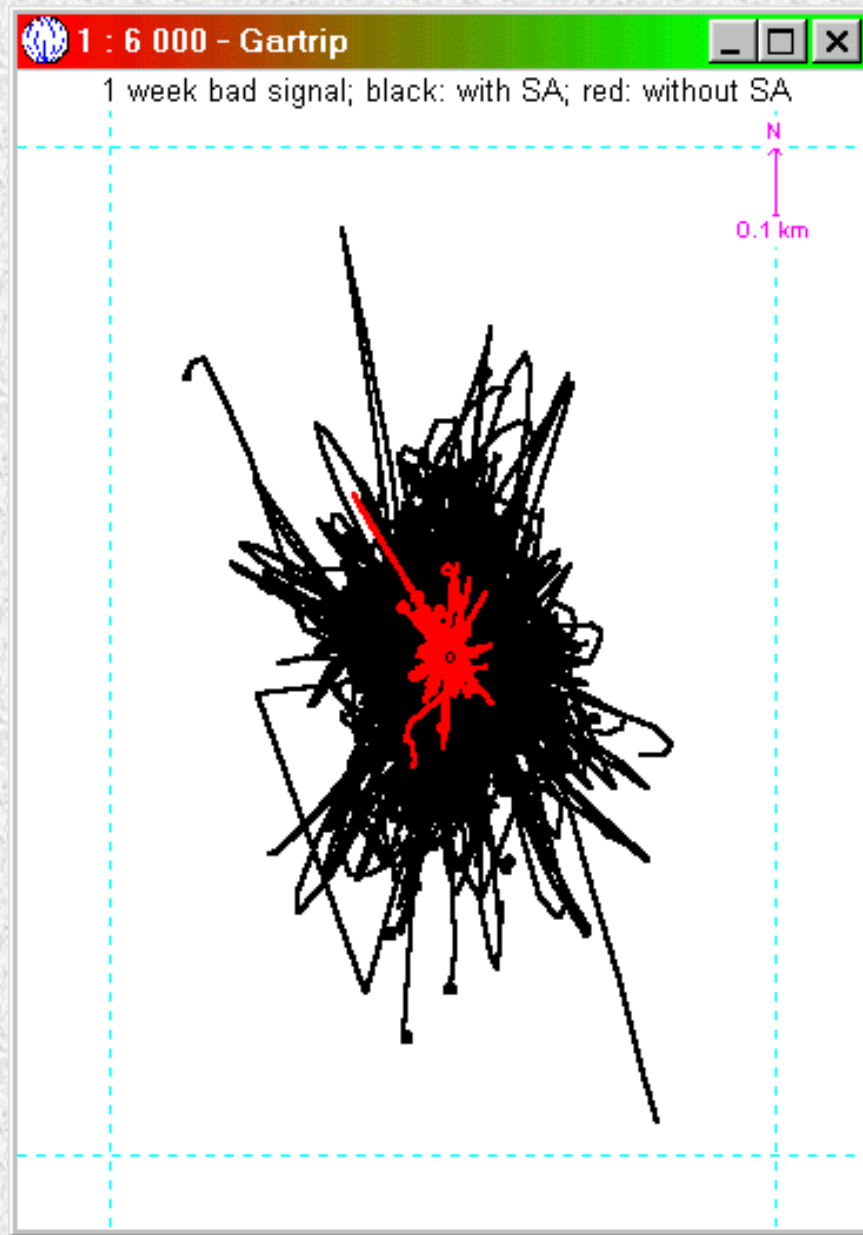
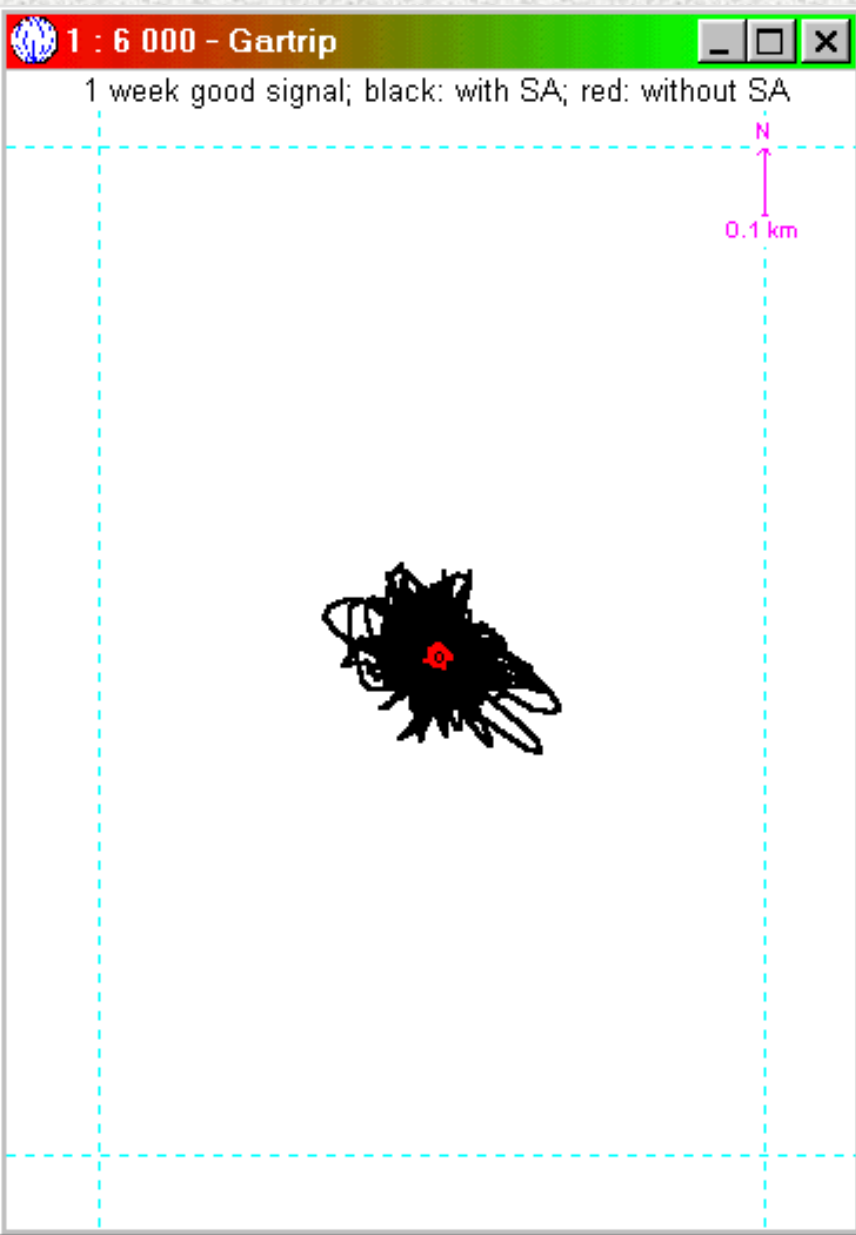


# Az EGNOS rendszer használhatósága

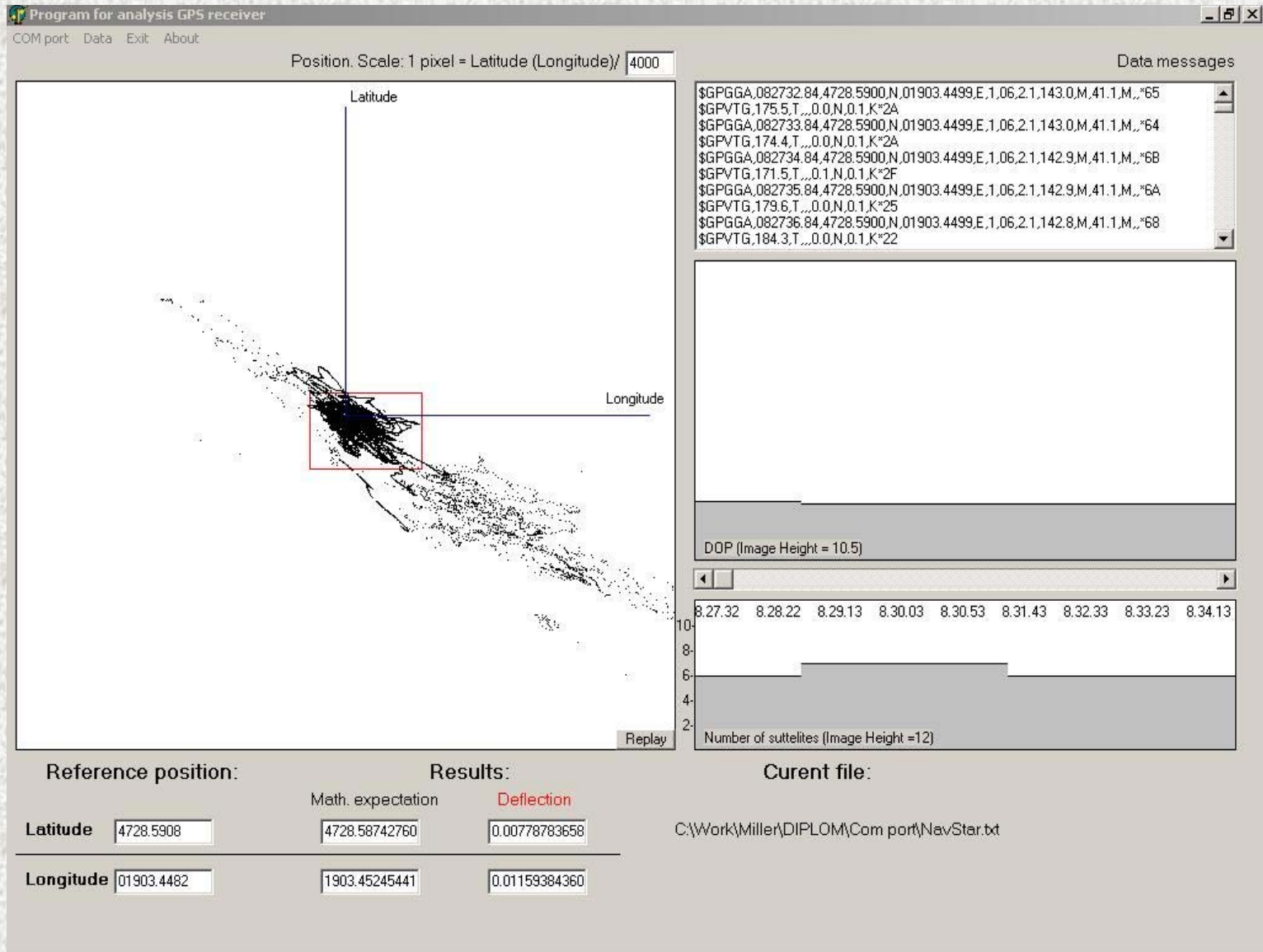




# Mérési bizonytalanság SA kóddal és nélküle.

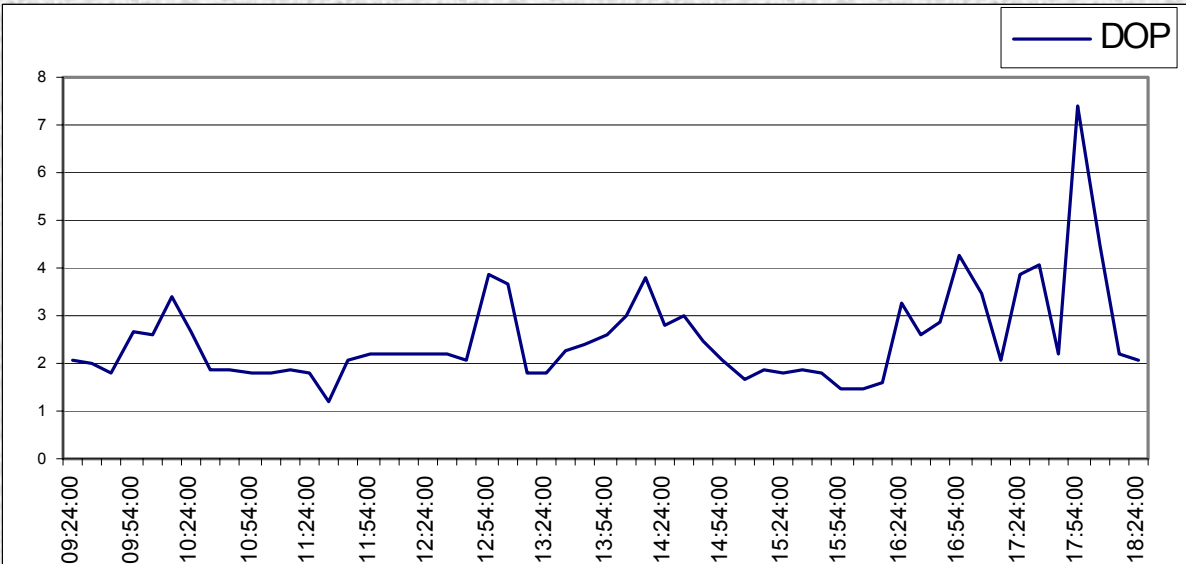


# Mérési eredmények



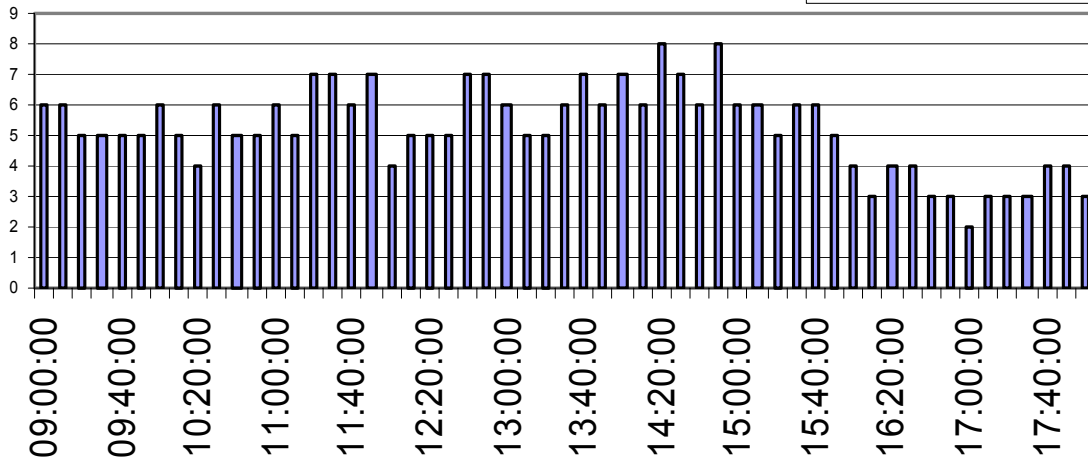
# Mérési eredmények

Az eltérés az adott koordinátájú helyen (Budapesten) megfelel: **8,02 méter szélesség mentén; 8 méter hosszúság mentén.**

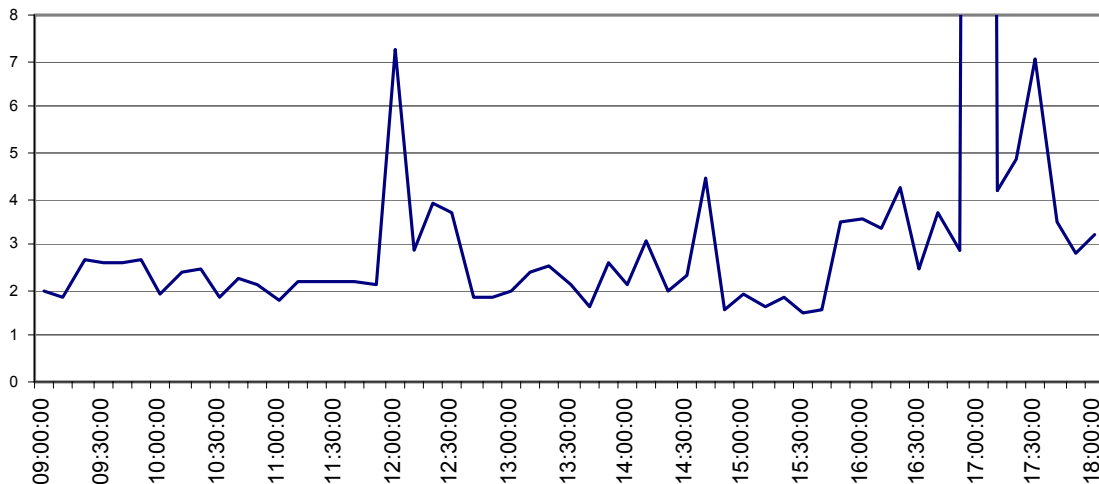


# Mérési eredmények

■ Number of satellites



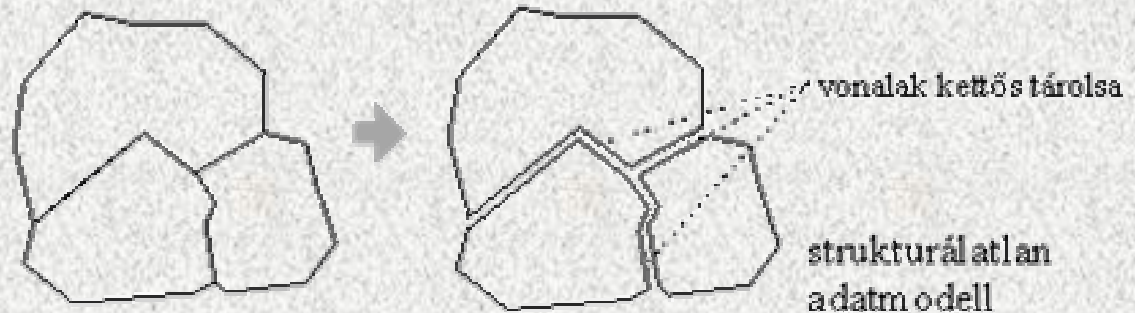
— DOP



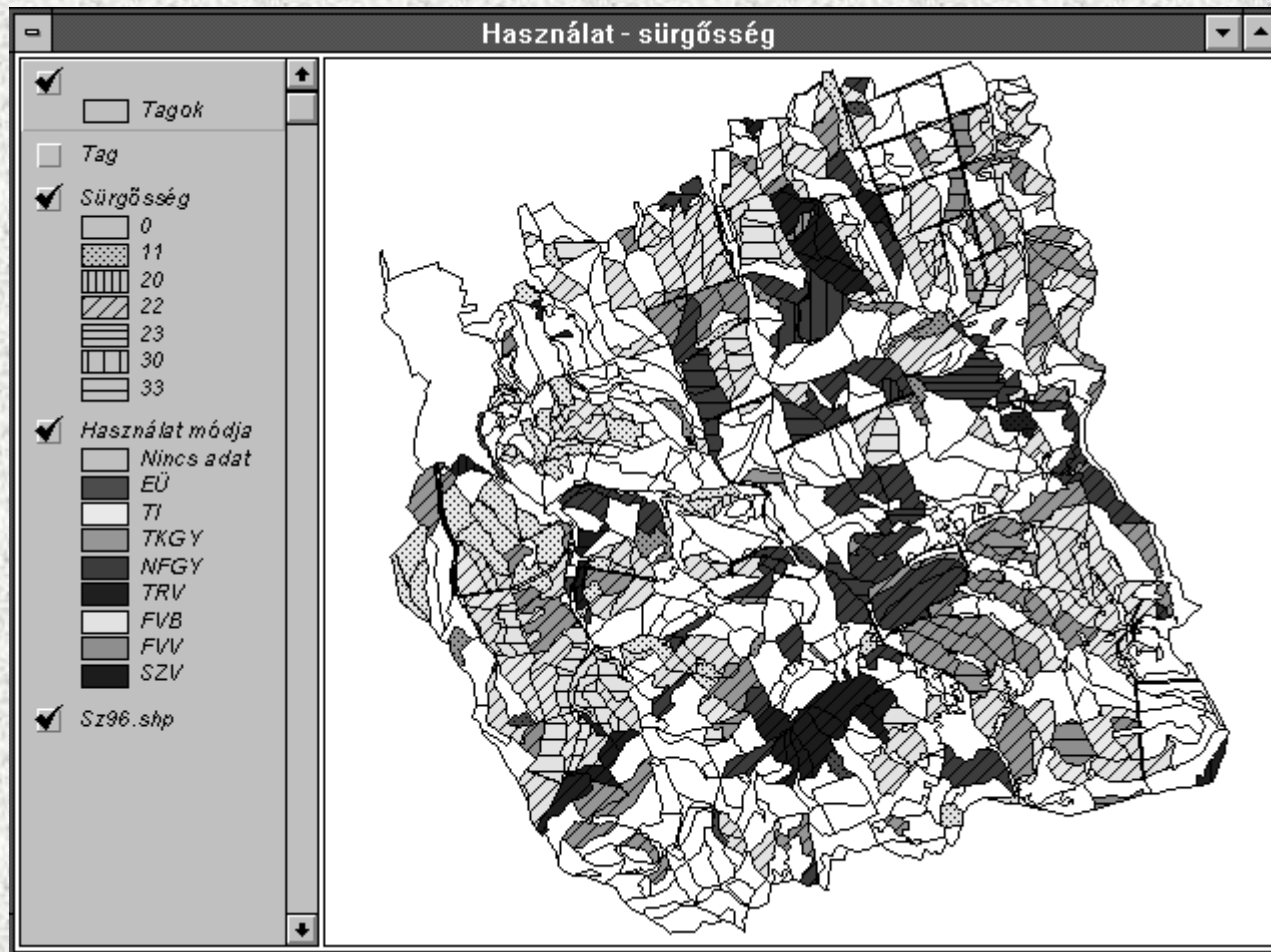
**Az eltérés az adott koordinátájú helyen (Budapesten) megfelel: 14,55 méter szélesség mentén; 14,42 méter hosszúság mentén.**

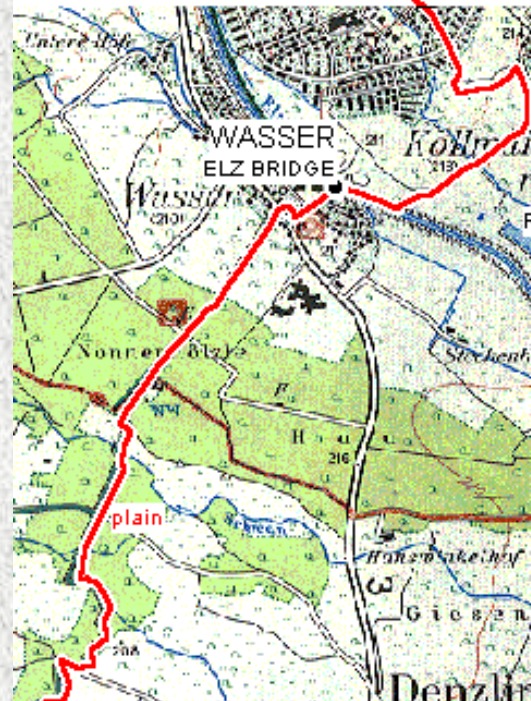
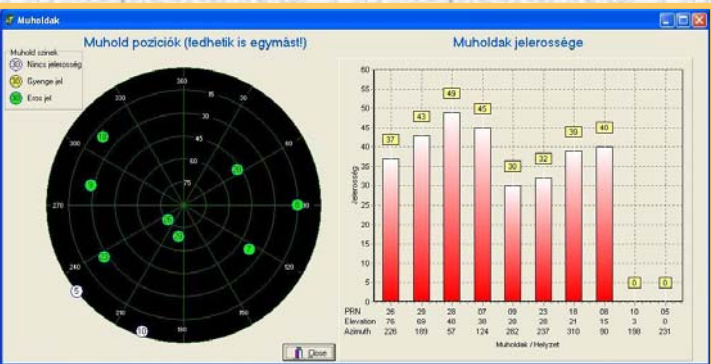
# Adatok feldolgozása

- A GPS adatait különféle programokkal fel lehet (kell dolgozni)
  - térképi adatbázis létrehozása,
  - rögzített útvonalak térképhez illesztése.

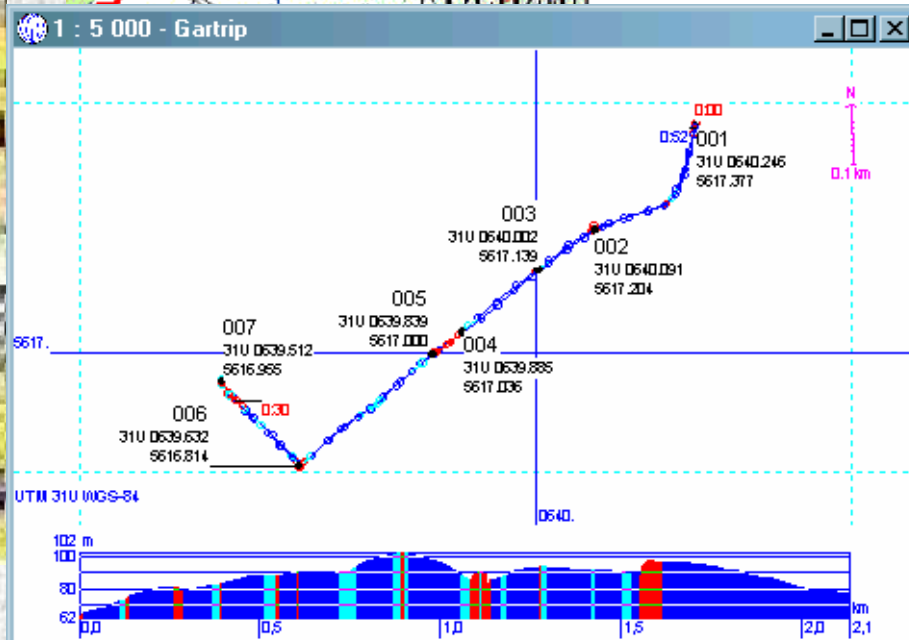
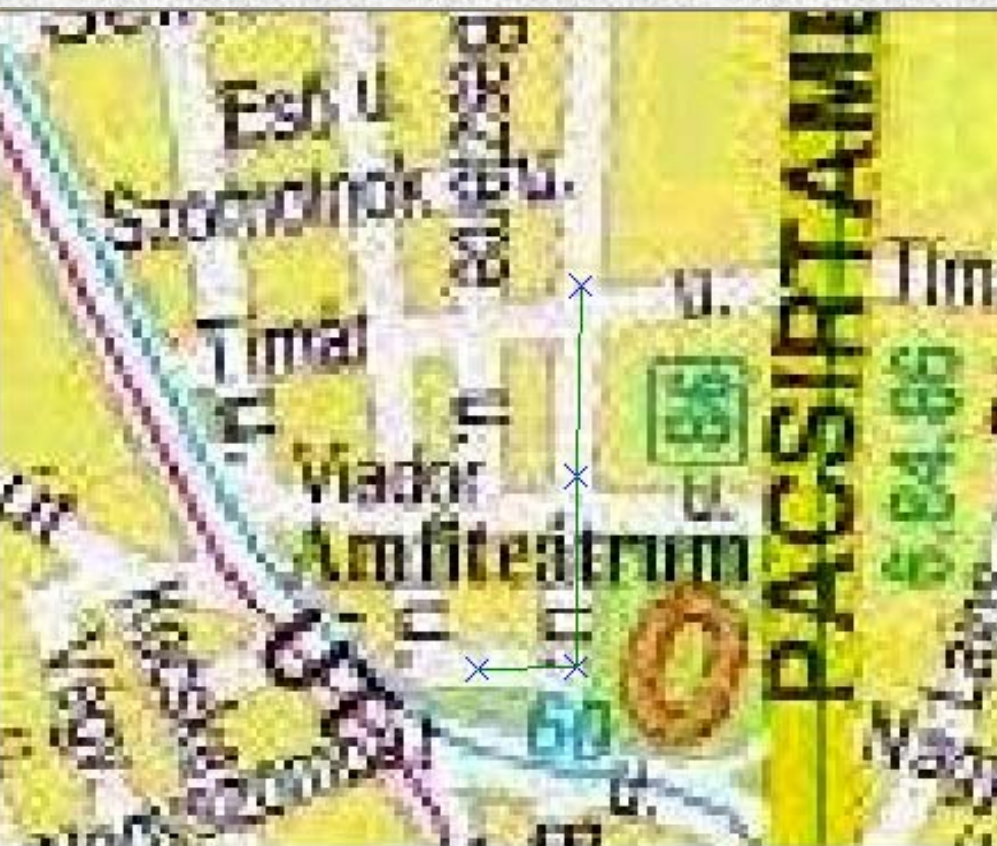


# Adatok feldolgozása

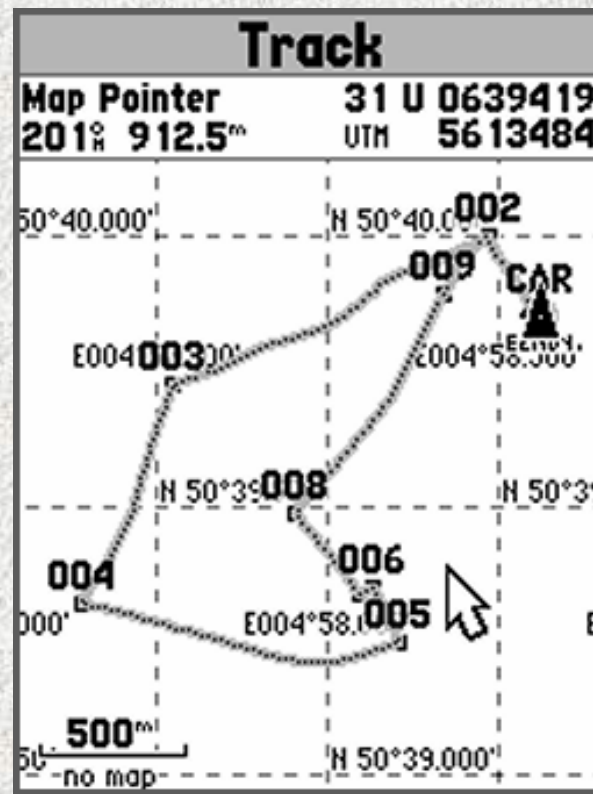
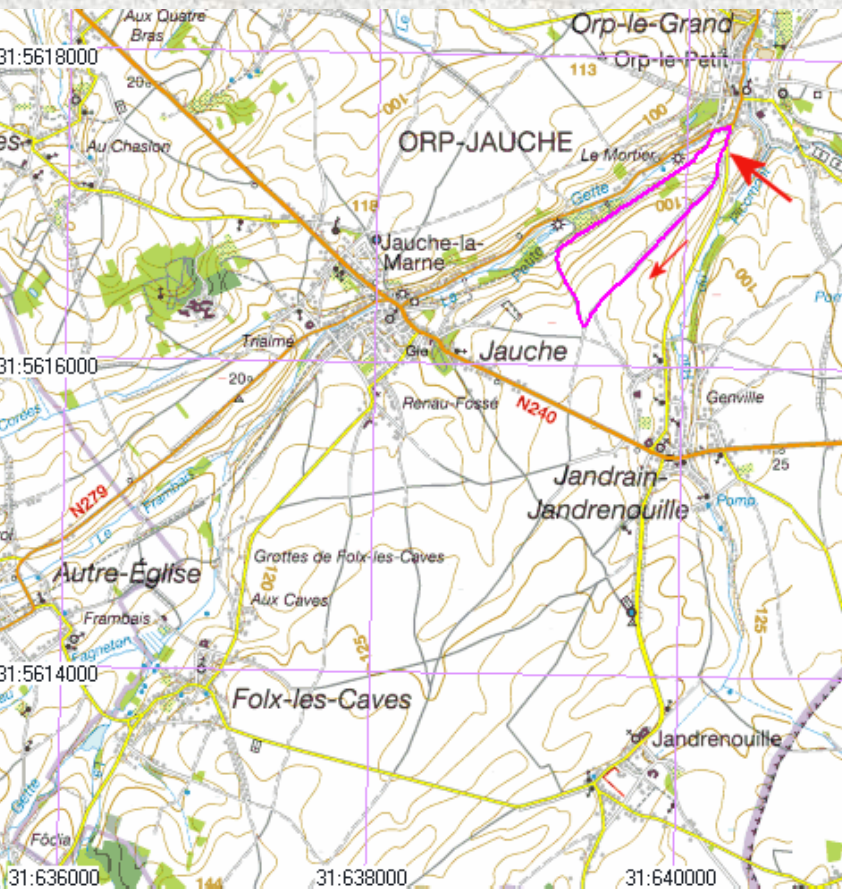




Copyright by <http://www.lv-bw.de/>  
Landesvermessungsamt Baden-Württemberg

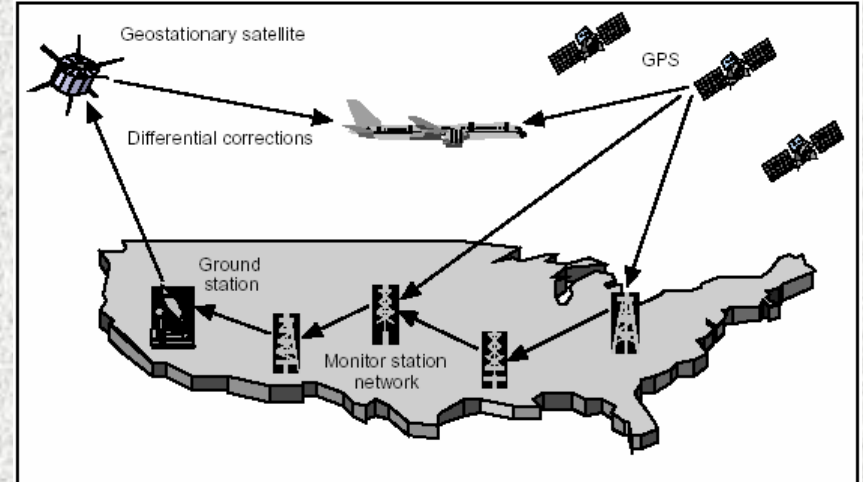
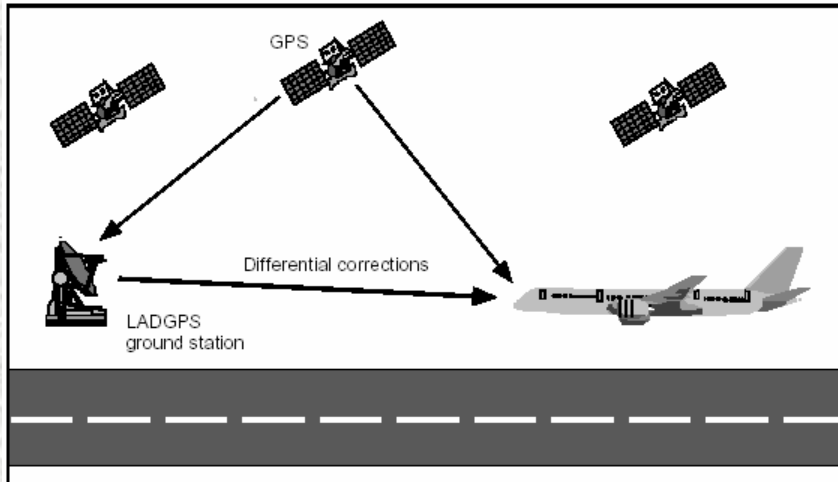


# Térképre illesztett nyomvonal





# DGPS



# Háttérinformációk

- <http://www.kowoma.de/gps/>