

6. előadás:

**A GPS mérésekről. A statikus és kinematikus mérések fontosabb jellemzői. Valós idejű differenciális (DGPS) és kinematikus (RTK) mérési módszerek.**

A GPS mérések egyik nagy előnye, hogy a mérések végrehajtásához látszólag nincsen szükség nagy szakértelemre, hiszen az esetek jelentős részében csupán az eszközök őrzéséről és az áramellátás biztosításáról kell gondoskodnunk. Ugyanakkor a mérések szakszerű elvégzése és a megfelelő minőségű koordinátameghatározás érdekében a méréseket körültekintően meg kell terveznünk. Jó eredményeket csak a megfelelő mérőeszközökkel a megfelelő mérési eljárást felhasználva érhetünk el. Az Amerikai Geodéziai és Térképészeti Kongresszus a GPS méréseket az 6.1 táblázatban található pontossági kategóriákba osztotta. A pontossági kategóriák nem csak a felhasználók pontossági igényeit jelölik ki, hanem egyben azt is meghatározzák, hogy milyen mérőfelszerelést kell alkalmaznunk az egyes pontossági kategóriákon belül.

A többméteres és tízméteres kategória ideális mérőeszközei a navigációs vevők. Jellemzően kódmerést hajtanak végre, differenciális korrekciók nélkül vagy differenciális korrekciókkal. Előnyük, hogy a méretük kicsi és az adatok rögtön rendelkezésre állnak. Irodai feldolgozást nem igényelnek.

Méteres-szubméteres-deciméteres pontossági igényekre az ún. térinformatikai vevők alkalmazhatóak. Ezek a vevők általában már fázismérésre is alkalmasak, a fázisméréseket is bevonják a helymeghatározásba. Még mindig kézben tartható kompakt eszközökről beszélhetünk.

Centiméteres pontossági igényeket a geodéziai célú GNSS vevőkkel elégíthetünk ki. Ezek a vevők már kivétel nélkül fázismérést dolgoznak fel, lehetnek egy vagy többfrekvenciásak. Egyes vevők csak egyetlen műholdrendszert képesek észlelni, míg mások több műholdrendszerrel együttesen is tudnak működni. A geodéziai vevők másik fontos jellemzője a geodéziai antenna, ami már többutas terjedés csökkentő elemekkel van ellátva, és a fáziscentrum külpontossága is csekély.

A geodinamikai célú mérésekhez geodinamikai GNSS vevők használhatóak. Fő különbség a geodéziai vevőkhöz képest a stabilabb fáziscentrummal rendelkező antenna, illetve a nagyobb memóriával rendelkező GNSS vevő a hosszú mérési időtartamok miatt. Sok esetben a geodinamikai célú vevőkhöz napelemes külső áramforrás és valamilyen vezetékes vagy vezeték nélküli kommunikációs lehetőség is tartozik, hogy a vevők távoli elérése és kezelése is megoldható legyen.

pontossági kategória	ponthiba
tízméteres	> 10,0 m
többméteres	1,50-10,0 m
méteres	0,50-1,50 m
szubméteres	0,20-0,50m
deciméteres	0,05-0,20m
centiméteres	5mm – 50mm
milliméteres	< 5mm

6.1 táblázat: A GPS mérések pontossági kategóriái

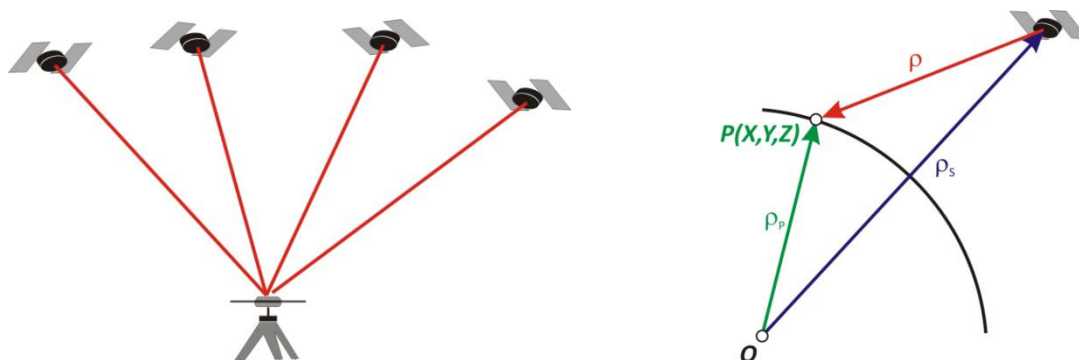
Általánosságban kijelenthetjük, hogy geodéziai pontosságot csak fázismérésre képes vevővel tudunk elérni. Az eszközök természetesen lefelé kompatibilisek egymással, azaz egy

nagy pontossági igényt kielégítő geodinamikai vevő is képes kódméréssel történő koordinátameghatározásra. Ugyanakkor általában a vevők szoftvereit célirányosan az adott feladatra tervezik, így a geodinamikai vevők általában nincsenek ellátva navigációs funkciókkal (pl. térképezés).

### 6.1. Abszolút és relatív helymeghatározás

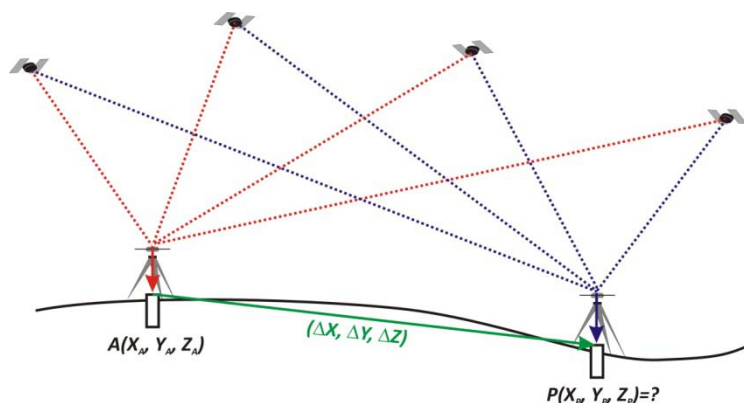
Abszolút helymeghatározásról (single point positioning) akkor beszélünk, amikor egyetlen pont koordinátáinak meghatározását végezzük el csak ezen a ponton végzett kód és/vagy fázismérések felhasználásával (6.1 ábra). Egyidejűleg minimálisan 4 műholdat kell észlelnünk, ekkor háromdimenziós koordinátákat tudunk meghatározni. Három műhold egyidejű észlelése esetén ellipszoid felületi koordinátákat határozhatunk meg.

Az abszolút helymeghatározást a legtöbb esetben kódméréssel hajtjuk végre (pl. a navigációs célú vevők esetén), de bizonyos korlátok mellett ugyanez fázisméréssel is megvalósítható (nagy pontosságú abszolút helymeghatározás – precis point positionin, PPP).



6.1 ábra: Az abszolút helymeghatározás elve

Relatív helymeghatározás esetén egy ismert koordinátájú ponthoz képest határozzuk meg további pont(ok)  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  és  $\Delta Z$  koordinátakülönbségeit. Fontos, hogy a vektor (bázisvonal) mindkét végén ugyanazokat a műholdakat ugyanabban az időpillanatban észlelje mindkét vevő (6.2 ábra). Ha kódméréssel végzünk relatív helymeghatározást akkor azt differenciális GPS mérésnek nevezzük, míg fázismérés esetén általában egyszerűen a relatív helymeghatározás elnevezést használjuk.



6.2 ábra: A relatív helymeghatározás elve

## 6.2. A GPS mérések csoportosítása a vevők elhelyezése szerint

A vevők elhelyezése szerint beszélhetünk statikus mérésekről és kinematikus mérésekről. Statikus mérések esetén a vevők a mérés során nem mozdulnak, műszerállványon, pilléren vagy rögzített antennatartó boton kerülnek elhelyezésre. Ezzel szemben kinematikus mérések esetén a műszerek közül egy, vagy akár több is, a mérés folyamán mozog. A kinematikus mérések általában érzékenyebben a jelvesztésre (ciklusugrás), viszont sokkal tágabb területen alkalmazhatóak, hiszen nem követelmény a mérés közben a vevő mozdulatlansága. Ilyen alkalmazási területek lehetnek a navigációs alkalmazása, a valós idejű mozgásvizsgálatok, stb.

## 6.3. A GPS helymeghatározási módszerek

### 6.3.1. A statikus-abszolút módszer

A mérés célja egyetlen, a mérés során mozdulatlan antenna térbeli helyzetének meghatározása. Általában kód-méréssel hajtják végre (SPP), de akár fázisméréssel is végrehajtható bizonyos korlátok mellett (PPP). Kód-mérés esetén a WGS-84 koordináták általában a kijelzőn leolvashatóak, valamint hosszabb mérés esetén a koordináta-megoldások átlagolhatóak is.

A statikus abszolút módszer akkor alkalmazható, ha nincsen geodéziai alappont a munkaterület környezetében, viszont meg kell jegyeznünk, hogy kizárólag fázismérés esetén éri el a geodéziai pontosságot. Fázisméréssel végrehajtott abszolút helymeghatározáshoz kulcsfontosságú a nagy pontosságú műholdóra és pályamodellek használata.

A statikus abszolút módszer segítségével elvégezhetjük a vevőóra szinkronizálását is. Kód-méréssel végrehajtott mérés esetén a vízszintes értelmű pontosság kikapcsolt SA mellett 8-15 méteres nagyságrendű.

### 6.3.2. Kinematikus-abszolút módszer

Célja általában egy mozgó járművön (autó, repülő, hajó, stb.) elhelyezett antenna helyzetének folyamatos meghatározása a jármű mozgása közben. Általában kód-méréssel hajtják végre, jellemző pontossága 8-15m.

### 6.3.3. Statikus-relatív módszer

Statikus relatív módszer esetén két vagy több antenna közötti koordinátakülönbségek meghatározása a mérés célja. Ez volt az első igazán elterjedt geodéziai helymeghatározási eljárás, és még ma is ez a technika biztosítja a legnagyobb elérhető pontosságot.

Fázisméréssel a mérési idő és az alkalmazott mérőeszközök függvényében kielégíthető a geodéziai és a geodinamikai pontossági igény is (milliméter-centiméter).

## 6.4. A mérések feldolgozása szerinti csoportosítás

A mérések feldolgozása szerint megkülönböztethetünk utófeldolgozott és valós idejű eljárásokat. Utófeldolgozás alatt azt értjük, hogy a terepi mérést követően az adatokat egy irodai szoftver segítségével dolgozzuk fel és az irodában utólag határozzuk meg a pontok koordinátáit. A hosszabb időtartamú mérések együttes kiegyenlítésével általában nagyon pontossági igények is kielégíthetőek, illetve az utófeldolgozás során a szabályos hibák kiküszöbölésére/csökkentésére is pontosabb modelleket tudunk figyelembe venni (IGS pálya és órákorrekciók, ionoszféra modellek)

Ezzel szemben a valósidejű mérések esetén az eredményt (a mért koordinátát) a mérést követő maximum néhány másodpercen belül megismerhetjük. Ez alapvető követelmény a navigációs eljárásoknál, illetve a geodéziai kitűzéseknél is. Általánosságban elmondható, hogy a valós idejű mérések kevésbé pontosabb eredményt szolgáltatnak, mint az utófeldolgozott eljárások.

## 6.5. A különféle geodéziai célú GNSS mérések áttekintése

### 6.5.1. Statikus mérések

A statikus mérések utófeldolgozott relatív helymeghatározási technikával végrehajtott mérések. Minimális követelmény, hogy ugyanazokat a műholdakat ugyanabban az időpontban minimálisan két vevő észlelje, azaz a vevőknek szimultán észleléseket kell végeznie.

A statikus mérésekkel kapcsolatban át kell tekintenünk néhány alapfogalmat. **Mérési periódus** alatt azt az időtartamot értjük, amíg a vevőkészülékek egyidejűleg folyamatosan szimultán észleléseket végeznek a látható műholdakra. A holdak száma és maguk a holdak is változhatnak, de mindenképpen mindkét vevőnek észlelnie kell őket („közös” műholdak).

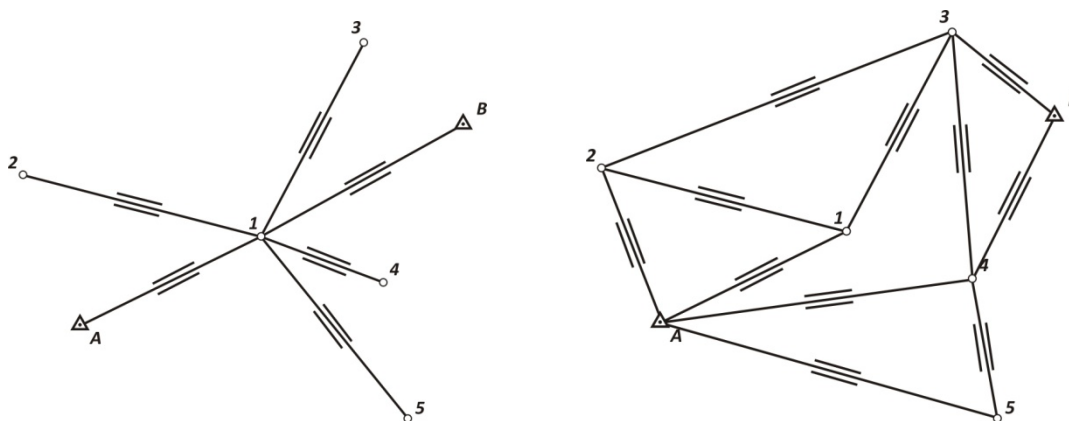
A mérési periódusokat általában az adott napon belül 0-tól növekvő számokkal azonosítjuk, ha 10 mérési periódusnál több periódust mérünk, akkor a 9-es azonosítót követően az ABC betűt használjuk a mérések azonosítására. Például a BUTE2342.110 elnevezésű fájlról tudjuk, hogy azt a BUTE állomás észlelte, 2011. év 234. napján, és azon belül a harmadik mérési periódushoz tartozott az állomány.

**Mérési intervallum** alatt azt az időtartamot értjük, ami eltelik két egymást követő mérési epocha között. Statikus méréseknél ez az intervallum általában 5-15 másodperc közötti. Mivel alapvető követelmény, hogy a műholdakat a vevő azonos időpontban észleljék, ezért fontos, hogy mindegyik vevőn azonos mérési intervallum legyen beállítva.

**Kitakarási szög** alatt azt a magassági szöget értjük, amely alatt látható műholdakat a vevő nem észleli. Mivel az alacsony magassági szög alatt látható műholdak általában zajosabb észlelést tesznek csak lehetővé, ezért geodéziai méréseknél általában 10-15°-os kitakarási szöget használunk. Meg kell azonban említeni, hogy a horizont körüli műholdak elősegítik a troposzféra okozta késleltetés becslését és ezáltal pontosabb magasságmeghatározást tesznek lehetővé. Ennek következtében az optimális helyeken (kitakarásmentes környezetben) elhelyezett permanens GNSS állomások általában 0°-os kitakarási szöggel rögzítik a mérési eredményeket.

A statikus mérések végrehajtása során kétféle mérési elrendezést alkalmazhatunk. Radiális elrendezés esetén egy a mérendő hálózat középpontjában elhelyezkedő vevőhöz képest határozzuk meg a pontokra mutató vektorokat (6.3 ábra), míg hálózatszerű elrendezés esetén a hálózatban mérhető – lehetőség szerint – összes vektort megmérjük. Gazdaságossági szempontból a radiális elrendezés javasolt, ugyanakkor radiális elrendezés esetén az esetleges pontraállási hibákat, vagy antennamagasság mérési hibákat nem tudjuk a feldolgozás során felismerni, így ezen hibák hatása a koordinátamegoldásokban is jelentkezik.

Hálózatszerű elrendezés esetén a hálózatban létrejött vektorháromszögek mérési hibák nélkül zárt vektorháromszögeket alkotnának. Amennyiben pontraállási vagy antennamagasságmérési hiba terheli a méréseinket, az kideríthető a vektorháromszögek zárásának ellenőrzése során (GPS Loop Closure). Ráadásul a hálózatszerű elrendezés esetén nagyszámú fölös mérést használhatunk fel a mérések kiegyenlítése során, így megbízhatóbb eredményeket kaphatunk. A mérések pontosságának szempontjából tehát a hálózatszerű elrendezés javasolható.



6.3 ábra: Statikus mérések radiális és hálózatszerű elrendezése

### 6.5.1.1. A statikus mérések fajtái

Statikus mérések csoportjába tartoznak a hagyományos statikus, a gyors statikus és a visszatéréses eljárások.

**Hagyományos statikus** méréseket geodinamikai célokra, illetve nagy kiterjedésű alaphálózatok kiépítésére használhatunk. A jellemző ponthiba 5mm alatti, a bázishosszak viszont elérhetik a több ezer kilométert is. A mérések általában hosszú ideig tartanak. Egy órától a több napig akár több hétig tartó kampányokkal is találkozhatunk.

A **gyors statikus** méréseket a ciklustöbbszörözések feloldásának hatékonyabb technikái tették lehetővé. A mérési periódus időtartama néhány perc és általában rövid bázisvonalak esetén alkalmazzuk. A rövid mérési időtartamok miatt a hálózatszerű elrendezés alkalmazása nagyon nagy körültekintést igényel és nehezen tervezhető, emiatt a radiális elrendezést szokták alkalmazni. A műszerek elhelyezése általában műszerállványon, vagy kitámasztóval ellátott antennatartó bittal történik.

A **visszatéréses** eljárás során az egyes pontokon megismételjük a gyors-statikus méréseket eltérő műholdgeometria mellett (legalább 1 óra elteltével). Így az egyes pontokon akár 5 perces mérés is elegendő a centiméteres pontosság eléréséhez. Előnye, hogy egy-egy ponton rövidebb mérési idő is elegendő, ugyanakkor a logisztikai költségek magasabban a gyors statikus méréshez képest.

A **GPS sokszögelés** során (6.4 ábra) az egyes sokszögoldalakat mérjük végig gyors statikus méréssel, majd a sokszögoldalak koordinátakülönbségeinek ismeretében a sokszögpontok koordinátái kiszámíthatóak.

elnevezés	jellemző alkalmazás	jellemző ponthiba	jellemző bázishossz	a mérési periódus időtartama
hagyományos statikus	geodinamika, mérnökgeodézia	< 5 mm	> 10 km	> 1 óra (több nap)
gyors statikus	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	10-30 perc
visszatéréses	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	2×(5-10) perc
GPS	alappontsűrítés	1-2 cm	< 15 km	10-30 perc

6.2 táblázat: A statikus mérések fajtái



6.4 ábra: A GPS sokszögelés elve

### 6.5.1.2. A statikus mérések folyamata

A statikus mérések folyamata hat fő lépésből áll. Az irodai előkészítést követi a terepi előkészítés, majd az állandósítás illetve a mérések előkészítése következik. Végül a mérés végrehajtásával és a mérések feldolgozásával zárul a folyamat. Az egyes lépések az alábbi munkafolyamatokat tartalmazzák:

#### Irodai előkészítés:

- vízszintes, magassági és OGPSH pontok pontleírásának, pontvázlatának beszerzése;
- új pontok előzetes helyének kiválasztása (jó kilátás az égboltra; megközelíthetőség; fennmaradás; elhelyezkedés lehetőleg közterületen; tájékozó irányok mérhetősége)

#### Terepi előkészítés:

- helyszínelés, döntés a pontok végleges helyéről;
- a kiválasztott pontjelek ideiglenes megjelölése (kitűzési vázlat, pontszám, tájékozó irányok pontszáma)
- kitakaró objektumok azonosítása, esetleg felmérése – antennatartó szerkezet méreteinek meghatározása v. kitakarási ábra szerkesztése;
- hullámterjedésre kedvezőtlen hatások felsorolása (pl. rádióforrások, magassz. Vezetékek, nagy fémtárgyak)
- pontleírás készítése;
- megközelítési utasítás készítése;

#### Állandósítás

- az állandósítás az alappont rendeltetésének megfelelően történik (pl. magasságmeghatározásra használjuk-e vagy sem, mozgásvizsgálati pont-e vagy sem, stb.)

#### Mérés előkészítése:

- mérési ütemterv készítése (műholdgeometria előrejelzése, mérési ablakok kiválasztása)
- a műszerek mérési beállításainak elvégzése (kitakarási szög, mérési intervallum)
- mérési jegyzőkönyvek elkészítése (Psz; műszer típus, gysz; antenna típus, gysz; antennamagasság; intervallum; észlelt műholdak sz.; akkumulátor állapota, stb.)



- mérőfelszerelés ellenőrzése (libellák, optikai vetítők igazítottsága)

#### Mérés

- pontraállítás (alaphálózati méréseknél a felső kő eltávolításával);
- műszerfelszerelés összeállítása;
- antennamagasság mérése;
- mérés végrehajtása (műholdak, PDOP, akkumulátor);
- antennamagasság mérése ellenőrzésként, illetve a pontraállítás ellenőrzése;

#### Feldolgozás:

- fájlok beolvasása (mérési jellemzők beállítása – antenntípus, antennamagasság, pontszám);
- bázisvonalak feldolgozása (az adatok szűrésével);
- hálózatkiegyenlítés (ha lehetséges);
- koordinátatranszformáció;

### 6.5.2. A kinematikus mérések

A kinematikus mérések is a fázisméréssel történő relatív helymeghatározási technikán alapulnak. Ebben az esetben is egy ismert koordinátájú ponthoz képest határozzuk meg az ismeretlen pontok koordinátáit általában centiméteres pontossági igénnyel.

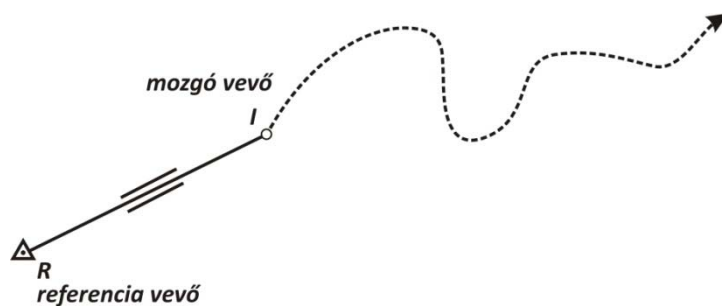
Mivel itt is fázismérésről van szó, ezért a geodéziai pontosság eléréséhez elengedhetetlen a ciklustöbbségek feloldása. A mérés kezdeti időpontjára vonatkozó  $N_i$  egész értékek meghatározásának folyamatát hívjuk inicializálásnak.

#### 6.5.2.1. Inicializálási eljárások

A ciklustöbbségek megoldására többféle inicializálási eljárást alkalmazhatunk. A következőkben áttekintjük ezeket az eljárásokat.

##### 1. Gyors-statikus méréssel (6.5 ábra) meghatározzuk a mozgó vevő kezdőpontjának helyzetét:

- az I inicializáló pont a vevőtől akár távolabb is lehet (max. 15 km);
- hátránya a gyors statikus mérés okozta idővesztés (5-30 perc);

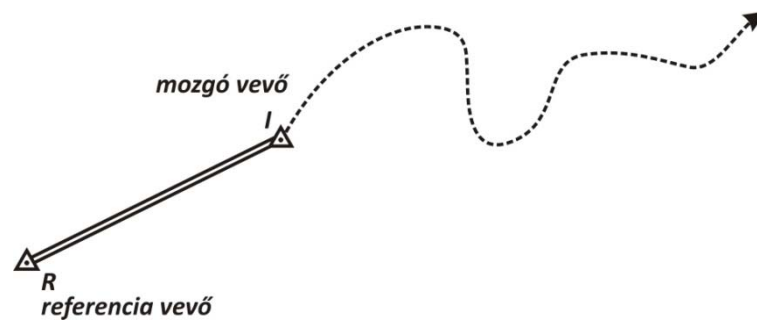


6.5 ábra: Gyors-statikus méréssel történő inicializálás

##### 2. Inicializálás ismert ponton (6.6 ábra)

- az I inicializáló pont egy ismert pont;

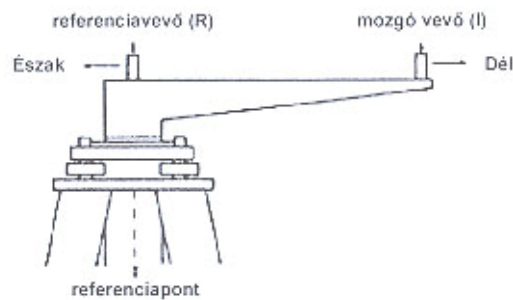
- előnye, hogy csak 1-2 perces mérést kell végezni;
- hátránya, hogy szükségünk van egy további ismert pontra;
- szükséges, hogy a két pont relatív helyzethibája max. 1-2 cm legyen;



6.6 ábra: Inicializálás ismert ponton

### 3. Báziskaros megoldás (6.7 ábra)

- A referenciaponton egy tájolóval és báziskarral ellátott műszertalpat használunk;
- előnye, hogy csak 1-2 perces mérést kell végezni;
- gyakorlatilag ez is egy ismert ponton történő inicializálás;

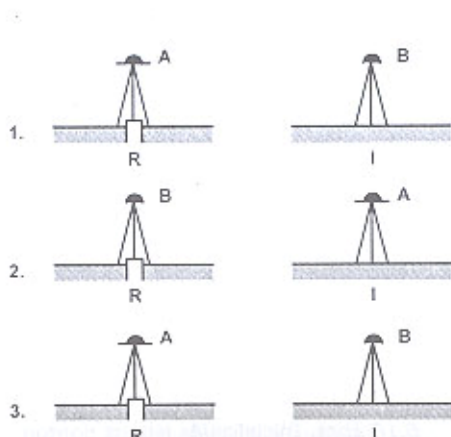


6.6 ábra: Inicializálás báziskarral

### 4. Antennacserés megoldás (6.7 ábra)

- R-A távolság max. 10m;
- 2-8 epocha után helycsere, majd ismét helycsere folyamatos műholdvétele mellett;
- 5-6 perc alatt elvégezhető, de a referencia vevőt a munkaterület közelében kell elhelyezni

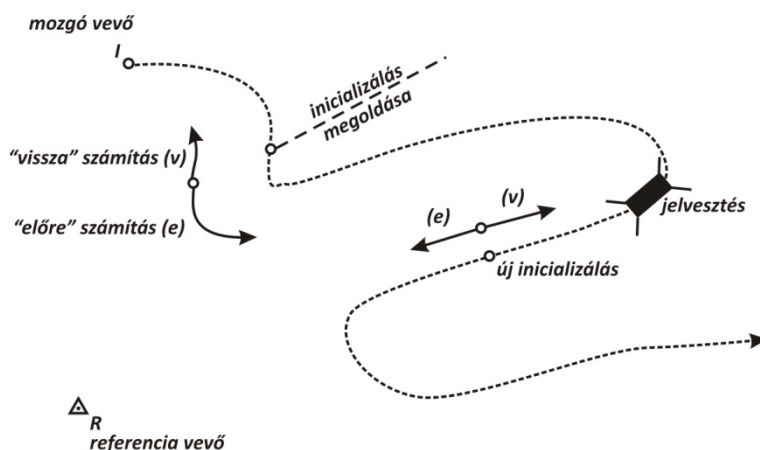




6.7 ábra: Inicializálás antennacserével

### 5. Inicializálás menet közben (OTF – On-the-fly) (6.8 ábra)

- nem kell a mozgó vevőnek ismert pontból indulnia;
- eleinte kb. 200 mp-ig tartott, ma már valós időben is működik (néhány mp);
- az inicializálás alatt nem lehet jelvesztés;
- jelvesztés után újra kell inicializálni;
- visszafelé történő feldolgozás (backward processing)



6.8 ábra: Inicializálás menet közben

#### 6.5.2.2. A kinematikus mérések csoportosítása

A kinematikus méréseket a 6.3 táblázat szerint csoportosíthatjuk. A geodéziai célú kinematikus méréseket a részletes felmérés, kitűzések, mérnökgeodéziai célú mozgásvizsgálatokra használhatjuk fel, illetve bármilyen mozgó platform (járművek, fűrótornyok, hidak) cm pontosságú helymeghatározását végezhetjük el ezekkel az eljárásokkal.

elnevezés	jellemző alkalmazás	jellemző ponthiba	jellemző bázishossz	feldolgozás
félkinematikus (stop & go)	felmérés	1-2 cm	< 15 km	utólagos
valódi kinematikus	felmérés	1-3 cm	< 15 km	utólagos
RTK	felmérés kitűzés	vagy 1-3 cm	< 5-10 km* < 40km **	valós idejű

6.3 táblázat: A kinematikus mérések fajtái (\* saját bázissal, \*\* hálózati RTK megoldással)

A kinematikus mérések folyamat az alábbi lépésekből áll:

### 1. Előkészítés

- Referenciapontok helyének kiválasztása, helyszínelése
- Transzformációs pontok (közös pontok) beszerzése, felkeresése (ha kell)
- Mérések tervezése (különös tekintettel a városi kanyonok hatására)

### 2. Mérés

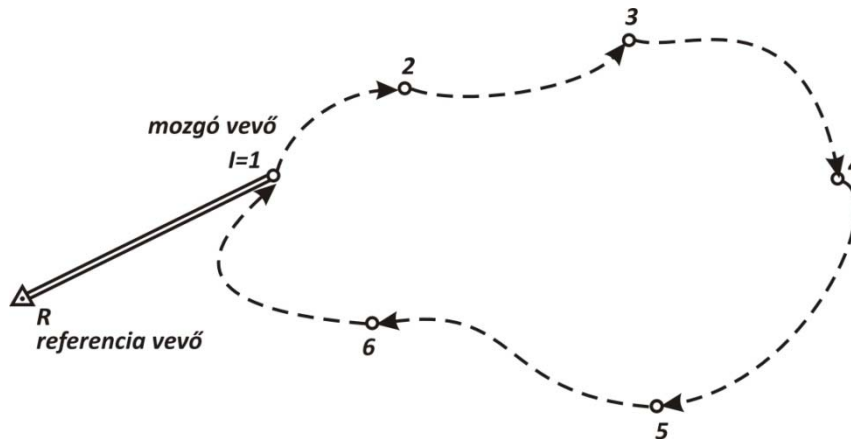
- Félkinematikus módszer;
- Valódi kinematikus módszer;
- RTK módszer;

### 3. Feldolgozás

- Mért vektorok feldolgozása;
- Koordinátaszámítás;
- Transzformáció a helyi rendszerbe;
- Esetleg szűrés, felesleges mérések eltávolítása, stb.

A mérési módszerek közül korábban az egyik leggyakrabban használt eljárás a félkinematikus (Stop & Go) módszer (6.9 ábra). Az inicializálást követően folyamatos műholdészlelés mellett, de adatrögzítés nélkül haladunk az egyes felméréndő pontok között. A felméréndő pontokon maximum néhány epochát mérünk, majd továbbhaladunk a következő pont felé. A méréseket minden esetben az inicializáláshoz felhasznált ismert ponton fejezzük be, mert így az adatokat akár visszafelé is fel lehet dolgozni egy esetleges jelvesztés esetén.

Amennyiben jelvesztést észlelünk a mérés során, akkor célszerű újra inicializálni. Ezt egyrésztől megtehetjük egy ismeretlen ponton is gyors statikus méréssel, másrésztől az utolsó mért pontra is felállhatunk, s ekkor már ismert koordinátájú ponton végezhetjük el az inicializálást. A félkinematikus mérési eljárás 1-2cm + 1mm/km pontossággal jellemezhető.



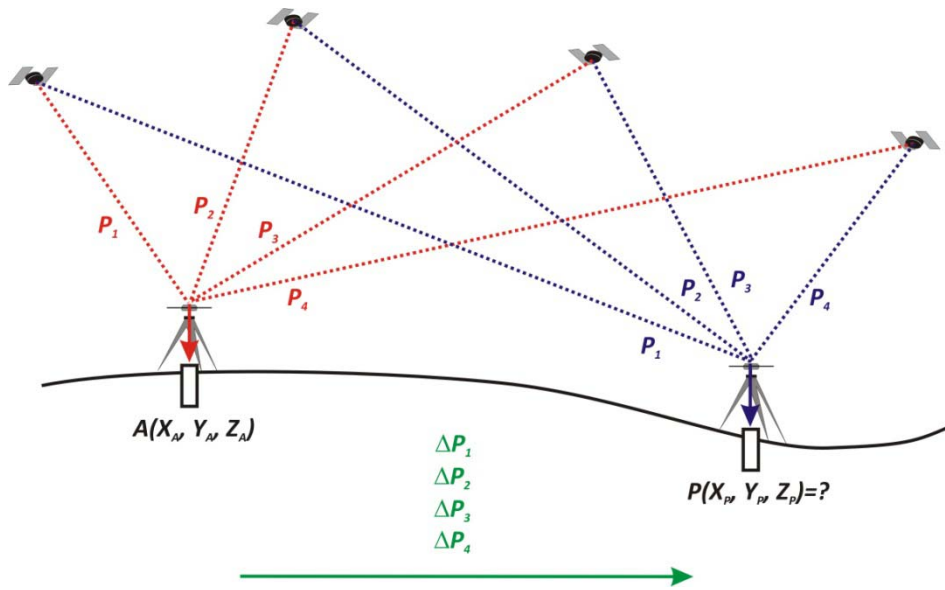
6.9 ábra: Félkinematikus mérési módszer

A **valódi kinematikus** mérési módszerrel folyamatos időközönként végzünk észleléseket és rögzítjük az adatokat az inicializálást követően. A mért pontok sűrűsége természetesen függ a mozgó vevő sebességétől is. Általában domborzati felmérésre, vasutvonalak felmérésére, légifényképező repülőgépek helymeghatározására vagy éppen mederfelmérő hajók helymeghatározására használhatjuk. A módszer pontossága  $1-5 \text{ cm} + 1 \text{ mm/km}$ -re tehető.

Az előbb bemutatott módszerek közös tulajdonsága, hogy utófeldolgozást igényelnek. Emiatt például geodéziai kitűzésekre egyik módszer sem alkalmas. A kinematikus mérések másik fő csoportjába a valós idejű mérések tartoznak. Valós idejű alkalmazások esetén a mérések és a koordináta kijelzése között maximálisan néhány másodperc telik el, így már a terepen megismerjük a mért koordináták értékeit.

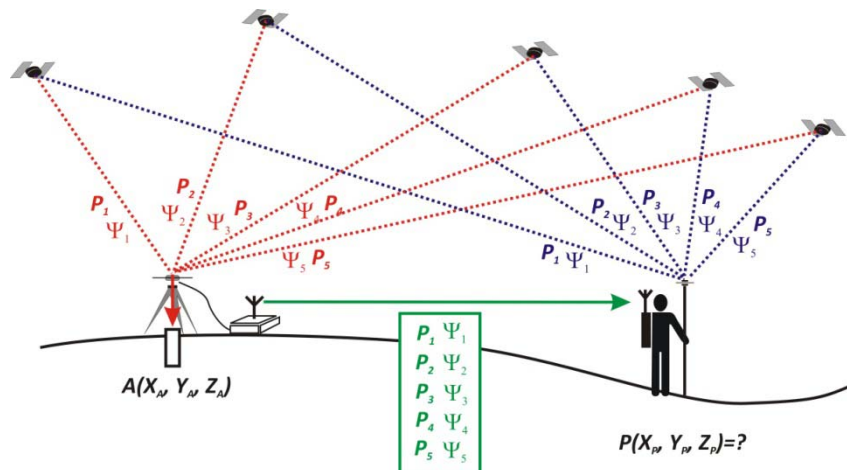
A valós idejű technikák között a mért mérési mennyiségek alapján megkülönböztetjük a differenciális (DGPS) helymeghatározást (kódmérés) és a valós idejű kinematikus (RTK) helymeghatározást (fázismérés).

A **differenciális helymeghatározás** (6.10 ábra) segítségével a szabályos hibák (pályahiba, órahiba, ionoszféra hatása) hatásait csökkenthetjük a kódméréssel végrehajtott helymeghatározás során. A differenciális helymeghatározás esetén egy ismert ponton állítunk fel egy referenciaállomást, amely a mozgó vevővel egyidejűleg ugyanazokra a műholdakra végez kódmérést. Az ismert bázisállomás és műhold koordináták valamint a mért pszeudotávolságok alapján a bázisállomás kiszámítja a pszeudotávolságok korrekcióit, amit rádióon keresztül sugároz a környezetében tartózkodó mozgó vevők fel. A mozgó vevők a saját maguk által észlelt pszeudotávolságokat megjavítják a bázisállomástól kapott korrekciókkal, ezáltal a kódméréssel végzett helymeghatározást tovább tudják pontosítani. A technika általában a bázisállomás 2-300km-es környezetében használható és szubméteres pontosság elérésére alkalmas.



6.10 ábra: A DGPS alapelve

A **valós idejű kinematikus** (6.11 ábra) helymeghatározási eljárás során nem csak pszeudótávolságokat, hanem fázistávolságokat is mér (minimálisan 5 közös műholdra) az ismert ponton felállított referenciaállomás. A mérési eredményeket valamint a bázisállomás koordinátáit valós idejű kommunikációs csatornán juttatjuk el a mozgó vevőkhöz (rádió, GSM telefon, mobil internet). A gyakorlatban általában mindkét frekvencia észlelését végzi mindkét vevő, ennek hatására az inicializálási idő jelentősen lerövidíthető. A mozgó vevő a saját észlelései és a bázisállomás mérései alapján jellemzően egy percen belül elvégzi a ciklustöbbszörös feloldását, amit követően a mozgó vevő folyamatosan akár 10-20 Hz-es frekvenciával meghatározza saját helyzetét (10-20 koordináta másodpercenként).



6.11 ábra: A valós idejű kinematikus mérés alapelve