

**RESERAPPORT**

## 5th Symposium on Terrestrial Gravimetry – Static and Mobile Measurements (TG-SMM 2019)

Sankt Petersburg, Ryssland, 30 september-4 oktober 2019

### Allmänt

För femte gången anordnade Internationella Associationen för Geodesi (IAG), symposiet TG-SMM i Sankt Petersburg i Ryssland (tidigare 2007, 2010, 2013 och 2016). Symposiet handlar om gravimetri (tyngdkraftsmätning) på land, till sjöss och från flyg, men inte från satellit. Vård för arrangemanget, som lockat 75 deltagare från 15 olika länder, var det statliga ryska forskningscentret Concern Central Scientific and Research Institute Elektropribor.

För Lantmäteriets räkning deltog Per-Anders Olsson från Geodatas enhet för Geodetisk Infrastruktur (I01). Han presenterade det nordiska samarbetet kring absoluta tyngdkraftsobservationer relaterade till landhöjning. Per-Anders deltog även 2007 och 2016.

Programmet hade många kopplingar till verksamheten på I01, till exempel våra absoluttyngdkraftsmätningar kopplade till landhöjningsforskning, relativa tyngdkraftsmätningar för geoidbestämning, etablerandet av vårt nya tyngdkraftsreferenssystem, RG 2000, och flyg- och båtmätningar med vår maringravimeter (ZLS-D013).

### Programmet

Under tre dagar presenterades 32 föredrag och 20 posters uppdelade i fyra sessioner.

Nedan ges en kort sammanfattning av ett urval av dessa presentationer. Mer detaljerad information går att få från Per-Anders. Hela programmet, och mer information om konferensen, finns på

<http://www.elektropribor.spb.ru/en/conferences/265/>.

## Inledning

- René Forsberg, från det danska tekniska universitet (DTU), höll ett inledningsanförande om gravimetrins utveckling från de första tyngdkraftsobservationerna på 1700-talet fram till dagens teknik. Han visade också många exempel på uppmätningar av jordens tyngdkraftsfält från flyg som DTU gjort världen över.

## Session 1. Terrestrial, shipborne and airborne gravimetry

- A.V. Sokolov (Elektropribor) visade hur de utvecklade en absolutgravimeter (GABL-PM) på en gyrostabiliserad plattform och med ett zenitteleskop som installeras på en båt. Trots ganska högt brus i mätningarna kan medelvärdet från absolutgravimetern användas för att korrigera driften i en relativgravimeter (Chekan).
- Tim Jensen (DTU) redovisade resultat från den flygkampanj över Kattegatt 2018 där även Lantmäteriet deltog med vår maringravimeter (ZLS-D013). Resultaten från DTUs temperaturstabiliserade IMU (iMAR:NAT-RQH) stämde mycket bra överens med resultaten från Lantmäteriets gravimeter.
- Mirjam Bilker-Koivula (finska geodetiska institutet) berättade om FAMOS-projektet som bland annat handlar om tyngdkraftsmätning i Östersjön. Hon visade hur resultaten från Lantmäteriets tyngdkraftsmätning i Finska viken (på båten Geomari) 2018 ändrade geoidmodellen i området med ca 10 cm.

## Session 2. Absolute gravimetry

- Hartmut Wziontek (BKG, Tyskland) berättade om planerna på ett globalt referenssystem för tyngdkraft (IGRS/IGRF), baserat på absolutgravimetri. En viktig ingrediens i detta system är jämförelsemätningar mellan absolutgravimetrar samt hur dessa olika jämförelsemätningar är länkade till varandra. Hartmut presenterade, som exempel, länken mellan två jämförelsemätningar, en i Kina och en i Tyskland (Wetzell, där vi deltog med vår svenska absolutgravimeter).
- Jaakko Mäkinen (numera pensionerad från det finska geodetiska institutet) redovisade resultat från jämförelsemätningar mellan europeiska och ryska absolutgravimetrar.
- Per-Anders Olsson (Lantmäteriet), beskrev arbetet med upprepade absoluttyngdkraftsmätningar i det nordiska landhöjningsområdet med betoning på varför vi gör det och hur vi använder resultaten.
- Vicky Smith (British Geological Survey, UK) berättade om hur långa tidsserier och mycket frekventa mätningar med en absolutgravimeter på en och samma punkt visade på tydliga hopp i tidsserierna i samband med att instrumentet kommit tillbaka från service. Hoppen korrigeras sedan med resultatet från jämförelsemätningar. På precis samma sätt hanterar vi samma problem som vi också upptäckt i våra tidsserier.

### Session 3. Relative gravimetry, gravity networks and applications of gravimetry

- Oshchepkov (Moskva) berättade om tankarna på ett standardiserat utbytesformat för tyndkraftsobservationer, GINEF (Gravimetric Independent Exchange Format). Arbete med detta pågår i IAGs joint working group 2.1.2. Som dataformat föreslogs det redan existerande SINEX-formatet och för processering av data presenterade han gMeterPy, en open source programvara (Phyton) vars första stabila version snart beräknas vara klar.
- Dykowski (Polen) beskrev hur de etablerat ett nytt tyngdkraftssystem på Irland med en A10-gravimeter. Samma gravimeter användes vid etablerandet av vårt svenska RG 2000.
- M. Lederer (Land Survey Office in Prague) hade en poster som visade hur de hanterat transformationer mellan det nya tjeckiska och äldre tjeckiska tyngdkraftssystem. Samma problematik som vi ställts inför med vårt nya RG 2000.

### Session 4. Cold atom and superconducting gravimeters. Gravitational experiments

- Janvier (från företaget Muquans i Frankrike) presenterade deras atom-gravimeter AQQ. Det är den första kommersiella gravimetern av det här slaget och ses som ett välkommet komplement till den idag helt förhärskande tekniken som FG5-gravimetrar är baserad på. Hittills har två AQQ-gravimetrar sålts, en till Montpellier och en till BKG i Tyskland. Muquans håller även på att utveckla en mer fältmässig variant (AQQ-B). Den första beräknas vara klar för leverans i slutet på det här året.
- Glässel (BKG, Tyskland) berättade om sina erfarenheter med deras AQQ02, som levererades i december 2018. Den är lättare att både ställa upp och köra och kan dessutom kontrolleras från distans. Den mäter med ungefär samma precision som FG5 (2  $\mu$ Gal) men med 48  $\mu$ Gal offset jämfört med FG5 (!). Utredning om varför pågår.
- Vitushkin (Ryssland) berättade om den supraledande gravimetern i Grav#038 som är installerad i Mendelejev institutets observatorium i Lomonosov, nära Kronstadt, 40 km från Sankt Petersburg. Där använder de den för att hålla koll på hur tyngdkraften i observatoriet varierar med tiden.

Paneldiskussion om huvudsakliga slutsatser från årets symposium samt om symposiets historia och framtid.

### Vårt att notera – personliga reflektioner och kommentarer

De gravimetrar som Lantmäteriet äger och använder är klassiska mekaniska gravimetrar som fortfarande är helt dominerande och sätter standarden för tyngdkraftsmätning i världen.

När det gäller absolutmätningar är det många som hoppas och tror att atomgravimetrarna inom kort kommer att börja konkurrera med mekaniska gravimetrar. Bra med en oberoende teknik för utvärdering av systematiska effekter i respektive instrumenttyp. Utöver detta har atomgravimetrarna fördelen att de inte innehåller mekaniska delar som slits och därför kan köras kontinuerligt. Att de dessutom kräver mindre av operatören samt att det snart kommer en fältmässig variant gör området intressant att bevaka.

När det gäller tyngdkraftsmätning från en rörlig plattform (t ex flyg eller båt) så kryper noggrannhet och tillförlitlighet på tröghetsnavigeringsutrustning (IMU) allt närmare de mekaniska gravimetrarna. Storlek, pris och enkelt handhavande talar till IMU:ernas fördel. De klarar också ”svårare miljöer” och kan t ex monteras i helikoptrar eller på drönare vilket öppnar för nya typer av tyngdkraftsmätningar. Absoluttyngdkraftsmätningar på rörliga plattformar (t ex med atomgravimetrar) har redan genomförts och används för att korrigera driften på traditionella relativgravimetrar.

I ett Horizon 2020-projekt (Newton-g) pågår försök med att kombinera en absolutgravimeter (AQG) med ett nätverk av ett stort antal, billiga så kallade MEMS-gravimetrar, dvs chip med accelerometrar av den typ som används i mobiltelefoner. Syftet är att få en bild av tyngdkraftsvariationer inom ett område. Nästa sommar kommer ett stort sådant här försök att genomföras på Etna i Italien.