



Branschsamverkan i Grunden

# VIP- möte 2015

## Branschsamverkan | Grunden

Förbättrade kontrollsystem för uppföljning av  
sättningar

Projektledare: Bo Lind



# Projektets mål

- Inventera tillgängliga geotekniska och geodetiska metoder
- Utvärdera om en mer optimal långtidsuppföljning av sättningar kan erhållas genom en kombination av geoteknisk och geodetisk mätteknik
- Projektet begränsas till rörelser i vertikalled (sättningsrörelser) i lös jord
- Ge förslag på praktisk utvärdering av ett integrerat system för sättningsmätning (pilotprojekt)

# Projektet organisation

- Bo Lind, SGI. Projektledare
- Mattias Andersson, SGI, Forskare/utredare
- Johan Vium Andersson, Kungliga Tekniska Högskolan,  
Forskare/utredare
- Hjördis Löfroth, SGI, Forskare/utredare
- Anders Hallingberg, kontaktperson Trafikverket

# Tidplan

*2014-04-01 --- 2015-12-31*



# Tre olika typer av mätsystem

- **Fasta geotekniska system** som bygger på installerade mätkroppar i eller på marken.
- **Geodetisk mätning/ Terrestra metoder** som i huvudsak bygger på mätning från marken.
- **Geodetisk mätning/ Luftburna/ Fjärranalys** som avser analys av större ytor med fjärrtekniker (från flygplan eller satellit).

# Trafikverkets behov av sättningsmätningar (Anders Hansson, Anders Hallingberg)

- Klarlägga bakgrundssättningar
- Hitta karakteristiska uppföljnings-/provtagningpunkter
- Kalibrering av beräkningar
- Kontrollera skyddsobjekt
- Kontrollera förväntat beteende
- Styra process (Aktiv design)
- Kontroll av sättningar som underlag för larm
- Erfarenhetsåterföring

## **Fasta geotekniska system**

Markpegel

Skruvpegel/ASAT (Automatisk sättningsmätare)

Horizontalslang

Extensometer typ: Bälgslang

Extensometer typ:

Magnetsättningsmätare

Fiberoptik

EMU-spolar

SAAF

## **Geodetisk mätning/ Terrestra metoder**

Avvägning

Trigonometrisk mätning

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) (GPS mfl.)

Lidar

GBInSAR

Hydrostatisk nivellering

## **Geodetisk mätning/ Luftburna/ Fjärranalys**

LIDAR (Light detect and ranging)

Fotogrammetri

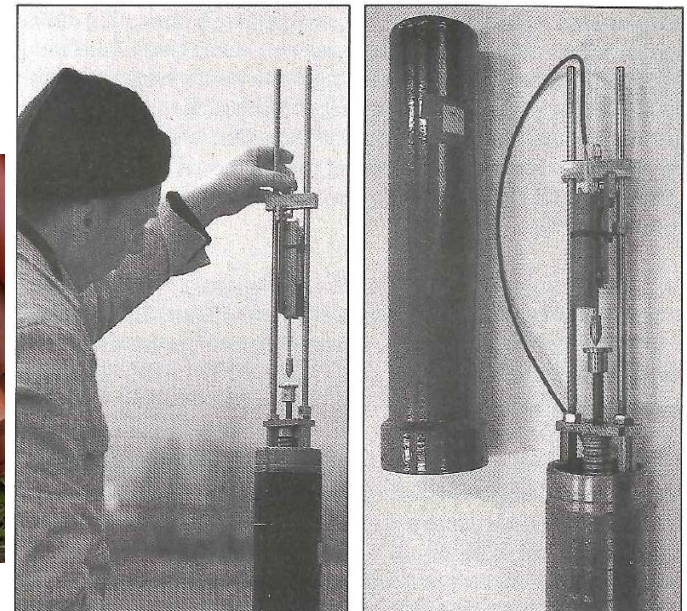
InSAR, dInSAR, (Interferometric Synthetic Aperture Radar)

Fasta/Geotekniska system	Markytan	Nivåer i jordprofilen	Sättningsöversikt	Långa serier	Korta serier	Glesa intervall	Täta intervall	Spacial upplösning	Realtid (automatiserad avläsning)	Mätnoggrannhet (standardosäkerhet)	Fördelar	Nackdelar	Kommentar
Markpegel	x			x	x	x		punkt		1-4 mm	Enkel att installera och robusta		Mätnoggrannhet beroende på avvägningens och fixens kvalitet
Skruvpegel		x		x	x	x		punkt		1-4 mm	Enkel att installera och robusta		Mätnoggrannhet beroende på avvägningens och fixens kvalitet
Horizontalslang	x			x	x	x		flera punkter utmed markyta (horisontell linje)		1-4 mm	Flera mätpunkter utmed en horisontallinje	Något svåra att installera om det är väldigt lös undergrund. Ibland problem med inträngande vatten vilket leder till isproppar	Mätnoggrannhet beroende på avvägningens och fixens kvalitet. Upp till 50 m längd
Extensometer typ: Bålgslang		x		x	x	x		flera punkter mot djupet (vertikal linje)		1-5 mm	Flera mätpunkter utmed en vertikallinje, mätning i flera nivåer	Blir obrukbar om deformationerna blir väldigt stora	Ner till 45 m djup
Extensometer typ: Magnetsättningsmätare		x						flera punkter mot djupet (vertikal linje)		?	Flera mätpunkter utmed en vertikallinje, mätning i flera nivåer		Svagt med erfarenhet
Fiberoptik	x	x						flera punkter mot djupet (vertikal linje) eller utmed markyta (horisontell linje)			Fördelad mätning över långa distanser, Okänsliga för elektromagnetiska fält och kemikalier,	Temperaturkänsliga, men mäter också temperatur.	Installerade i ex broar i Sthlm. Rel vanligt internationellt i dammar, piplines, broar etc.
ASAT (Automatisk sättningsmätare)	x	x		x	x	x							Liknar bålgslang med en fast punkt i botten
EMU-spolar	x	x		x	x					?			Nyttjas inom vägbyggnad för kontroll av väggkroppen. Rel ytliga installationer
SAAF	x	x						flera punkter mot djupet (vertikal linje) eller utmed markyta (horisontell linje)					Trv- upphandlat av Catus Geo, Norge, för kontroll av vägbanken i Stora Helvetet, Jämtland.
<b>Geodetisk mätning/ Terrestra metoder</b>													
Avvägningar	x				x	x		punkt	Nej	1-4 mm	liten mätosäkerhet, Traditionellt vedertagen metodik	Personal intensiv (min 2 personer)	Lysande latta för kvällsmätning. Bäst för fåtal mätningar med långa intervall.
Trigonometrisk mätning	x				x	x		punkt	Ja/Nej	2-10 mm	Traditionellt vedertagen metodik	Kräver optisk sikt , dyra instrument, (personal)	Korresponderande system, kan mäta ofta.
GNSS (Global Navigation Satellite Systems) (GPS mfl.)	x			x	x	x	x	punkt	Ja	5- 15 mm		Fri sikt till satelliter nödvändig. Problem vid snö	Realtidsmätning - ca 8mm



# Fasta geotekniska system

- Markpegel
- Skruvpegel/ASAT (Automatisk sättningsmätare)



FIGUR 19. Automatisk sättningsmätare typ SGI.

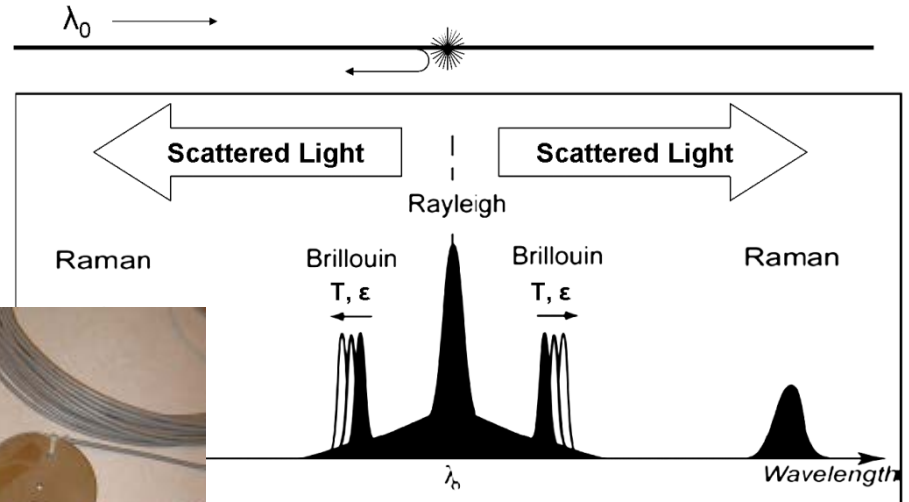
# Fasta geotekniska system

- Horisontalslang
- Extensometer typ: Bälgslang
- Extensometer typ: Magnetsättningsmätare



# Fasta geotekniska system

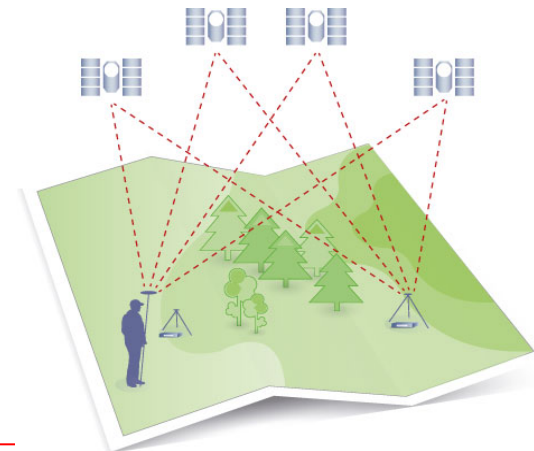
- Fiberoptik
- EMU-spolar
- SAAF



# Geodetisk mätning/ Terrestra metoder

**används för att mäta in synliga objekt som markytan eller saker på densamma**

- Avvägning (uppmätning av nivåskillnader)
- Trigonometrisk mätning (uppmätning av riktningar - teodolit)
- GNSS (Global Navigation Satellite Systems) (GPS mfl.)



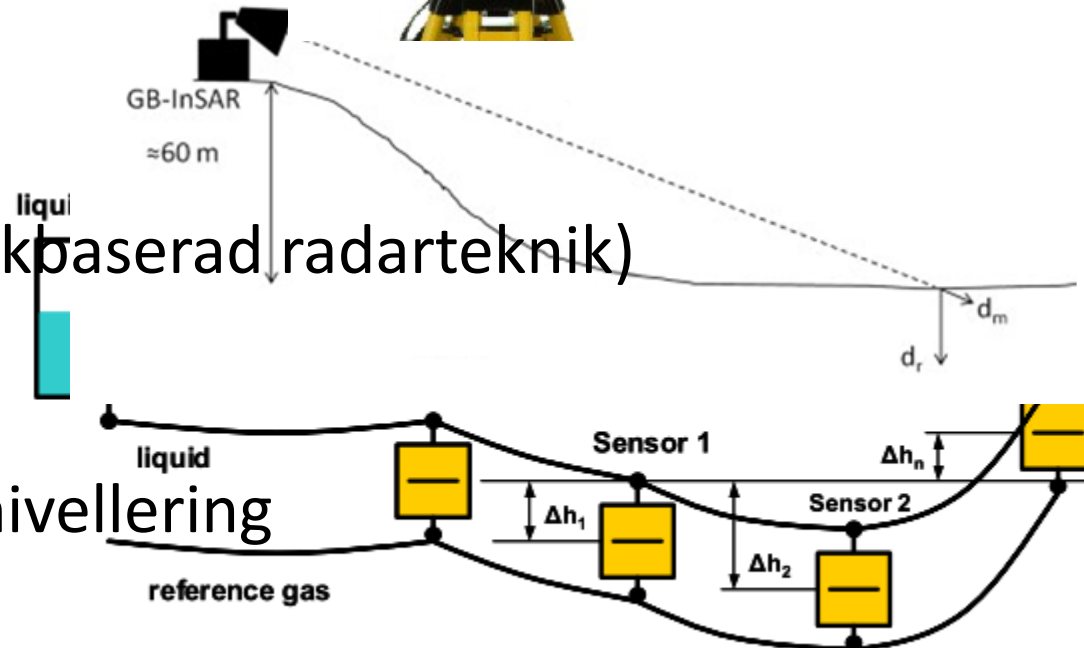


# Geodetisk mätning/ Terrestra metoder

- Lidar (laserskanning)



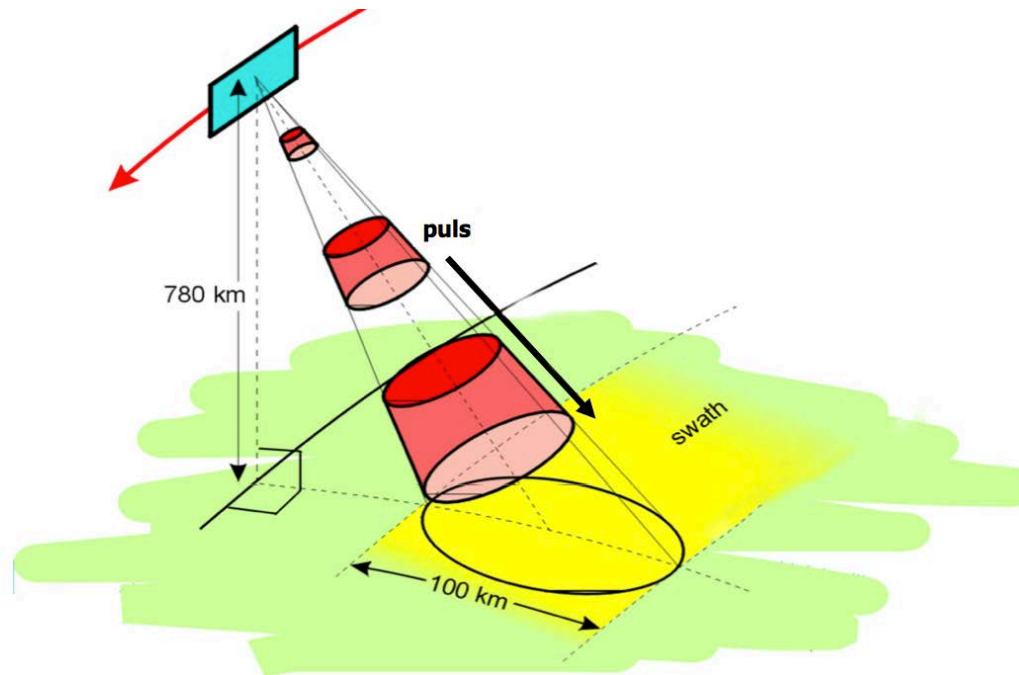
- GBInSAR (markbaserad radar teknik)

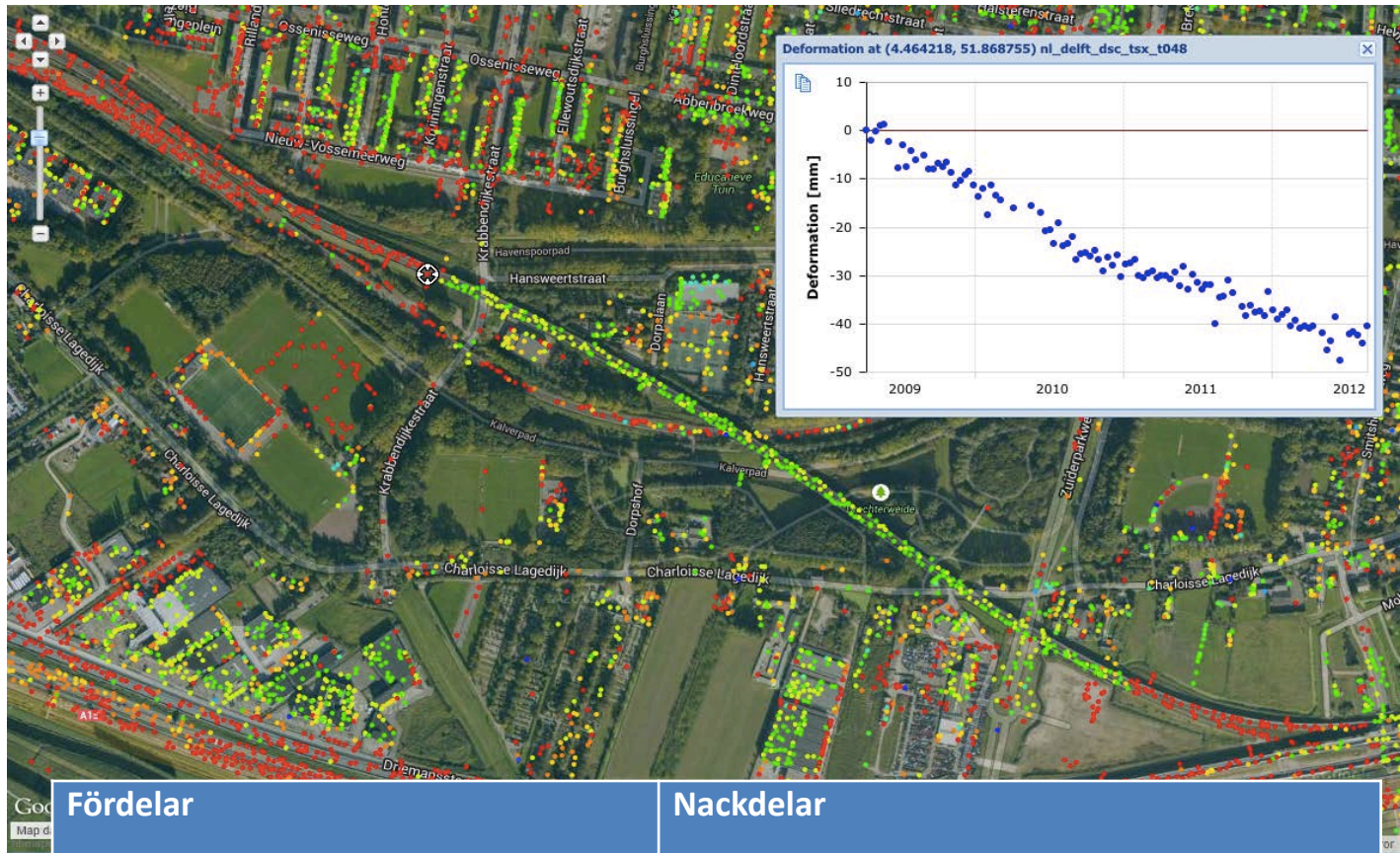


- Hydrostatisk nivellering

# Geodetisk mätning/ Luftburna/ Fjärranalys

- LIDAR (luftburen laserskanning)
- Fotogrammetri (flygbildstolkning)
- InSAR, dInSAR, (luftburen radar)





Fördelar	Nackdelar
Yttäckande	Begränsad temporal upplösning
Långtidsrörelser	Upplösningen gör att sättningarna inte får vara för stora, maximalt halva våglängden
Går att automatisera till stor del	Vet inte var man träffar men mest troligt hustak etc.
Låg mätosäkerhet	LOS – måste räknas om till vertikalt mått
	Relativa rörelser mäts upp

# Översikt av tillämpning för kontrollsystem för sättningsmätningar

	Klarlägga bakgrundssättningar	Hitta karakteristiska uppföljnings-/provtagningpunkter	Kalibrering av beräkningsmetoder	Kontrollera skyddsobjekt	Kontrollera förväntat beteende	Styra process (Aktiv design)	Kontroll av sättningar som underlag för larm	Erfarenhetsåterföring
Markpegel			x	x	x	x	x	x
Skrivpegel					x			x
Horizontalslang					x			x
Bälgslang			x		x	x	x	
Magnetslang			x		x	x	x	x
Fiberoptik				x			x	
ASAT					x			x
EMU-spolar			x		x		x	
SAAF				x		x	x	x
Avvägning				x		x	x	x
Trig. Mätn.				x		x	x	x
GNSS				x		x	x	x
Lidar-terrest				x		x	x	
GBInSAR				x		x	x	
Lidar-flyg	x	x						x
Fotogrammetri	x	x						x
dInSAR - satellit	x	x		x	x		x	x



# Sammanfattning

- Inget system klarar allt
- Skilj på: Regionala bakgrundssättningar; Lokala markytesättningar; Sättningsfördelning i markprofilen.
- Regionala bakgrundssättningar med dInSAR, 1 Mkr per region
- SAAF 0,7 Mkr för ”långhålsinstallation i båge”
- Utveckla automatisk mätning av markpegel (ASAT)

# Din bedömning av projektet

- I vilken grad har projektet nått projektmålen?
  - Använd skala 1 – 5 (där 5 är fullt ut): **4**
- Varför gick detta projekt så bra? Mindre bra?:  
**Många metoder att studera – saknades överblick**
- Erfarenheter du/BIG bör ta med till kommande projekt?: **Finns inget quick fix – metoder behöver testas i full skala ex, SAAF (stora helvetet) och/eller utvecklas ex, ASAT (automatisk sättningsmätning)**



2015-10-21

BIG VIP-möte