



GeoNorge 2004

6. mai 2004

Rainbow hotel Arena, Lillestrøm

Satellittbasert posisjonsbestemmelse

v/ Bjørn Godager, Høgskolen i Gjøvik

Email: bjorn.godager@hig.no

Hjemmeside: <http://www.hig.no/at/geomatikk/>

Tlf: 61 13 52 75



Temaer i foredraget



- ★ Hensikten med temaet
 - Plattform for senere foredrag – fokusering med tanke på ingeniørgeodesi
- ★ Kort status Satellittsystemer - landmålingsformål
 - GPS , GLONASS, GALILEO
- ★ Ny standard for satellittbasert posisjonsbestemmelse
 - Høringsutkast
- ★ Fokus på de vanligste målemetoder
 - Feilkilder
 - Nøyaktighet/ drøfting
- ★ Ingeniørgeodetiske utfordringer med GPS/ GLONASS
 - Ellipsoide/ geoide, høydemåling, kvalitetssikring
- ★ Erfaring ved måling av RTK på lange avstander
 - Måleresultater/ repeterbarhet
- ★ Utstyrsutvikling
 - Nye muligheter m/ nyere utstyr, programvare, firmware?
- ★ Utfordringer framover



Kort status - satellittposisjonering systemer

★ GPS

- 28-29 satellitter inkl. aktive reserver
- L5 kommer
- CA-kode på L2 kommer

★ GLONASS

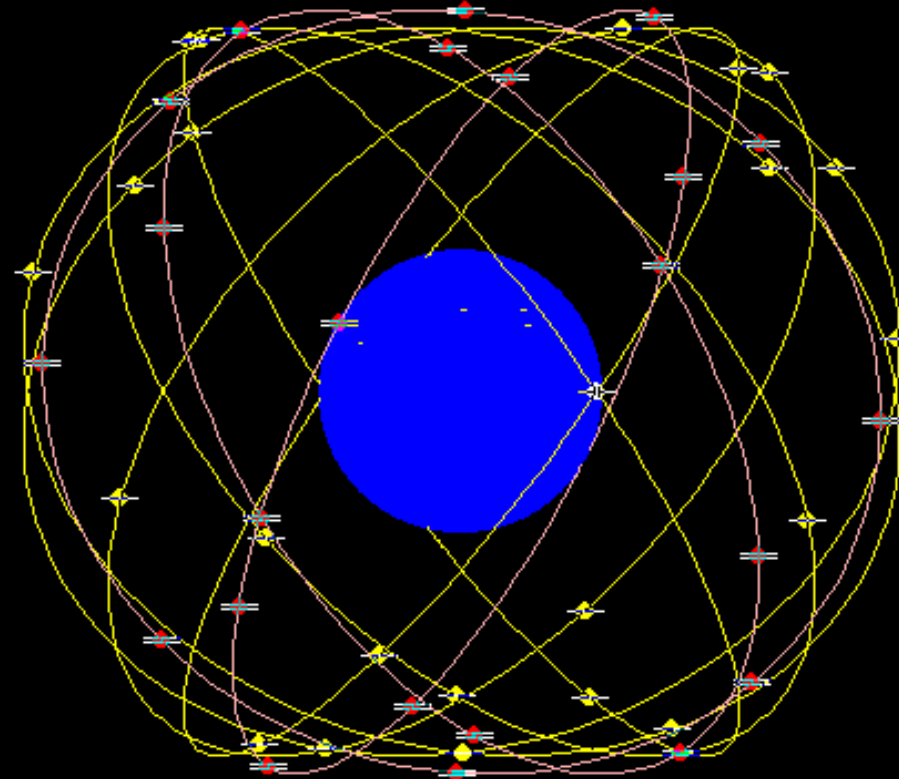
- Militært, stadig få satelitter (8-10) + lite info

★ GALILEO

- EU-finansiert, sivil
- Fra ca 2008-
- Kan samarbeide med både GPS og GLONASS



GPS and GLONASS Simulation



Toggle View

Glonass

Orbits

Lon/Lat Lines

Position

Help

<http://www.mich.com/~buffalo/rhp/gps.html>



Måleopplegg

Mest aktuelle ingeniørgeodetiske metoder:

Statisk

- Grunnlagsnett

RTK

- Innmåling/ utsetting - en eller flere referanser/ baser og rover
- Maskinstyring

Høydemåling

- Geoide/ ellipsoideproblematikken
- Nivellement/ trigonometrisk høydemåling
- Lokale transformasjoner



Ny standard satellittbasert posisjonsbestemmelse

Omfang

Metodene for satellittbasert posisjonsbestemmelse varierer mye, men gjennomføringen av posisjonsbestemmelsen kan deles inn i **fire faser**:

- Planlegging**
- Feltarbeid**
- Beregning**
- Rapportering**

GNSS (Global Navigation Satellite System) brukes som felles betegnelse på globale navigasjons- og stedfestingssystem som kan brukes til å bestemme en satellitmottakers posisjon hvor som helst på jorden.



Ny standard: metode <-> nøyaktighet

Metode	Hovedprinsipp	Minimum antall mottakere	Observasjonstid	Nøyaktighet – potensial (2σ , 95%) i grunnriss	Kommentar
Klassisk statistisk	Samtidig måling med to GNSS-mottakere i hvert sitt punkt.	2	20-120 min	5 mm + 1 ppm	Vektor- bestemmelse i ettertid.
Tradisjonell RTK (Real Time Kinematic)	<p>Samtidig måling med to tofrekvente GNSS mottakere i hvert sitt punkt (base og rover).</p> <p>Basestasjonen settes opp i et punkt med kjente koordinater. Basestasjonen sender sine GNSS målinger til roveren.</p> <p>Roveren samstiller egne GNSS målinger med GNSS målingene fra basestasjonen og benytter dette til å bestemme vektoren mellom de to mottakerne.</p>	2	<p>Minimum 1 epoke.</p> <p>Ved statistisk måling kan midling over noen sekunder til en viss grad forbedre resultatet.</p>	10-20 mm + 1ppm	<p>Vektor og/eller posisjonsbestemmelse i sanntid.</p> <p>Avstanden mellom base og rover bør normalt ikke overskride 10 km.</p> <p>Det kreves kommunikasjon mellom rover og base for overføring av data.</p>



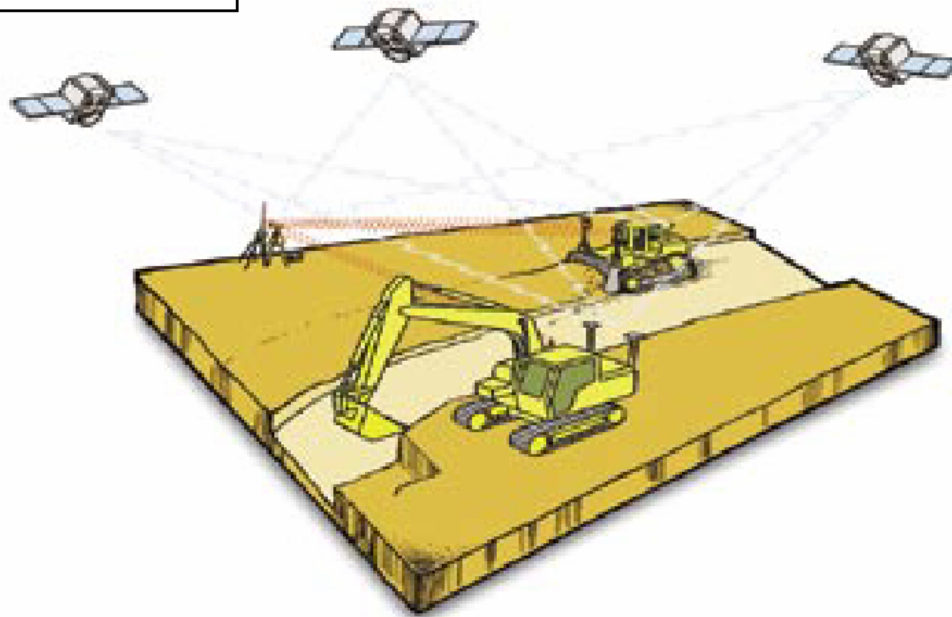
Ny standard: metode <-> nøyaktighet

Fasemåling		Kodemåling		
Klassisk statisk	RTK Kortids statisk Presis enkelpunktbestem m.	Differen- siell fase- glattet	Differensiell	Enkelpunkt- bestemmelse i sanntid
	0.01 0.1	0.5	1	15
Grunnrissnøyaktighet i meter				



Maskinstyring

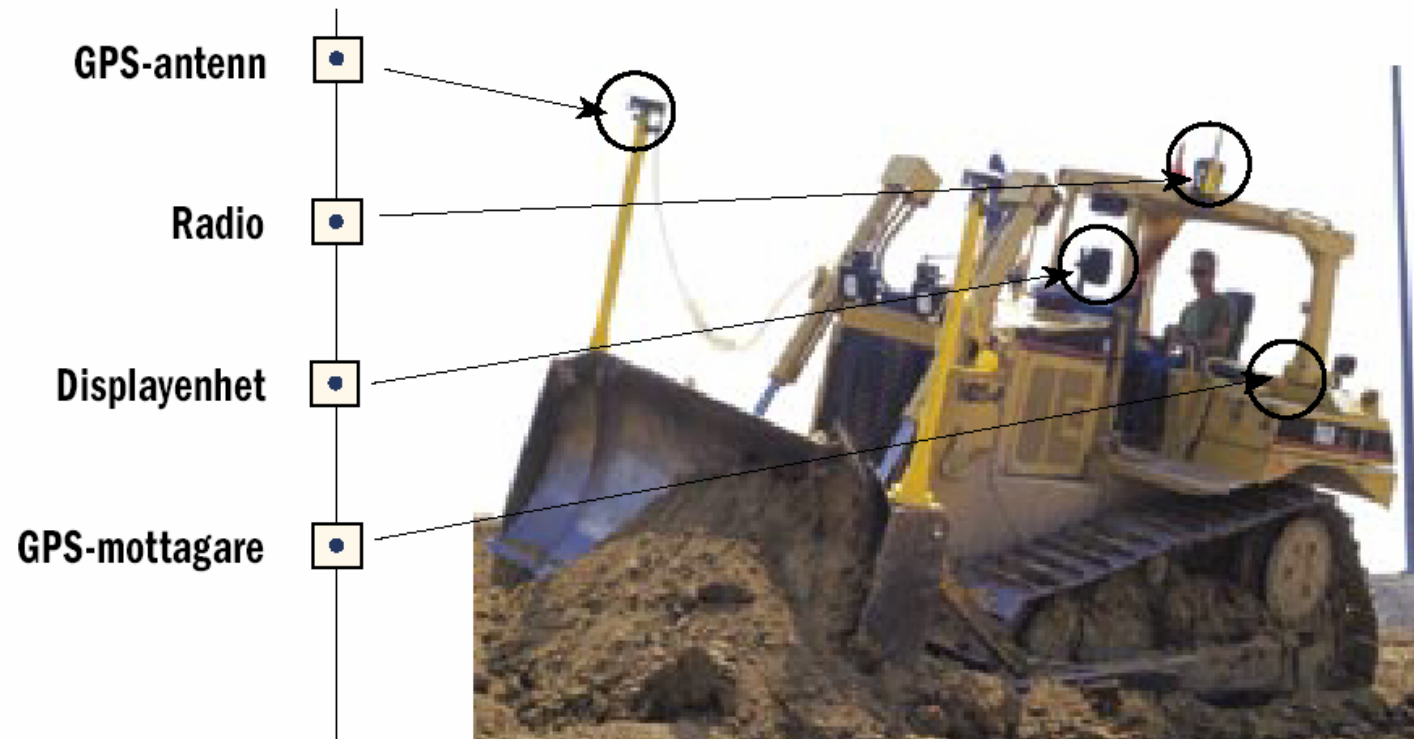
SITEVISION-SYSTEM



- Maskiner mottar signaler fra satellitt og kommuniserer med basestasjon.
- Fører ser nøyaktig hvor han befinner seg og får informasjon om hvordan det skal være (gravemaskinfører ser hvor han skal grave).



Maskinstyring



Føreren får via en skjerm i maskinen til enhver tid posisjonen på skuffen i forhold til gjeldende kart og tegninger over prosjektet.

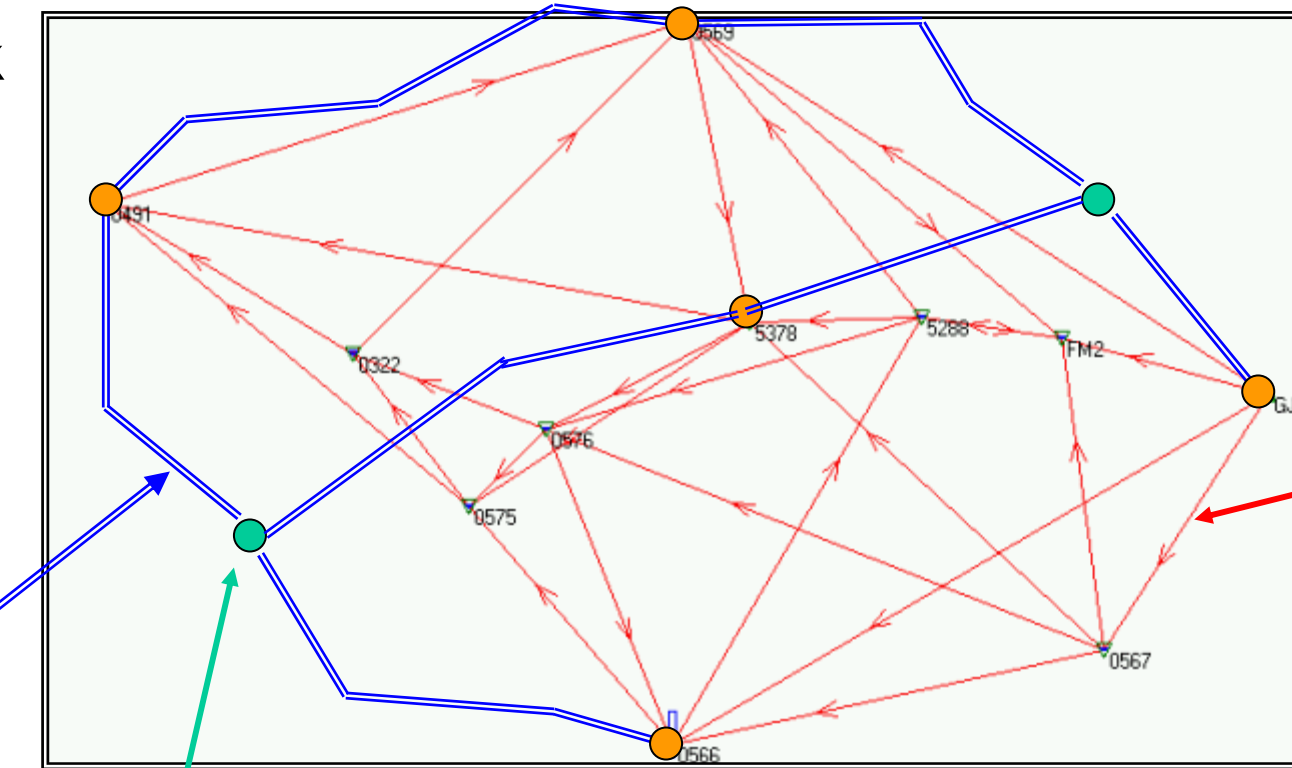


Grunnlagsnett – lokal transformasjon

Er en god nok geoidmodell tilgjengelig?

Eller må det måles?

Høyde-
overføring



Vek-
torer

Høyde-
fastmerke

Pkt. med god høyde før transformasjon



Kvalitet på RTK-målinger

Aktuelle faktorer som kan påvirke resultatet:

(Grove feil nevnes ikke her). Systematiske feil Loggefrekvens

- Målestøy i skog/ skog av ulik tetthet
- Sol-støy, magnetiske stormer
- Forstyrrelser fra sendere/ mobiltelefoner
- Signalavbøyning/ falske signaler (multipath)
- Ulike treslag
- Antenner
- GDOP/ PDOP
- Ulike sikthindringer
- Korrelasjon
- Valg av elevasjonsgrense ("cut-off")
- Ulike instrumenter
- Firmware
- Radiosamband
- Årstider, måletid, værtype



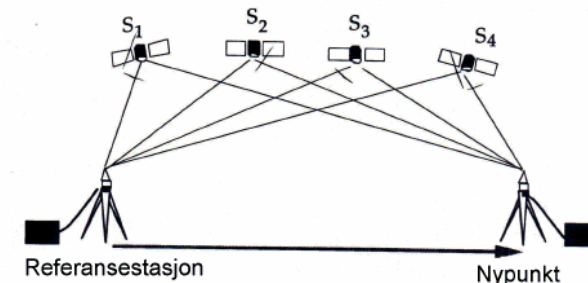


Kvalitet på RTK-målinger



Kjente årsaker til problemer med å få RTK FIX-løsning:

1. Kort måletid
2. Dårlig satellittgeometri
3. Støy på målingene (obstruksjoner/ ionosfærisk støy)
4. Fasebrudd (cycle-slips)
5. Umodellerte feilkilder (herunder flerveisinterferens)
6. For lang avstand mellom pkt. (sammenheng med 5.)
7. Problemer med å få fram data fra referansestasjon til ROVER (mobil enhet).

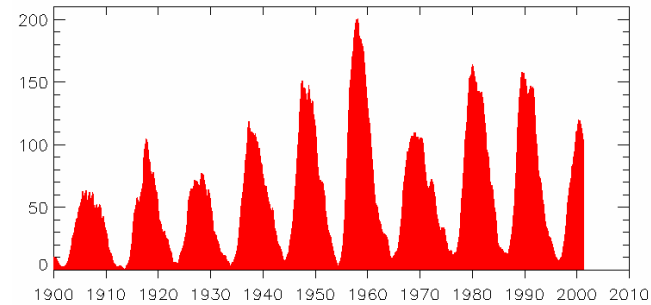




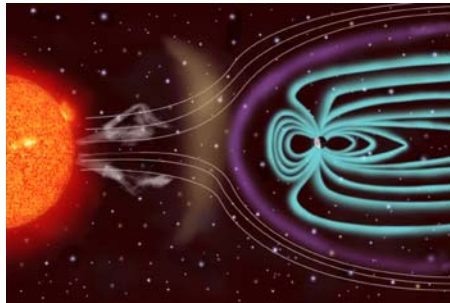
Symbolisering av noen feilkilder



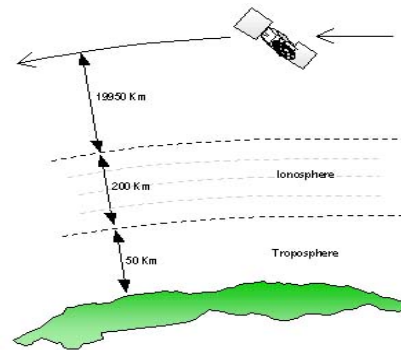
Multipath (signalavbøyning/
falske signaler)



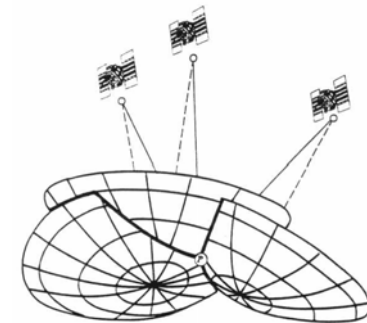
Tidsserie over **Solflekkaktivitet**
som viser **11-års-sykluser**



Ionosfæriske forstyrrelser
pga. sola (virkning størst vår/
høst/ rett etter solnedgang)



Ionosfære/ troposfære



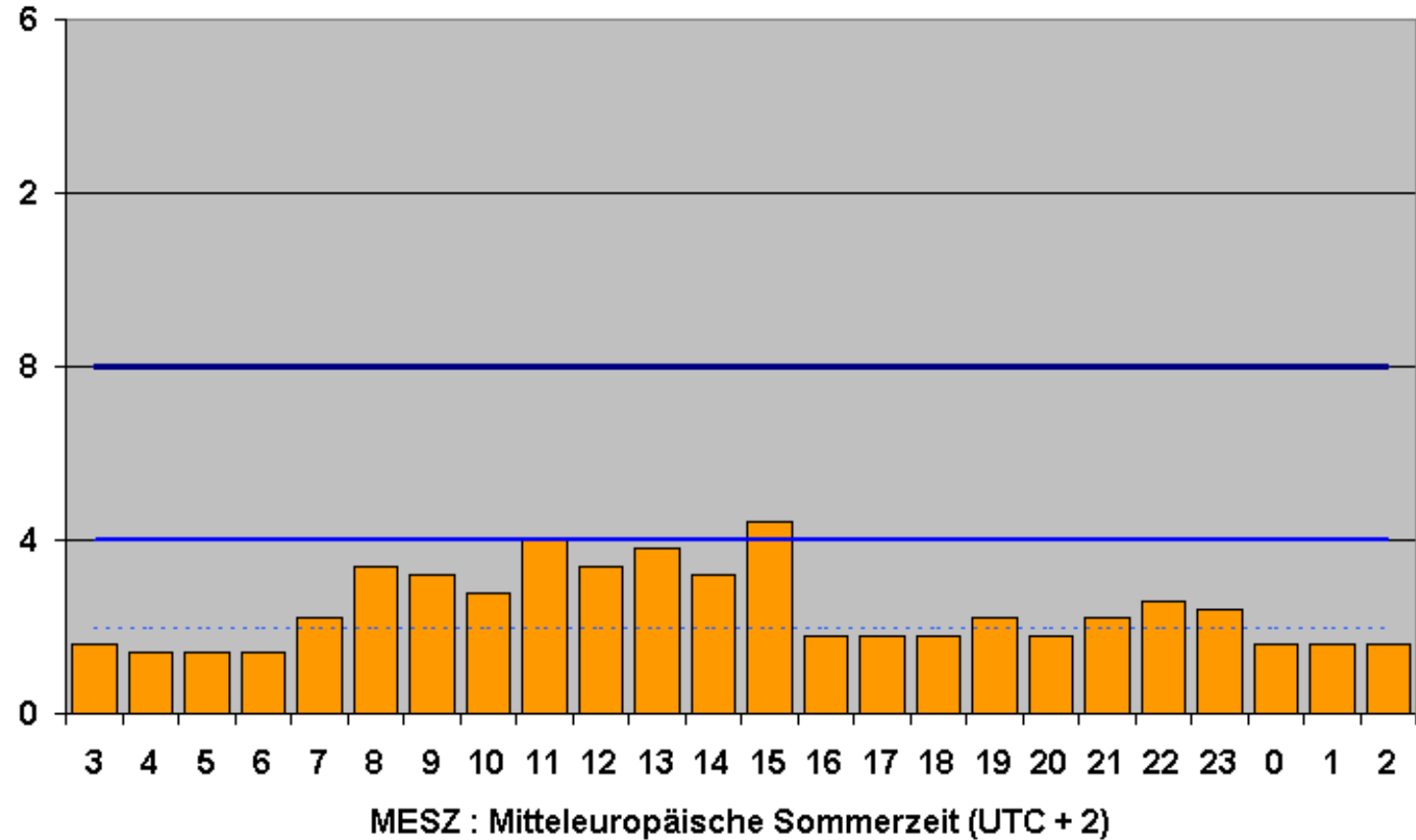
Satellittgeometri



Ionosphärischer Index I95 vom 04.05.2004 (125)

berechnet mit WaSoft/Virtuell 3.0

LGN - Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen



..... ungestört — geringe Störungen — starke Störungen

<http://www.lgn.de/produkte/sapos/iono/index.htm>



Forts. feilkilder

Kjent problem ved RTK-målinger i Norge:

- ❑ **Scintillasjoner:** (dvs. raske forandringer i avstandsobservasjonene)
- ❑ Mottakerne kan **miste faselås**, verst på **L2**-frekvensen (Grunnet "Anti-Spoofing")





Noen RTK-erfaringer

- ❑ Viktig med nok satellitter/ god **geometri**. Basen helt **åpen**
- ❑ **Solforstyrrelser** virker inn i perioder, men toppen er nådd
- ❑ Mindre **falske fix**-løsninger siste 2-3 år
- ❑ **Fuktig skog** øker problemene
- ❑ Marginal effekt av **Glonass**-satellitter når det er få
- ❑ Ser ut til at ulike instrumenter har ulike **firmware** og ulike **sikkerhet på FIX-løsningene** som frigis! (Hvor lenge må en løsning holde seg før den frigis?). Leverandøren holder kortene tett.
- ❑ **Ulike innstillinger** under i **enkle og vanskelige** måleforhold (Topcon)



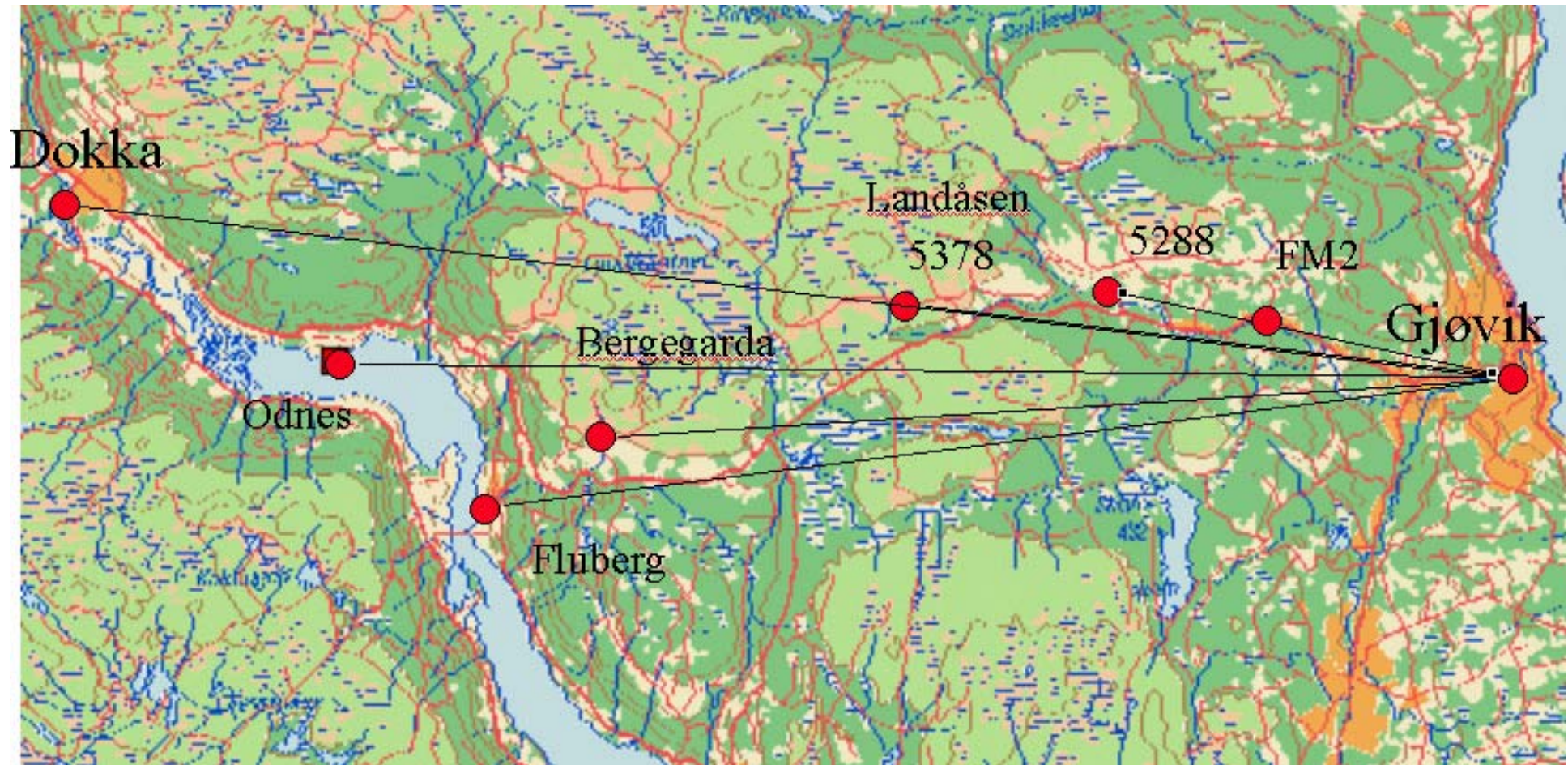


Mer detaljert status/ noen erfaringer, forts.

- Ulikt utstyr/ programvare logger ulike opplysninger. Behov for standardisering?
- Utstyret/ SW/ FW har gradvis blitt bedre og bedre. Klart mer falske fix-løsninger på enkelte utstyrstyper i 2000 og delvis 2001 enn i 2002.
- Indikasjon på at det er større sjanse for falsk fix når en står lenge på et pkt før en får fix.



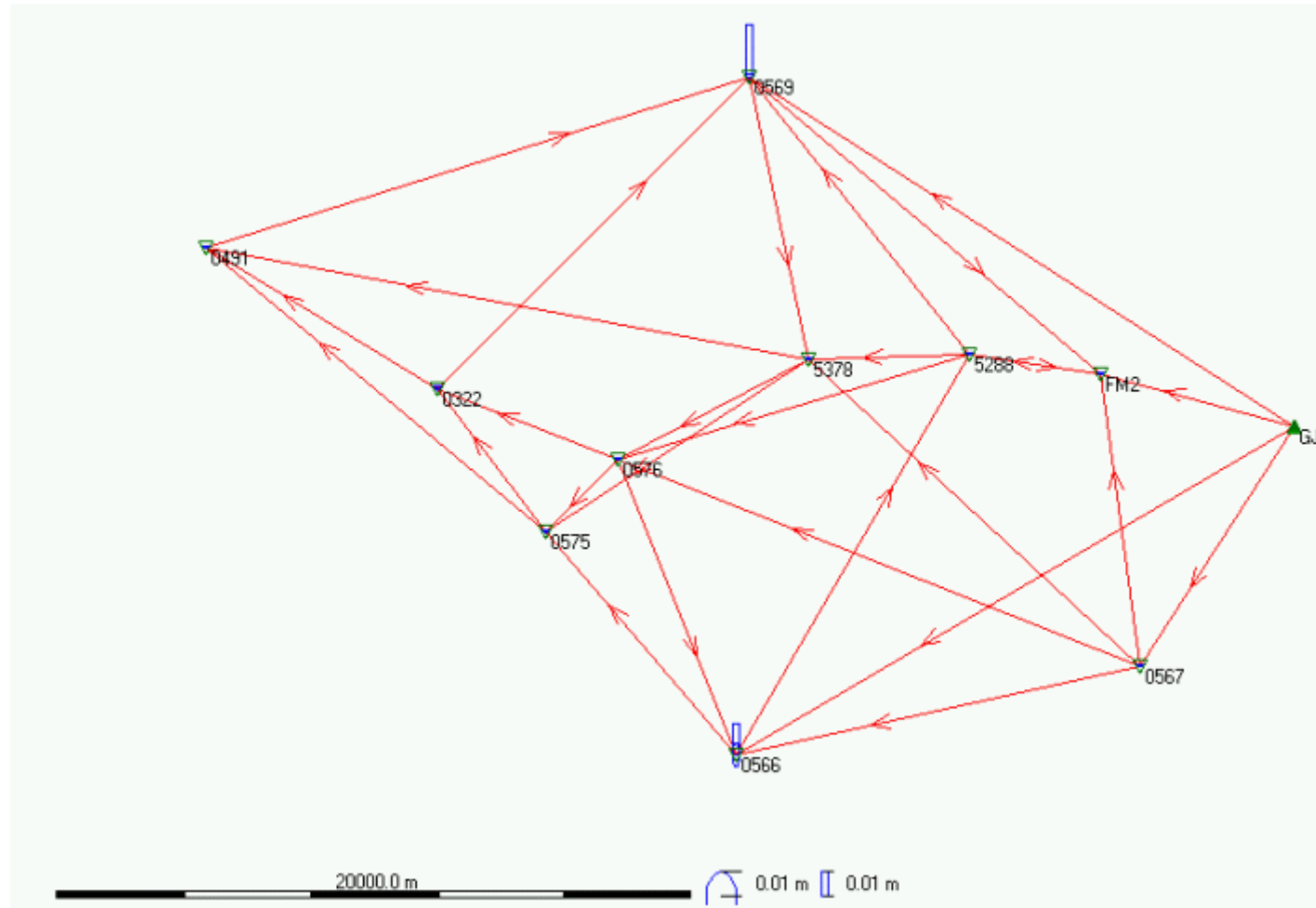
Testfelt lange avstander



Avstander på 5 - 35 km til relativt åpne testpunkt



Testfelt lange avstander

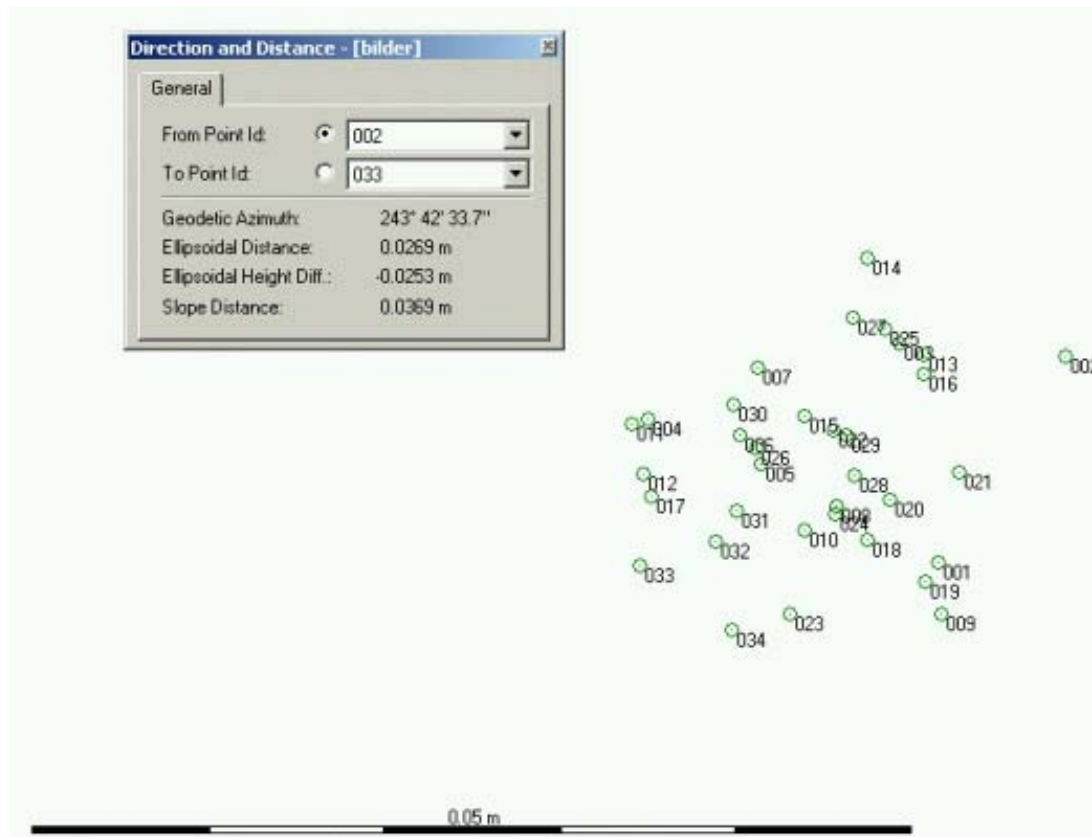


Grunnlagsnett - fasit målt inn statisk



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (1)



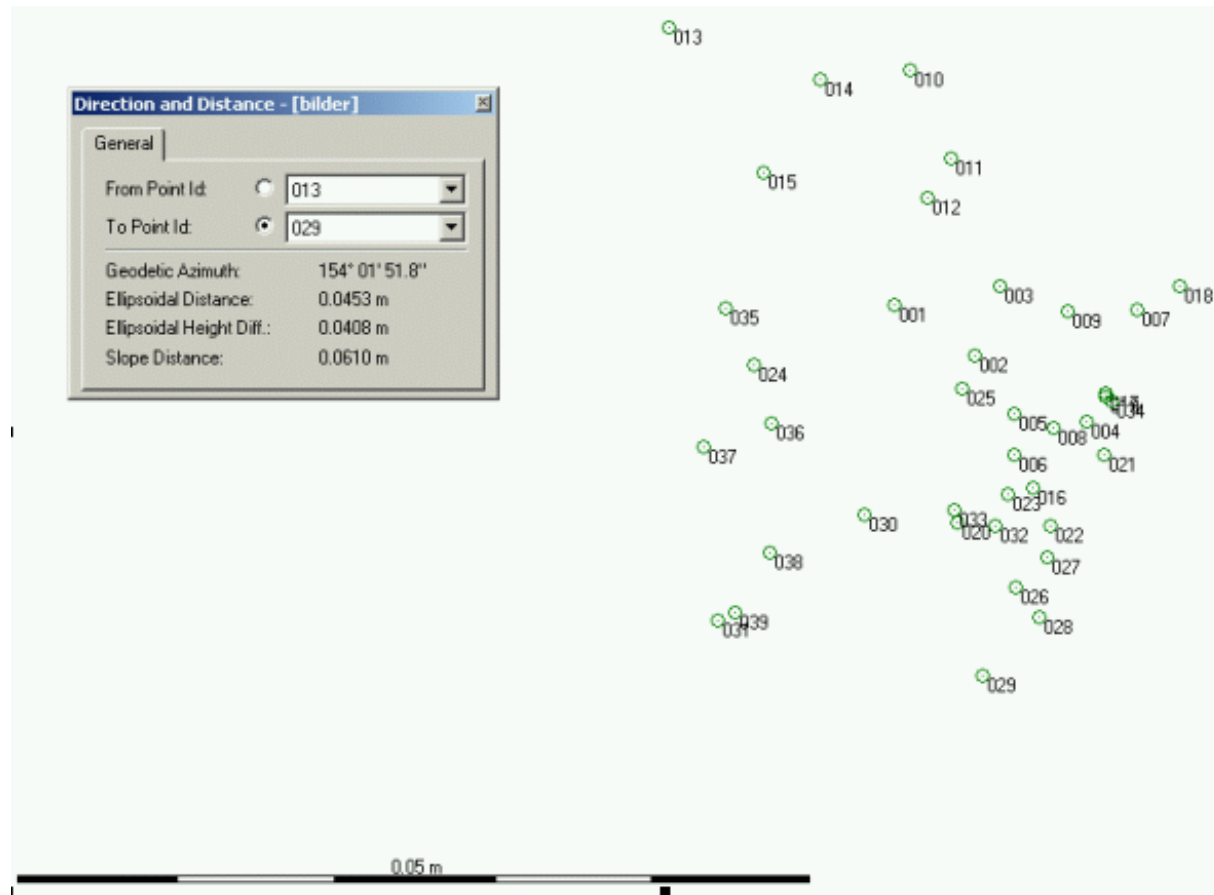
Ivar Trondhjem på FM2

FM2, måling 8. & 9. mai 2003, **6.3 km** fra GJOV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (2)

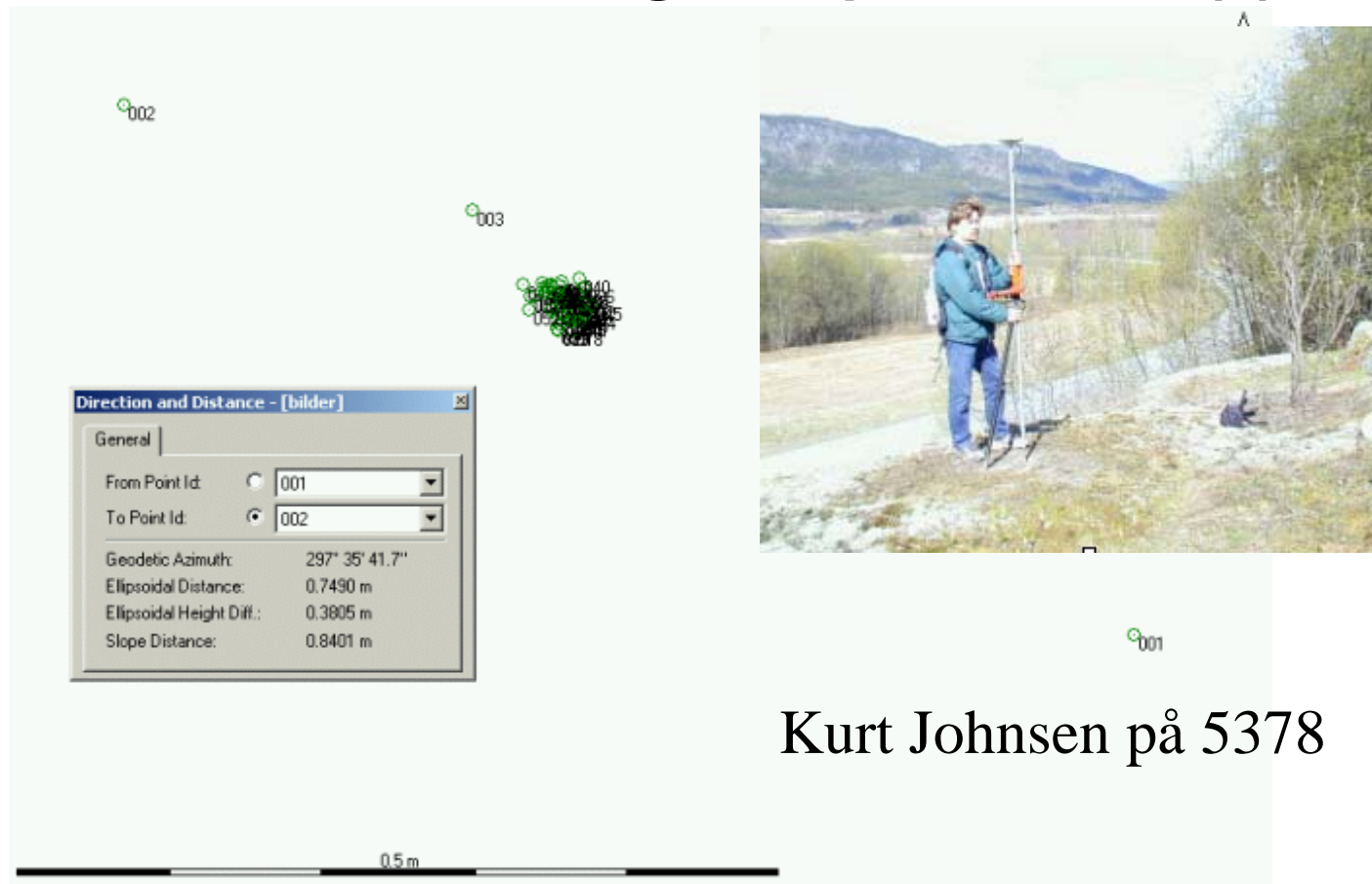


5288, måling 8. & 9. mai 2003, **10.5 km** fra GJOV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (3)



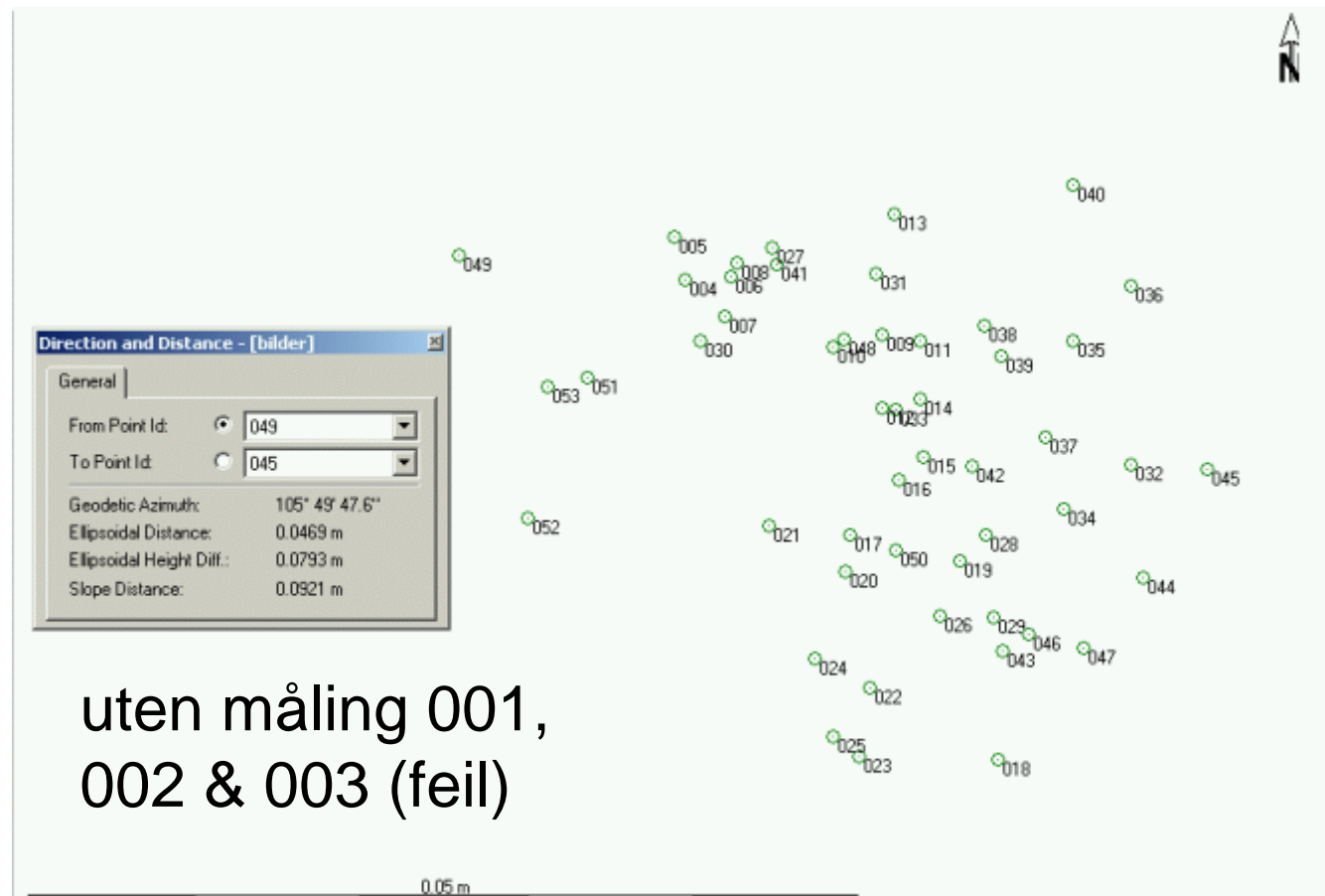
Kurt Johnsen på 5378

5378, måling 8. & 9. mai 2003, **15.5 km** fra GJOV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (3b)

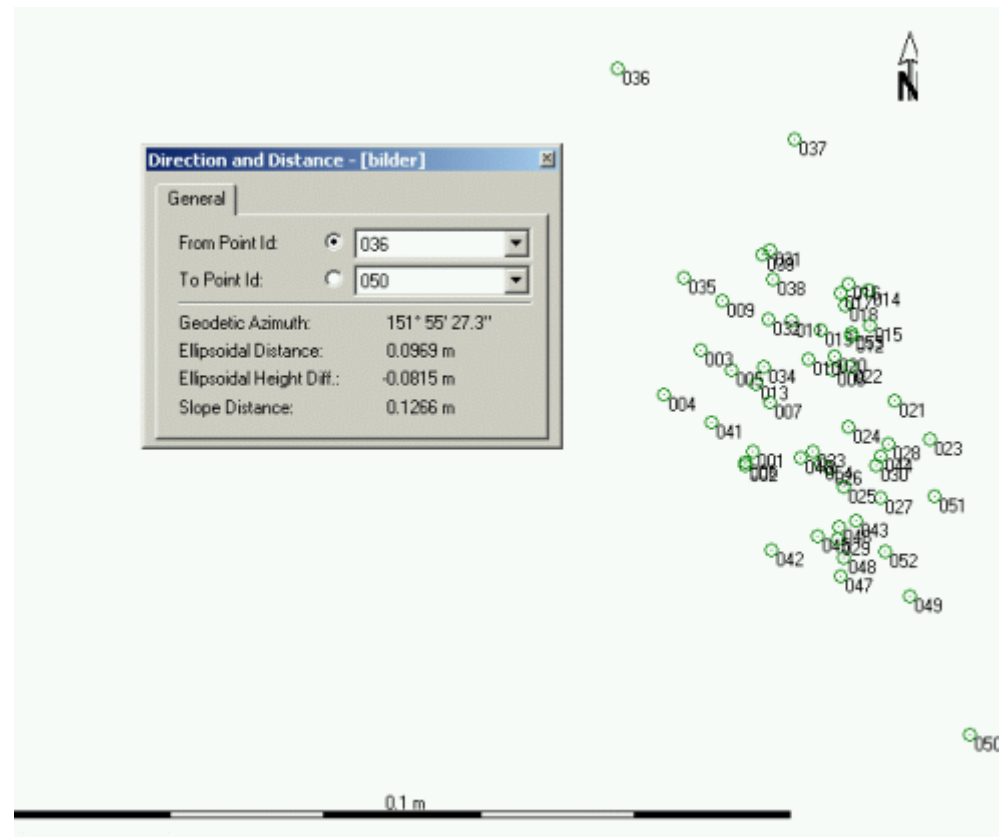


5378, måling 8. & 9. mai 2003, **15.5 km** fra GJOV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (4)

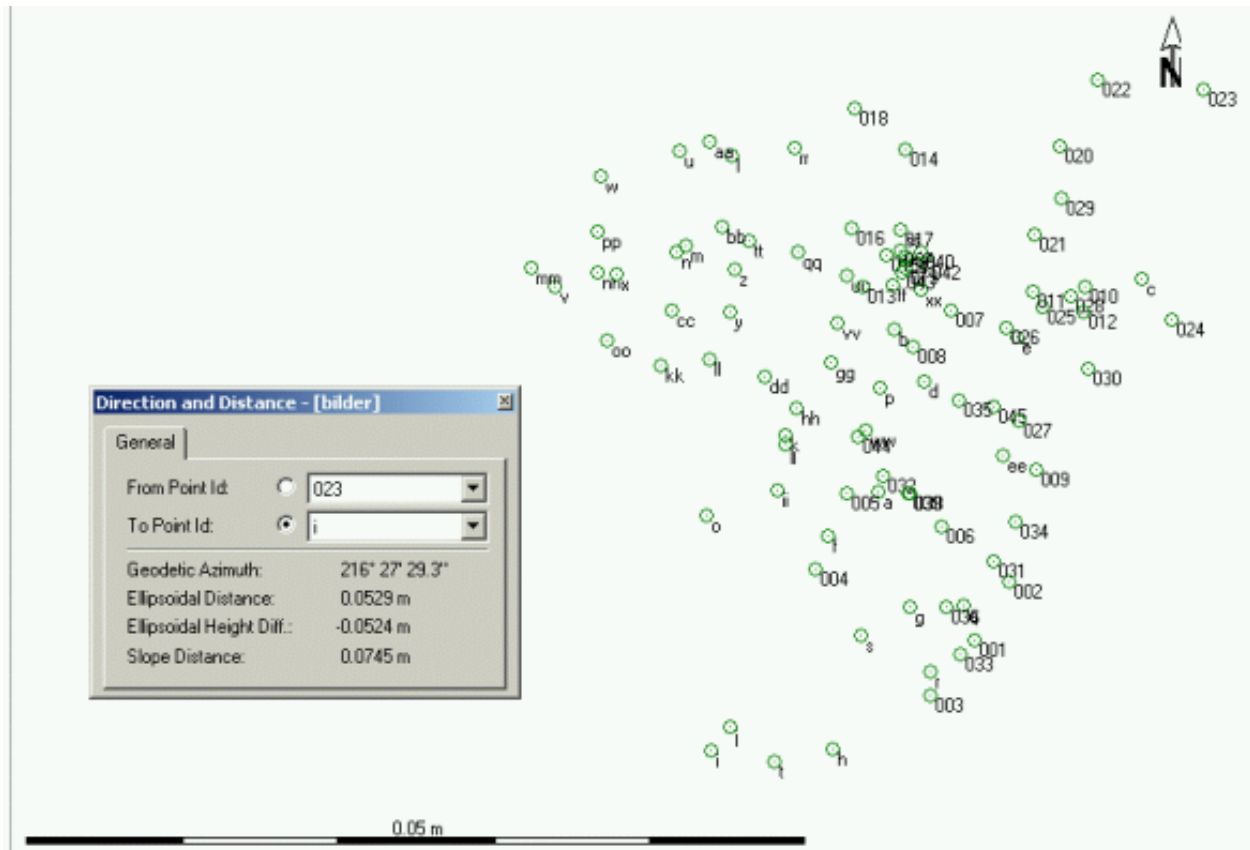


0576, uten 036,037,050, måling 8. & 9. mai 2003, **21,3 km** fra



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (5)

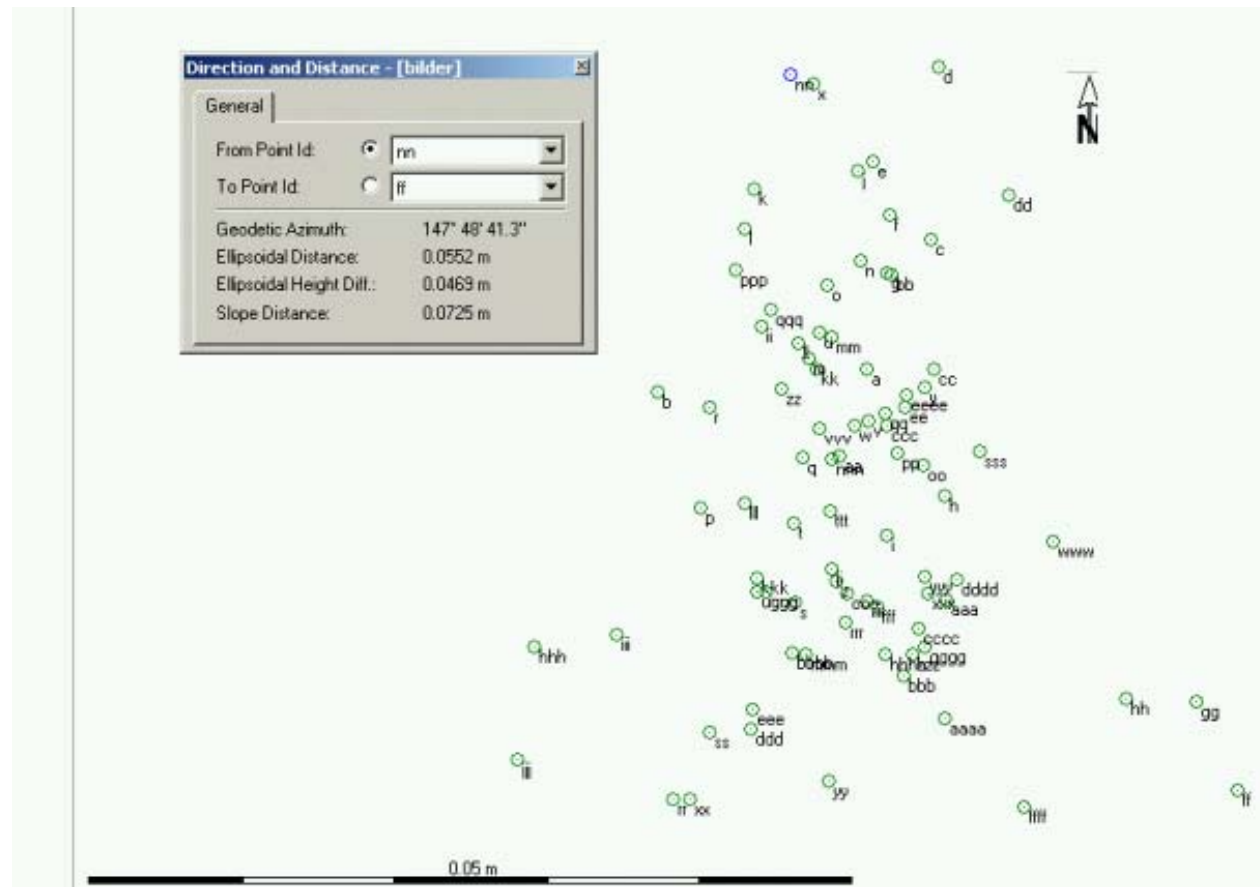


G32T 0575, måling 8., 9., 10. & 12. mai 2003, **23,8km** fra GJOV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (6)

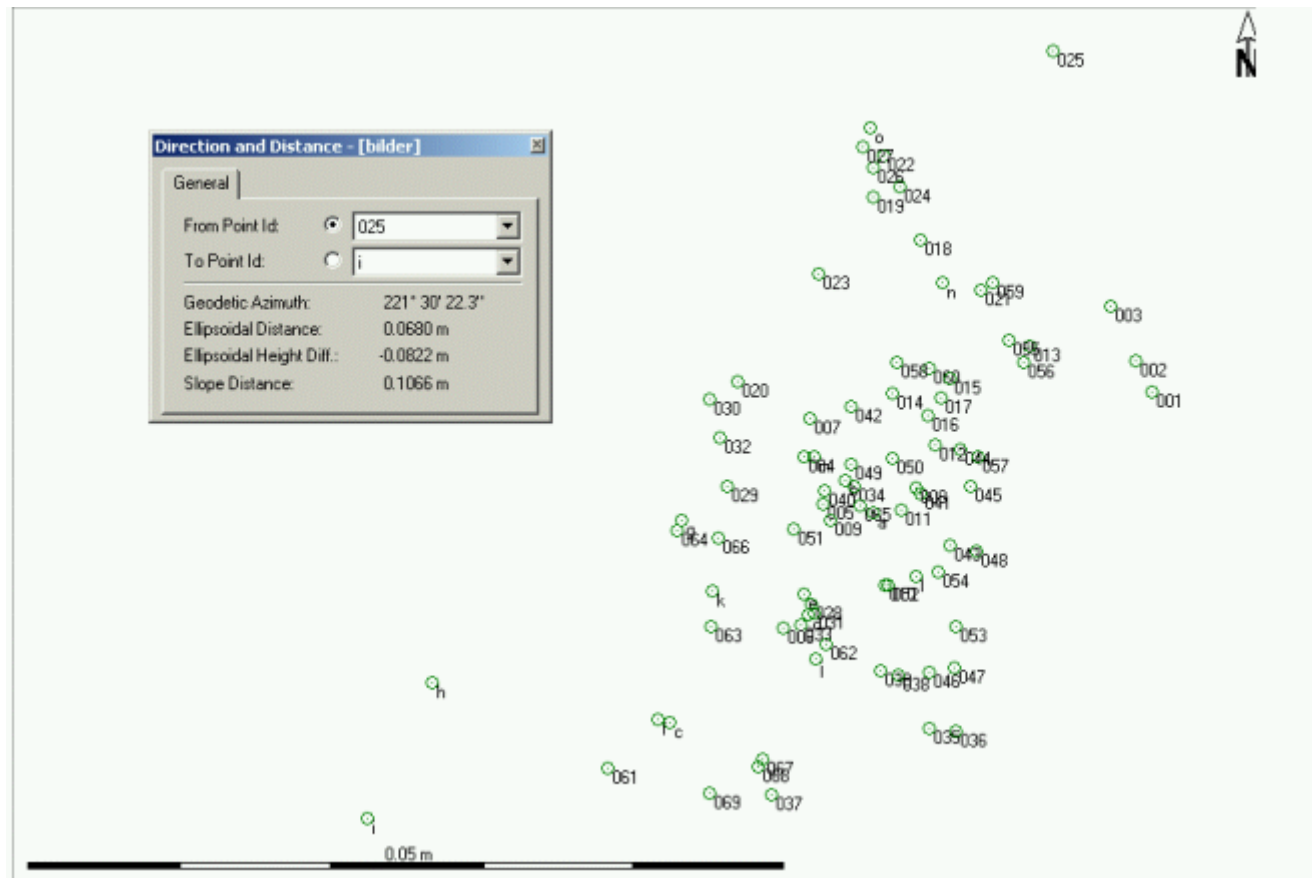


G32T 0322, 3 obs. fjernet, måling 8.,9.,10, 12. mai 2003, **27 km** fra
GJØV



Testfelt lange avstander

Visuell fremstilling av repeterbarhet (7)



G32T 0322, "Dokka", fjernet 5 obs, måling 8-12. mai 2003, **34,7 km** fra G.IOV



Testfelt lange avstander

- ❑ Foreløpig har vi få målinger og dessuten kun gjort målinger med Leica-mottakere.
- ❑ Testing på lange avstander fortsetter våren 2004 og da på enda lengre avstander (4, 5, 6, 7.. mil.



Nye muligheter m/ nyere utstyr, SW/FW?

Økt RTK-ytelsen gir mulighet for:

- Tidsdeling (Timeslicing) med opptil 4 radioer med samme frekvens
- Scanningsfunksjonalitet for innkommende RTK korreksjoner ved bruk av radio
- Automatisk valg av nærmeste GSM referansestasjon
- Støtte til flere radiomodem og mobiltelefon

Innmålingsfunksjoner

- Sjekk av absolutt punktavvik i tillegg til avvik til middel



Nye muligheter m/ nyere utstyr, SW/FW?

Utstikkingsfunksjoner

- Funksjon for å finne nærmeste pkt

Koordinatsystemer

- Bruk av geoidemodeller

Feltprogrammer/ feltutstyr

- Aktivere/deaktivere lydsignal ved fasebrudd
- Trådløst utstyr
- GPS kan settes på totalstasjonen



Utfordringer

- Kvalitetssikring/ vite hva en driver med
- Kvalitetssikring.....
- Kvalitetssikring.....
(RTK-målinger er skjøre målinger)

- Være faglig oppdatert!

Lykke til!!