

2010

Danmarks Tekniske
Universitet, Institut for
Byggeri og Anlæg,
Center for Arktisk
Teknologi.

Bjørn Skjønning
Andersen s091489

Afleveret 21-09-2010

Vejleder: Stenseng, L. (2010), cand. scient., Danmarks Tekniske
Universitet, DTU-Space.

Rigtig god rapport.
Brug kun direkte citater når der er
absolut nødvendigt for en pointe.

[GPS MÅLINGER I SISIMIUTOMRÅDET. (NYT INDUSTRIKVARTER)]

Rapporten indeholder Teorien bag GPS systemet samt indsamlet og behandlet data.

Indholdsfortegnelse.

Forside.....	1
Indholdsfortegnelse.....	2
Forord:.....	3
1. Teoretisk del:.....	3
1.1. Beskrivelse af GPS systemets segmenter.....	3
1.1.1. Rumsegmentet.....	3
1.1.2. Kontrolsegmentet.....	4
1.1.3. Brugersegmentet.....	5
1.2. Principperne bag de forskellige GPS positioneringsmetoder.....	5
1.2.1. Kodemåling.....	6
1.2.2. Fasemåling.....	6
1.2.3. Differentiel GPS måling.....	7
1.3. Fejlkilder.....	8
1.4. Koordinat og højdesystemer der typisk knytter sig til GPS systemet og til GIS miljøer....	10
2. Præsentation og analyse del:.....	12
2.1. Beskrivelse af den gennemførte dataindsamling.....	12
2.2. Beskrivelse af det geodætiske referencesystem der er anvendt.....	13
2.3. Præsentation af de indsamlede data i tabeller og MapInfo.....	13
2.4. Vurdering af de indsamlede data.....	16
3. Konklusion:.....	16
Referencer:.....	16

Forord:

Denne rapport er udarbejdet som en del af kursus 11821 Forundersøgelser ved DTU BYG Center For Arktis Teknologi, Sep.2010. Alle data er indsamlet 15. og 16. september 2010 i Sisimiut Grønland. Med mindre andet er angivet er alle faktuelle informationer noter eller slides vist i forbindelse med undervisningen på Sanaartornermik Ilinniarfik September 2010 ved underviser: Stenseng, L. (2010), cand. scient., Danmarks Tekniske Universitet, DTU-Space.

1. Teoretisk del:

GPS(Global Positions System) systemet er den amerikanske udgave af flere verdensomspændende satellitbaserede positioneringssystemer, der danner rammen om alt fra trafiknavigering til lands og til vands, over millimeter præcise højdeangivelser ved landmålingsopgaver, til militære præcisions bombardementer. Det skal dog understreges at GPS systemet oprindeligt er udviklet til militært brug, og at der fortsat er visse begrænsninger ved den civile del af brugersegmentet.

1.1. *Beskrivelse af GPS systemets segmenter.*

GPS er opdelt i tre segmenter:

1.1.1. *Rumsegmentet*

1.1.2. *Kontrolsegmentet*

1.1.3. *Brugersegmentet.*

1.1.1. *Rumsegmentet.* Dette er selve satellitdelen af GPS.

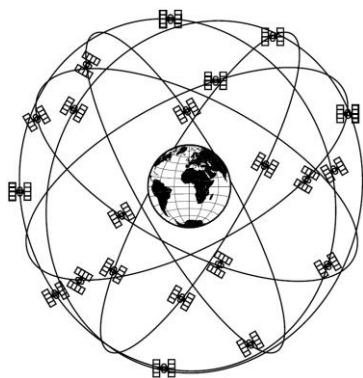
Der er inklination i forhold til ækvator.

Disse baneplaner befinder sig i en højde af ca.20.200 km over jordens overflade.

Omløbstiden for hver enkelt satellit er 23 timer og 56 minutter, da satellitterne har en

periode på 11 timer og 58 min. **Perioden er den tid det tager satellitten at nå fra ækvator på den ene side af jorden, til ækvator på modsatte side af jorden(et halvt baneorbit), dette sammenholdt med jordens rotation medføre, at satellitten passerer det samme sted på jorden hver 23 timer og 56 min.** Der er grundet de førnævnte parametre til alle tider mindst 4 satellitter synligt på himlen, i realiteten er der ofte mange flere.

Nej, perioden på 11 timer og 58 minutter er den tid det tager at komme en gang rundt om jorden, altså den tid det tager fra satellitten passerer Nordpolen til den passerer Nordpolen igen.



(Figur 1.1. De 6 baneplaner med GPS satellitter i orbit. (Stenseng L 2010))



(figur 1.2. Block IIR satellit i orbit om jorden(Stenseng L. 2010)

Der findes for tiden flere generationer af GPS satellitter i omløb om jorden.

Satellitterne der benyttes i GPS systemet er af typen **Block IIR** med en vægt på ca. 850 kg.(Dueholm K, Laurentzius M. 1999) Block IIR har monteret 2 solpaneler som primær energikilde. Oprindeligt blev det diskuteret om satellitterne i GPS systemet skulle være atomdrævet, men faren for spredning af farligt nukleart materiale ved f. eks. fejlopsendelser ændrede disse planer. Der er dog ”ikke farligt” radioaktivt materiale ombord, i form af 4 atomure. 2 Rubidium, og 2 Sæsium. Block IIR satellit typen har en forventet levetid på ca. 7-8 år.

1.1.2. *Kontrolsegmentet.* Drives af det amerikanske forsvar, og har hovedkvarter i Schriever AFB, ved Colorado Springs.

Da GPS systemet i reglen stadig er et militært system, hvor der er givet en del af satellitkoden fri til civil brug, monitoreres og vedligeholdes systemets satellitter da også af det amerikanske militær. Der er 5 kontrolstationer placeret rundt på jorden nær ækvator(se figur 1.3.) **Figur mangler**

Fra disse kontrolstationer indsamles der konstant data fra GPS satellitterne, data sendes videre til hovedkvarteret i Schriever AFB. Her behandles data, banekorrektioner foretages

og evt. ”dårlige satellitter ”flages.” Er en satellit blevet flaget sendes denne information med fra alle andre satellitter, så man fra brugersegmentet kan frasortere denne satellit.

1.1.3. *Brugersegmentet.* Er alle(militære/civile), der er i besiddelse af en GPS antenne, en modtagerenhed, og en strømkilde.

Der er utroligt mange anvendelser for det binære signal der udsendes fra Block IIR satellitterne, men i reglen er man interesseret i, med større eller mindre nøjagtighed at fastslå ens antennes position.

Der findes i dag(2010) GPS enheder fra et par hundrede kroner op til adskillige hundredetusinder af kroner. Der er en klar sammenhæng mellem pris og nøjagtighed i instrumentet.

1.2. Principperne bag de forskellige GPS positioneringsmetoder.

Al GPS positionsbestemmelse hviler på et princip om meget nøjagtig tidsmåling. Selve datatrafikken forgår som envejskommunikation med elektromagnetiske kodede signaler fra Block IIR satellitterne til modtagerne på jorden. Går man ud fra at man meget præcist kender satellitternes nøjagtige positioner i deres respektive baner, kan man ved at måle hvor længe signalet har været under vejs beregne længden fra satellitten til modtagerenheden. Der findes denne formel til bestemmelse af afstanden:

(formel 1.2.1. Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

s er afstanden, c er hastigheden af signalet, som i dette tilfælde svare til lysets hastighed (ca. $3,0 \cdot 10^8$ m/s), og t er tiden, som signalet er under vejs.

Når man har udregnet afstanden fra 3 satellitter til ens egen modtagerenhed, kan man ved hjælp af triangulering udregne koordinaterne til ens enheds punkt. I teorien er 3 satellitter altså nok til at fastslå ens position, der er dog ikke taget højde for synkroniseringsfejl mellem urene i satellitterne og modtagerenheden. Alle afstande målt med synkroniseringsfejl kalder man for pseudoafstande. Man slipper af med synkroniseringsproblemet ved at medtage en fjerde satellit, og dermed pseudoafstand i sin rummelige indbinding af ens modtagers punkt.

Der er 3 positioneringsmetoder:

1.2.1. *Kodemåling.*

1.2.2. *Fasemåling.*

1.2.3. *Differentiel GPS måling.*

Satellitterne udsender hver især 2 forskellige signaler

L1 og L2. Disse signaler benævnes bærebølger, og det er på disse at selve ”koden” er moduleret. L1 bærebølgen har en frekvens på 1575,42 MHz, og en bølgelængde på ca. 19 cm. L2 bærebølgen har en frekvens på 1227,60 MHz og en bølgelængde på ca. 24 cm.

På både L1 og L2 Bærebølgerne moduleres der et navigationssignal (medbringer information om satellittens helbred), derudover moduleres der 2 forskellige koder på, nemlig C/A-koden (coarse/acquisition), og P-koden (precise). Det er dog kun L1 bærebølgen der medbringer begge koder, da L2 bærebølgen kun medbringer P-koden.

C/A-koden har en frekvens på 1,023 MHz og dens bølgelængde er ca. 293 m.

P-koden har en frekvens på 10,23 MHz og dens bølgelængde er på ca. 29,3 m.

Det skal nævnes at både selve bæresignalerne, og kodernes frekvenser bygger på en grundlæggende frekvens på 10,23 MHz (Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

”Koderne består af bitstrænge, der genereres som såkaldte ”pseudo random noise! (PNR) sekvenser (Hoffmann-Wellenhof et al., 1997). Sekvenserne gentages periodisk. Længden af C/A koden er 1ms, hvorimod P-koden har en længde på 266 dage.

Hver satellit bærer en variation af C/A-koden. Variationen er bestemt ved matematisk udtryk, som er implementeret i både satellit og modtager. På denne måde kan det entydigt bestemmes, fra hvilken satellit signalet stammer.” (Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

C/A-koden har en længde på 300 km. Hvor P-koden har en længde på $1,8 \cdot 10^{11}$ km.

Navigationssignalet har en længde på 5950 km.

- 1.2.1. *Kodemåling* kan forklares som, afstandsbedømmelse mellem satellit og modtager ud fra hvor mange hele stykker C/A kode af 300 km. der netop er mellem satellit og modtager. Dette kan lade sig gøre ved at modtagerenheden genererer en kopi af hver enkelt modtagne C/A-kode, og derefter udregner den **tættest** mulige korrelation. Nu kendes **højest** ”tiden” altså den brøkdel af det millisekund hvormed C/A-koden repeteres. Problemet er nu at man ikke ved præcist hvor mange hele C/A-kodelængder der skal medregnes den ”stump” vi har fundet. *”Det svarer til at man måler med en tommestok, hvor der kun er inddelinger på det første led. Vi måler med stor præcision inden for det sidste led, men ved ikke hvor mange led der er foldet ud.”* (Dueholm K, Laurentzius M. 1999). Dette kan der tages højde for ved at vide, inden for et område på et par hundrede km. hvor man er. Ved man ikke dette udsender hver enkelt satellit, på L1 bærebølgen hvert 6. sekund en tidsangivelse, der gør modtageren i stand til at sige hvor den er inden for et par hundrede km. Der er i den udregnede tid/afstand ikke taget højde for de forskellige fejl f. eks. modtagerens urfejl, ionosfæriske forstyrrelser etc.

1.2.2. *Fasemåling.*

”Ved fasemåling bestemmes faseforskellen mellem bærebølgen fra satellitten og en i modtageren genereret kopi af denne bølge. Forskellen i fase kan bestemmes med nøjagtighed, der er bedre en 1 % af bølgelængden (for nogle modtagere er nøjagtigheden mellem 0,1 % og 0,01 % af bølgelængden). Da bærebølgerne bølgelængder er 190,5 mm (L1) og 224,5 mm (L2), svarer det til en målenøjagtig bedre en 2 mm!” (Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

Periodekonstanten N er det ukendte antal hele bølger mellem satellit og modtager. man ønsker ved fasemåling at bestemme periodekonstanten, for at finde afstanden mellem satellitten og modtageren.

Der kan opstilles en faseobservationsligning:

som ”*beskriver længden af den modtagne bærebølge, siden målingen startede til tiden t_0* ” (Dueholm K, Laurentzius M. 1999). Nu kan satellitten følges et stykke tid og dermed finde pseudoafstanden fra satellitten til GPS modtageren. Da der stadig er fejlkilder at tage højde for.

Mister modtageren forbindelsen til satellitten under målingen bliver der ”hul” i målingen, og derved er der ikke længere tale om én periodekonstant. Dette fænomen kaldes *Cycle-slips*.

1.2.3. *Differentiel GPS måling.*

”*Differentiel GPS udføres ved samtidig måling med minimum 2 modtagere. Ofte placeres den ene modtager (masteren) i et kendt punkt, og den anden eller de andre modtagere (roverne) måler så relativt i forhold til masteren*”(Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

Der er tale om tre typer af differenser: enkelt, dobbelt, og trippel.

Meningen med de tre differenser er kort fortalt, at eliminere de fejlkilder som findes ved GPS positionering, nemlig: urfejl i satellitterne, forstyrrelser i ionosfæren og troposfæren, fejlene i satellitternes efemerider, og urfejlene i modtagerne.

Enkeltdifferens er når man trækker to faseobservations ligninger fra hinanden, dette er kun muligt hvis der er to modtagere. Ved at trække to fasemålinger fra samme epoke¹ fra hinanden udgår satellittens urfejl dt^p da det er samme urfejl i begge målinger. ”*Hvis afstanden mellem modtagerne er tilstrækkelig lille, kan vi med god tilnærmelse sige, at atmosfæren er ens for de to målinger, og bidragene fra satellittens banefejl projiceres ind på vektoren vil også være stort set ens. Herved elimineres også atmosfære bidragene og banefejlen*”(Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

Dobbeltdifferens er når der er to satellitter, hvor to modtagere danner enkeltdifferens til hver af satellitterne, kan man danne dobbeltdifferens mellem de to enkeltdifferenser. Gøres dette elimineres urfejlene i begge modtagere.

Tripeldifferens kan beskrives som en subtraktion af to dobbeltdifferenser i to forskellige epoker. Altså to satellitter og to modtagere danner dobbeltdifferens til tiden t_1 ved tiden t_2 danner samme setup endnu en dobbeltdifferens disse to dobbeltdifferenser subtraheres og danner derved tripeldifferens herved udgår periodekonstanten i ligningen for dobbeltdifferensen fordi den er konstant i tiden. ”*Tripeldifferens bruges i de indledende beregningstrin som hjælp til at finde grove fejl i observationerne..... Den egentlige beregning af basisliniens² koordinater udføres på dobbeltdifferenserne.*”(Dueholm K, Laurentzius M. 1999).

¹ En epoke er en relativ tidsangivelse fra målingens start. Laves der en observation hver 5 sekund er den 5. epoke $5 \cdot 5$ sek

² Længden mellem to modtagere i en trekant udspændt af signalet fra satellitten til modtager1 og fra satellitten til modtager2 og mellem de to modtagere.

1.3. Fejlkilder.

GPS positionering er behæftet med en række forskellige som jeg her kort vil beskrive. Fejlene kan opdeles i generende, og naturlige fejl.

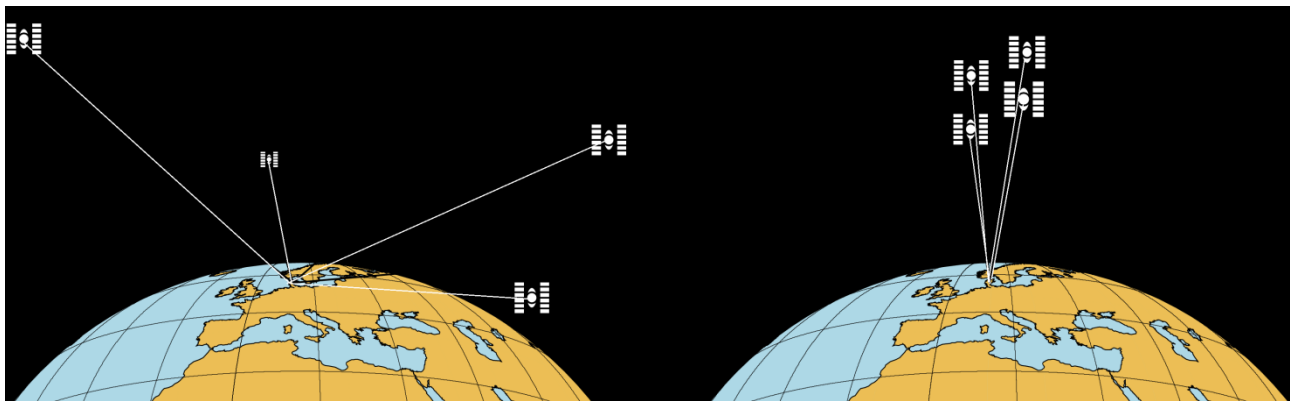
Generende fejl:

AS (Antispoofing) er den kryptering af P-koden det amerikanske militær har påført, for at undgå uautoriseret brug af den meget præcise P-kode. Det kræver en modtagerenhed der kan genererer en kopi af den krypterede kode og afkode den, for direkte at bruge P-koden til positionering.

SA (Selective Availability) var en bevidst påført urfejl denne fejlbehæftning er dog stoppet fra d. 1/5-2000

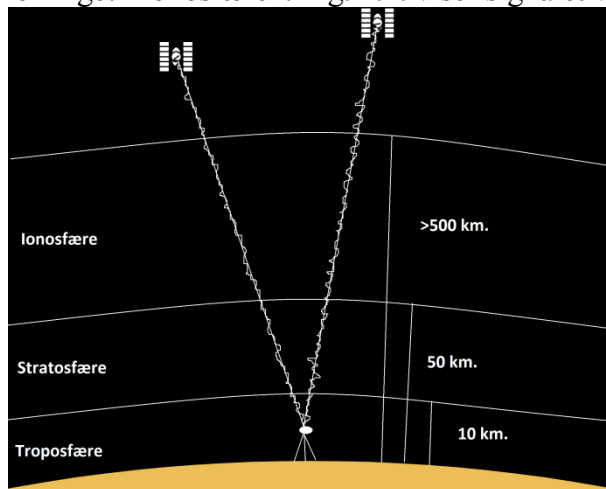
Naturlige fejl:

Satellit geometri også kaldet PDOP. En god "DOP værdi" er når de satellitter man har forbindelse til har en god spredning, og en dårlig er når satellitterne står meget tæt se figur 1.3.



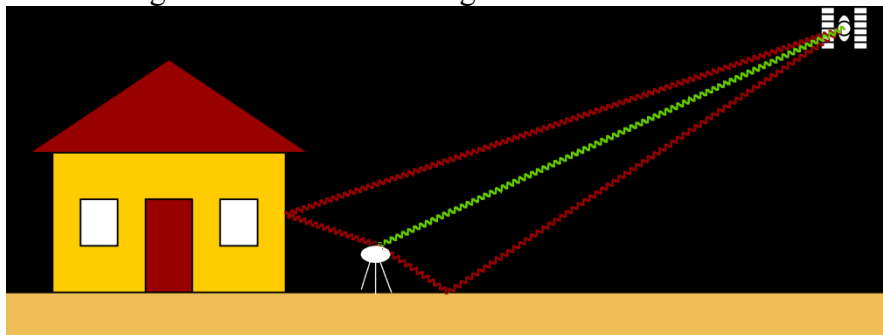
(Figur 1.3. PDOP værdier. Til venstre ses god PDOP og til højre dårlig Stenseng L. 2010)

Påvirkning af signalet i atmosfæren er af betydelig størrelse, særligt bliver signalet forringet i Ionosfæren. Fig. 1.4. viser signalet vej gennem atmosfæren.



(Figur 1.4. signalets vej gennem atmosfæren. Stenseng L. 2010)

Multipath er når satellit signalet reflekterer(og derved bliver længere end den direkte vej) mod huse og andre overflader. Se figur 1.5.



(figur 1.5. Multipath. Stenseng L 2010)

Fejl i satellittens bane kan forekomme, igennem kontrolsegmentet bliver fejl i banerne monitoreret, og rettet.

Satellit urfejl opdages og rettes ligeledes gennem kontrolsegmentet. Dette kan være en meget væsentlig fejl.

Se fig. 1.6. for opsummering af fejl, og deres indvirkning på positioneringens nøjagtighed.

Fejlkilde	Fejlens størrelse
Satelliturs	1-2 m (efter modellering)
Banefejl	1-2 m
Ionosfære	1-50 m (efter modellering) få cm-dm (med 2 frekvente observationer)
Troposfære	få dm (efter modellering)
Multipath	1-2 m
Korrelation	0.2-1 m

(figur 1.6. opsummering af fejlkilder og deres bidrag Stenseng L. 2010)

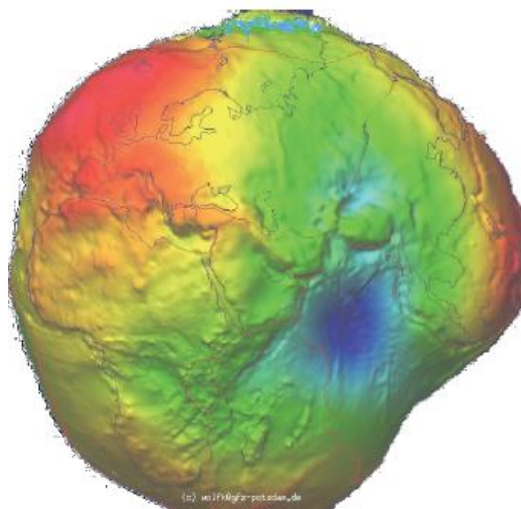
1.4. Koordinat og højdesystemer der typisk knytter sig til GPS systemet og til GIS miljøer.

Nogle har troet jorden var flad, og efter ophedet debat kom man frem til den konklusion, at jorden var rund. Men nej!

Inden for geodæsi vil den antagelse at jorden var kugle rund, med en radius på ca. 6371 km. nok være nemt at regne med, men medføre fejl på op i mod 15 km. i højden. Dette skyldes at jorden grundet sin rotation er ”fladtrykt” fra polerne mod jordens centrum. Dette medføre at jorden kan betragtes som værende mere ellipseformet.

Dette er stadig forholdsvis nemt at beregne, men det er ikke nok der opstår stadig fejl på over 100 m i højden ved beregning ud fra en ellipseform. Jorden er ikke en perfekt ellipse, men har snarere form som et rynket æble der er taget små bidder af. Se figur 1.7.

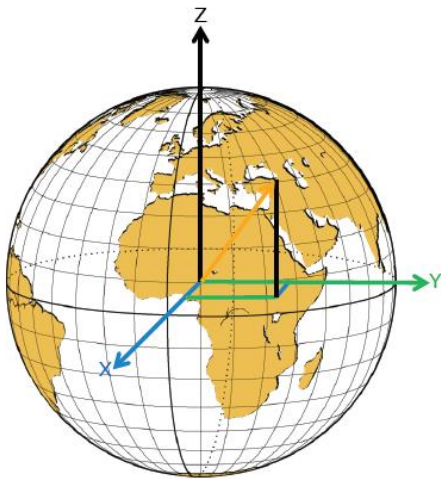
Geoide



(Figur 1.7. billedlig beskrivelse af jordklodens form. Stenseng L. 2010)

Denne form betegnes Geoiden, grunden til at kloden har denne form er forskellig massefylde i jordens undergrund.

Ved beregning ud fra geoidemodellen antages det at overfladen har en konstant tyngdeacceleration uanset position, og at højden er defineret ud fra middelvandstand, altså er geoiden sammenfaldende med middelvandstanden. Et punkt på jordoverfladen kan beskrives ved hjælp af flere metoder. Geografiske eller kartesiske koordinater. ”I det geografiske koordinatsystem måles længden i 360°-systemet, hvor den går fra 0° til 180° grader vest for Greenwich, eller fra 0° til 180° øst for Greenwich. Længden kan angives i tidsmål, således at 1 time = 15°, 1 tidsminut = 15 bueminutter og 1 tidssekund = 15 buesekunder. Bredden deles ligeledes sådan op, med 0° til 90° Nord og 0° til 90° Syd, hvor ækvator er 0°. Ved målinger på jordoverfladen beskriver man ud over længden og bredden også højden h over ellipsoiden også kaldet ellipsoidehøjden h (Jacobi, 1997”).

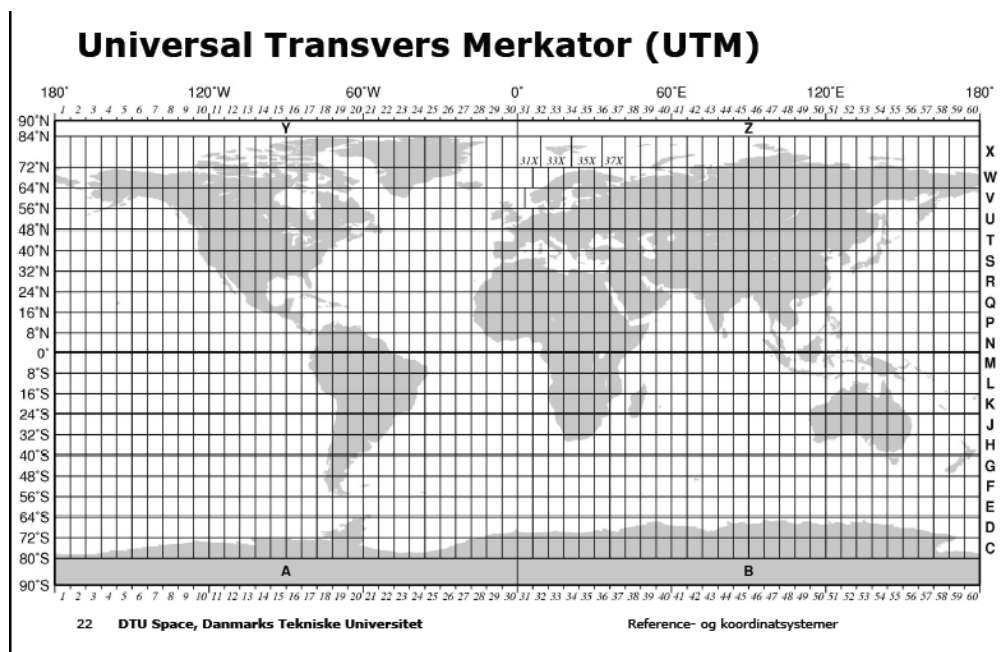


(figur 1.8 x, y, og z koordinaterne som de er lagt på i det kartesiske system. Stenseng L. 2010)

I det Kartesiske koordinatsystem, er z-aksen sammenfaldende med jordens rotationsakse, x-aksen med skæringen mellem ækvatorplanet og Greenwich meridianplanet, og y-aksen er normal til Greenwich meridianplanet pegende mod øst.

Det geodætiske referencesystem, er modtagerenhedens måde at gøre ens positionering mere præcis. Referencesystemet består af 3 ting:

- a. Datum
 - b. Kortprojektion
 - c. Højdesystem
- a. Datum kan beskrives som ”matematisk grundlag for ens målinger. Datum består af en omdrejningsellipsoide, som har sin akse sammenfaldende med jordens omdrejningsakse,” (Jacobi O. 1997). Der er mange forskellige datum i forskellige dele af verden. Det er ikke tilrådeligt, at bruge et datum der ikke relaterer til ens geografiske placering, da det kan give utilsigtede fejlbidrag i ens positionsbestemmelse. Der er under opbygningen af selve GPS systemet lavet et universelt datum, som dækker hele verdenen, dette kaldes WGS84 (World Geodetic System 1984).
- b. Kortprojektion. Ligesom med det universelle datum (WGS84) findes der en universel kortprojektion, kaldet UTM(Universal Transverse Mercator) se figur 1.9. Denne kortprojektion bygger på cylinderprojektion, med ækvatorplanen sammenfaldende med projektionen. Der er i alt benyttet 30 cylindere for at kunne afbillede hele jorden.



(figur 1.9. (UTM) kortprojektion. Stenseng L. 2010)

c. Højdesystemer. Kan være f. eks geoidehøjden, eller elipsoidehøjden.

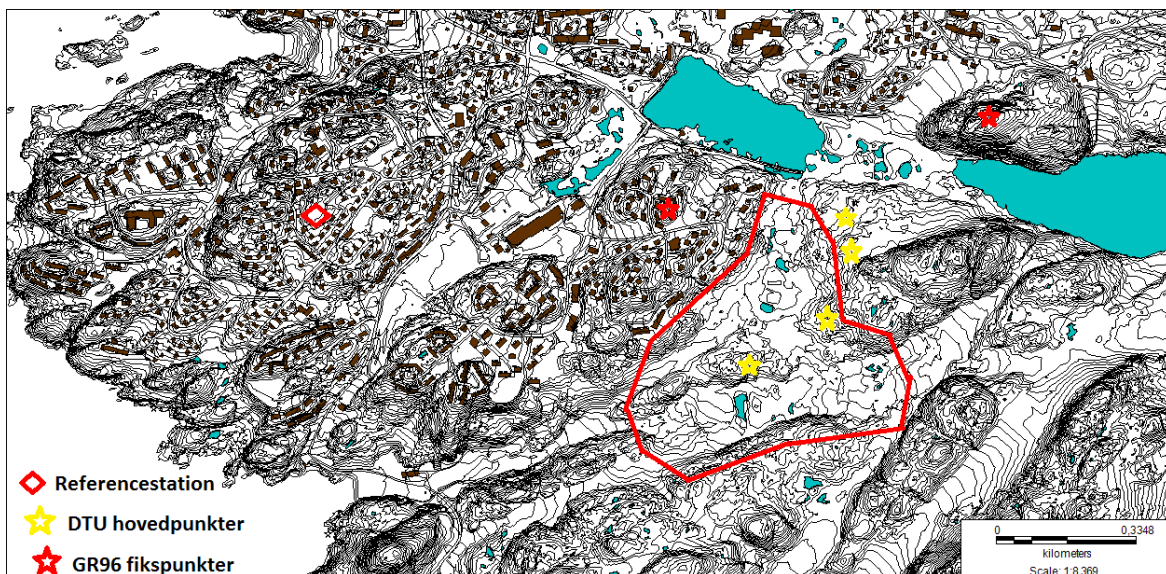
2. Præsentation og analyse del:

2.1. Beskrivelse af den gennemførte dataindsamling.

Al vores dataindsamling er foretaget i forbindelse med forundersøgelserne af et muligt industriområde sydøst for Sisimiut. Der er foretaget topografiske RTK-målinger (2 sek. Interval) i området for, for at fastslå om permafrostdelen af området sætter sig, og i hvilket tempo hvis det gør. Derudover ønskes der et DTM(Digital Terræn Model) af området, ved senere bearbejdelse af data.(DTM berøres ikke efterfølgende i denne rapport). Derudover ønskedes der etablering af fikspunkter i og omkring området, til senere detailopmåling og afsætning. Dette blev foretaget ved, at opstille 2 referencestationer med kendte GR96 koordinater. Efterfølgende blev der foretaget 45 min. lange målinger på tidligere afsatte DTU-fikspunkter. Se figur 2.1. for område og fikspunktbeskrivelser. De to REFGR punkter blev målt med JAVAD DELTA enheder, disse enheder kan beskrives som ”plug and play” og er meget velegnede til statisk GPS positionering. Enhederne blev placeret på precentrerede treben, og målingerne forgik kontinuert, og derfor simultant med hverandre, og DTU-fikspunkt målingerne. Opmålingen af DTU-fikspunkterne blev

Foretaget med JAVAD MAXOR modtager. Denne enhed er meget velegnet til feltarbejde da batteri, antenne, og udregner, er bygget sammen i en enhed. RTK- målingerne blev foretaget med TRIMBLE 5800 monteret på 2m målestok i kulfiber. Under målingen går man kontinuert og roveren logger hvert 2. sekund positionen, og højden. Det er vigtigt at antennen er i lod under dataindsamlingen, dette sikres med en dæselibelle monteret på målepinden.

Klassen besluttede, at RTK målingerne i området skulle deles. Derfor blev man enige om at lave 5 zoner, så hver gruppe i klassen hver havde ansvar for 1 zone.



(figur 2.1. Indkredset med rødt er det ønskede opmålte område. Malmkov J. 2010)

2.2. Beskrivelse af det geodætiske referencesystem der er anvendt.

Til alle målinger benyttede vi det globale WGS84 datum, og UTM zone 22 Nord som projektionen. Højdesystemet er geoiden.

2.3. Præsentation af de indsamlede data i tabeller og MapInfo.

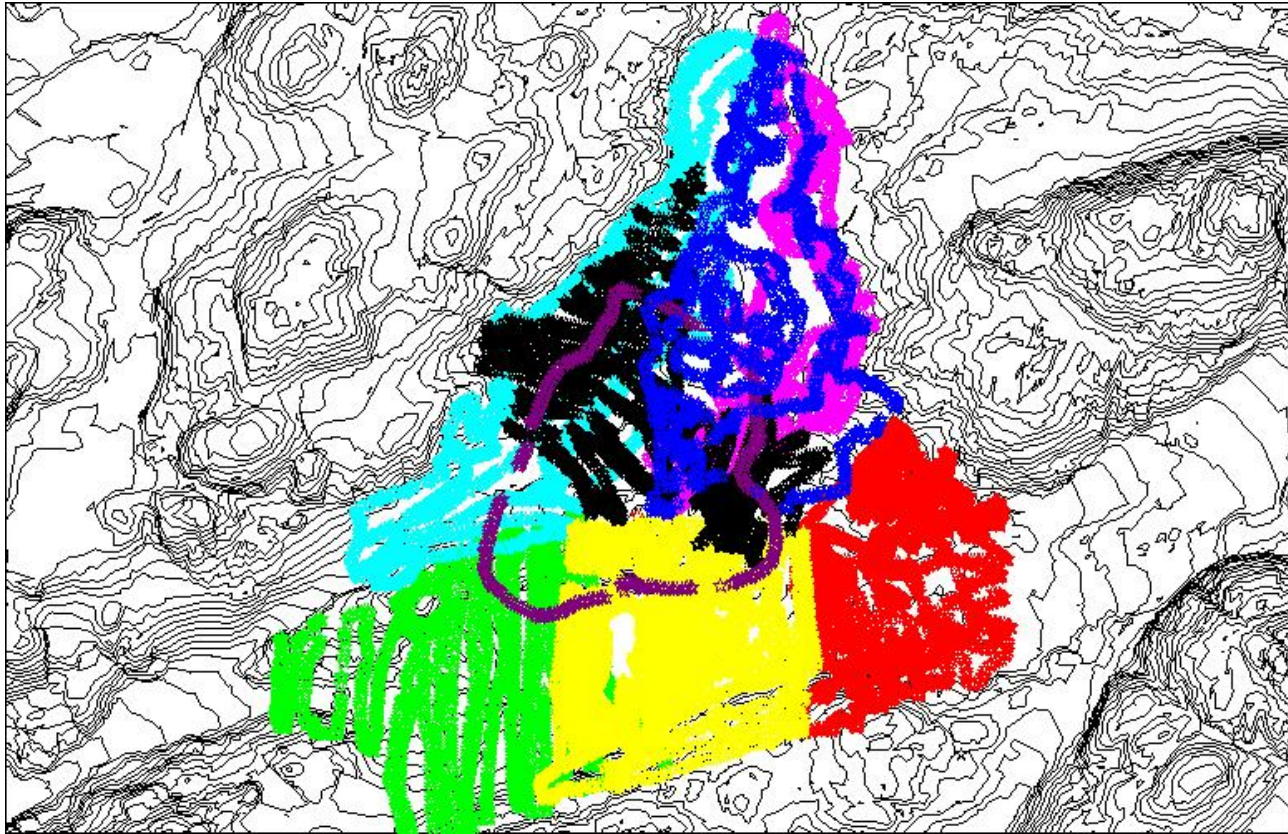
Selve dataindsamlingen varede det meste af en dag, da området er ret omfattende, og der ”kun” var stillet 2 TRIMBLE 5800 rovere til rådighed. Dagen efter dataindsamlingen blev data bearbejdet i TGO(Trimble Geomatics office), og derefter i MapInfo Professional. Der var problemer med, at indlæsning af et af REFGR punkterne, og også et af DTU-punkterne. Dette blev dog løst af vores lærer, som programmerede sig ud af problemet. Der var også problem med en af RTK målingerne.

Under dataindsamlingen var der meget dårlig dækning i radiosignalet fra referencestationen, for en af zonerne dette fremgår af figur 2.2. her fremgår det også at der var områder der ikke var dækket tilstrækkeligt.



(Figur 2.2. Med lyseblå ses det område der havde problemer med radiodækningen. Markeret med sort er de områder klassen mente ikke var opmålt godt nok.)

Da det var konstateret, at der var ”huller” i opmålingen af området, blev det besluttet at der skulle foretages flere opmålinger. Det blev også efter vejledning fra vores lærer besluttet at lave en kontrolmåling der gik gennem alle zonerne, dette for at fange evt. forkerte preindstillinger for højde. Disse målinger kan ses i figur 2.3.



(Figur 2.3. Her ses med sort, de ekstra målinger der blev foretaget på baggrund af klassens kvalitetskontrol. Med lilla ses kontrolmålingen der går gennem alle zoner).

Resultaterne af de statiske data blev behandlet, og der blev lavet en baseline survey alle med REFGR punkt 6825 som udgangspunkt. Ud fra RMS tallet som er meget lavt kan man se, at data er tilfredsstillende. Alle målinger overholder kriteriet om at være minimum 45 min. se tabel 2.1.

Punkt nr.	Northing	Easting	Højde	Solution Type	RMS	Occupation Time(min)
6666	7426537,629 m	384013,743 m	81,928m	L1 Fixed	0,005	252
6825	7426750,134 m	384783,599 m	109,659m	-	-	-
DTU001	7426551,058 m	384378,448 m	57,680m	L1 Fixed	0,005	46,5
DTU002	7426481,377 m	384358,841 m	54,750m	L1 Fixed	0,005	53,3
DTU003	7426274,878 m	384364,970 m	53,653m	L1 Fixed	0,007	49,0
DTU004	7426178,193 m	384215,997 m	52,885m	L1 Fixed	0,005	46,3

(Tabel 2.1. vigtigste data fra den udarbejdede survey-rapport. Jensen B. R. 2010)

Der er vedlagt samtlige log sheets fra alle målinger som bilag.

2.4. Vurdering af de indsamlede data.

På baggrund af den nuværende dataindsamling, er resultaterne gode. Området der skulle dækkes af RTK er vurderet af klassen som værende tilstrækkeligt, der er dog ikke lavet DTM endnu, derfor er det svært, at sige noget endegyldigt om højdemålingerne.

Den statiske data er også god, dette ses ud fra RMS tallet.

3. Konklusion:

Dataindsamling og databehandling er forløbet planmæssigt, der er foretaget en tilstrækkeligt dækkende RTK opmåling af området, og de statiske målinger blev meget præcise. Dog er det ikke muligt at sige noget om hvor vidt der er sket sætninger i området baseret på vores målinger.

4. Referencer:

Stenseng, L. (2010), cand. scient., Danmarks Tekniske Universitet, DTU-Space, Mundtlig Kommunikation og forelæsninger.

Bøger:

Dueholm K., Laurentzius M. GPS 1. udg. 1. opl. (1999) Teknisk Forlag.

Noter:

Jacobi O. Digital Kortlægning 3. udg. (1997) DTU.

Slides:

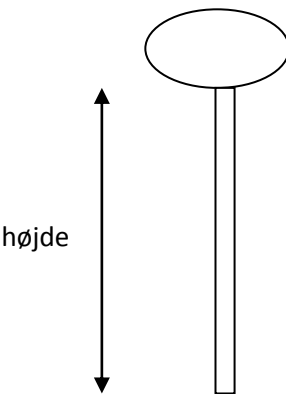
Stenseng L. GPS (GNSS) Kodeobservation (2010) DTU Space

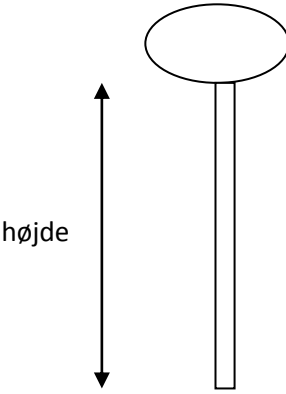
Stenseng L. Fejlteori og statistik (2010)

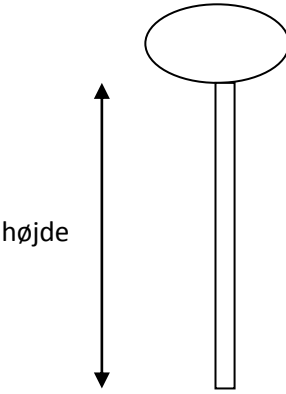
Data:

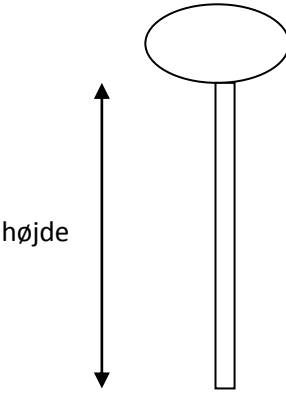
Malmskov J. figur 2.1. (2010) DTU BYG, Center For Arktisk Teknologi.

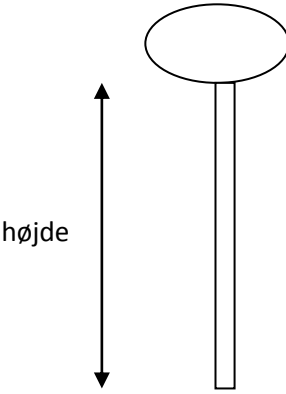
Jensen B. R. tabel 2.1 (2010) DTU BYG, Center For Arktisk Teknologi.

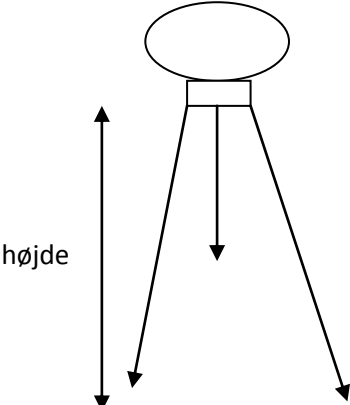
GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Ler			Grøn Lokation 1
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
17:03		19:30	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
13:03		15:30	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
2m		2m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
2m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
XXXXXXXXXX		Trimble R8 5800	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Grus			rød Lokation 2
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
15:55		17:05	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
2m		2m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
2m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
		Trimble R8 5800	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Sand			Blå Lokation 3
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
10:16		12:33	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
2m		2m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
2m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
4515157431		Trimble R8 5800	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Sten			Beige Lokation 4
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
16:38		19:31	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
12:38		15:31	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
2m		2m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
2m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
XXXXXXXXXX		Trimble R8 5800	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Silt			Gul Lokation 5
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
14:00		16:10	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
10:00		12:10	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
2m		2m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
2m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
XXXXXX5042		Trimble R8 5800	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			6 Sisimiut
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		6666	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
13:56		18:25	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
09:56		14:25	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,265m		1,265m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,22088m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
00005		Javad Delta	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			6825 Sisimiut
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		6825	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
14:11		18:25	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
10:11		14:25	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,439m		1,439m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,395m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
00007		Javad Delta	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			Dtu 001
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		Dtu 001	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-2010	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
17:32		18:19	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
13:32		14:19	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,385m		1,385m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,4241m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
MT s/n: 1648		Javad (maxor)	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			Dtu 002
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		Dtu 002	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-2010	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
16:26		17:19	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
12:26		13:19	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,316m		1,316m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,355m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
MT s/n: 1648		Javad (maxor)	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			Dtu 003
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		Dtu 003	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-2010	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
13:57		15:01	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
9:57		11:01	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,234m		1,234	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,2729m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
MT s/n: 1648		Javad (maxor)	

GPS Observation Field Log Sheet			
<u>Operator/Agency</u>		<u>Project</u>	<u>Station/Location Name</u>
Dtu			Dtu 004
<u>Station ID (4 char GPS)</u>		<u>Station ID (Official)</u>	<u>Monument description</u>
		Dtu 004	Fotopunkt med bolt
<u>Day of year</u>	<u>Sessin no.</u>	<u>Date (DD-MM-YYYY)</u>	<u>Antenna setup sketch</u>
		15-9-201	
<u>Session start (UTC)</u>		<u>Session end (UTC)</u>	
15:13		16:00	
<u>Session start (local)</u>		<u>Session end (local)</u>	
11:13		12:00	
<u>Ant. height before obs.</u>		<u>Ant. height after obs.</u>	
1,165m		1,165m	
<u>Final ant. height</u>		<u>Used antenna height (illustrated in "Antenna setup sketch")</u>	
1,2038m			
<u>Receiver serial no.</u>		<u>Receiver type/model</u>	
MT s/n: 1648		Javad (maxor)	