

# Forundersøgelse af potentielt industriområde

Center for Arktisk Teknologi, Forundersøgelser, DTU



Af Jakob Malmskov

Studienummer 103509

Afleveringsdato: Mandag d. 20. september 2010

Rigtig god rapport

**Forord:**

Denne rapport er udarbejdet som led i kurset 11821: Forundersøgelser i ingeniøruddannelsen Arktisk Teknologi. Rapporten omhandler teori omkring geoinformatik og om den forundersøgelse af et potentielt industriområde der blev foretaget. Geoinformatikken forløb over to uger, fra den 7. september 2010 til den 17. september 2010, hvor adjunkt Lars Stenseng var underviser.

I forbindelse med forundersøgelser af et muligt industriområde syd-øst for Sisimiut skulle der indsamles data til fremstilling af en terrænmodel samt etableres hovedpunkter til senere brug for detailopmåling.

## Indholdsfortegnelse:

<b>Forord.....</b>	<b>1</b>
<b>Indholdsfortegnelse.....</b>	<b>2</b>
<b>Teoretisk del</b>	
- 1.1 Global Positioning System segmenter.....	3
- 1.2 Forskellige GPS positioneringsmetoder.....	3
- 1.3 Fejlkilder.....	4
- 1.4 Koordinat- og Højdesystem.....	5
- 1.5 Det geodætiske referencesystem.....	7
- 1.6 MapInfo og TGO.....	8
<b>Dataindsamling og præsentation</b>	
- 2.1 Den gennemførte dataindsamling.....	8
- 2.2 Det anvendte geodætiske referencesystem.....	10
- 2.3 Præsentation af de indsamlede data.....	10
<b>Konklusion.....</b>	<b>12</b>
<b>Litteraturliste.....</b>	<b>13</b>

## Teoretiske del.

### Global Positioning System segmenter.

Global Positioning System (GPS) består af 3 segmenter, et rumsegment, et kontrolsegment og et brugersegment.

*Rumsegmentet består mindst af 24 satellitter, der kredser rundt om Jorden i forskellige baner i en højde på ca. 20.200 km over Jordens overflade. Baneplanerne er forskudt  $60^\circ$  i forhold til hinanden, og hver enkel baneplan hælder  $55^\circ$  i forhold til Ækvator (Dueholm 2005).* Satellitterne er udstyret med fire atomure, to cæsium og to rubidium, og har derfor en meget præcis tidsmåling. Dette er vigtigt, da man skal kunne bestemme en satellits position til et givent tidspunkt. **Hvorfor er der to slags atomure ombord på satellitterne?**

Da satellitternes ure skal være fejlfri, opdateres og tjekkes disse mindst en gang om ugen af kontrolstationer rundt omkring i verden. Dette er kontrol-segmentet for et GPS system. Kontrolstationer er placeret omkring Ækvator, da det er der, der er flest satellitter i nærheden. Dette kontrolsystem er drevet af det amerikanske forsvar.

For at få kontakt med brugerens modtager, sender satellitterne forskellige kodede signaler, som opfanges af modtageren. Der udsendes to bæreølger, L1 og L2, der har bruger frekvenser. På disse er der forskellige koder, L1 har C/A-koden og P-koden, mens L2 kun har en P-kode. P-koden er spæret for civil brug, og det er derfor kun det amerikanske militær der kan bruge disse koder.

En GPS modtager kan først beregne en position, når den har kontakt med tre satellitter, hvis modtagerens og satellitternes ure er synkroniseret. Hvis dette ikke er tilfældet kan en fjerde satellit bruges. Positionen bestemmes ved 3D triangulering, og jo flere satellitter der er forbindelse til, des bedre og mere præcis position får man. Satellitternes position på himlen har dog også en betydning, hvis satellitterne er tæt på hinanden vil man få en dårligere position ~~i højden~~, end hvis de var spredt.

### Forskellige GPS positioneringsmetoder.

Der findes forskellige positionsmålings metoder, hvor hver har sine fordele og ulemper. Alle målemetoder kan bruges for at bestemme en bestemt position, men hvis man ønsker en præcis

position, hvor fejlkilden er lav, kan man bruge en statisk GPS måling. Steder, hvor man ønsker målinger som disse er blandt andet fiks- og referencepunkter.

For en statisk måling opsættes en trefod over punktet man vil måle. Dernæst justeres denne, ved hjælp af et optisk lod og små vaterpas, indtil at modtageren, der placeres oven på trefoden, er lodret over punktet. En statisk måling bliver mere præcis jo længere tid målingen varer. *Nøjagtigheden på denne type målinger er cirka 2 mm i planen og 3 mm i højden (Stenseng 2010).*

Real Time Kinematic (RTK) er en anden måde at måle positioner på. Kinematic betyder "bevægelser" og denne målingsmetode bruges blandt andet i områder, hvor man skal lave højdekurver. Man kan nemlig gå med modtageren samtidig med at man måler positioner. Modtageren får data fra både satellitterne og en referencestation, det kræver derfor for en RTK måling, at man er i referencestationens rækkevidde. Referencestationen sender sine data til modtageren i radio- eller mobiltelefonlink. Data kan samles på forskellige måder i RTKen, i tilfældet med målinger i industriområdet blev der foretaget en kontinuerlig måling. Når modtageren først har fået forbindelse til både satellitter og referencestation, vil data blive målt løbende, for eksempel hvert andet sekund. Da man er under bevægelse ved målingen er præcisionen lavere end statiske målinger, men betydeligt hurtigere. *RTK målinger har en nøjagtighed på 1-5 cm (Stenseng 2010).*

### Fejlkilder.

Ved brug af GPS kan der, som så meget andet, forekomme fejl i data. Disse fejlkilder kan inddeles i forskellige kategorier, som det ses i **figur 1** herunder.

**tabel**

Fejlkilde	Fejlens størrelse
Satellitur	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. Figuren viser en opsummering af fejlkilder (Stenseng, 2010)

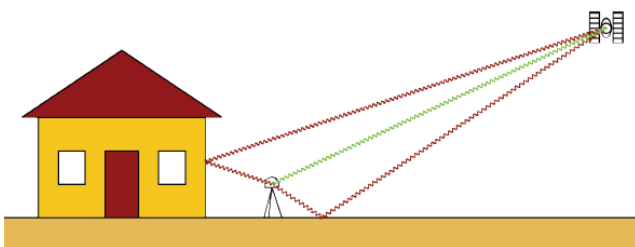
Selv små fejl i satelliturene vil give store afvigelser i positioneringen i forhold til den virkelige position. Det er blandt andet derfor, at satellitterne mindst en gang om ugen tjekkes. Den store fejlstørrelse skyldes satellitternes afstand til modtageren.

Banefejl kan også forekomme, og denne har ligeledes en indflydelse på positionen. Både urfejlen og banefejlen kan forekomme i den navigationsbesked der sendes til modtageren.

Da satellitterne befinder sig ca. 20.200 km over jordens overflade (Stenseng 2010) forstyrres signalet til modtageren af Iono- og Troposfæren. I Ionosfæren påvirker solens ultraviolette strålinger signalet ved at forsinke dette. I Troposfæren vil signalet ligeledes blive forsinket, men her af tryk, temperatur og luftfugtighed. Ved hjælp af modeller kan disse fejlkilder mindskes. Man vil dog efter disse stadig have en usikkerhed på cirka 3 cm.

Det er de frie elektroner der påvirker GPS-signalet. Elektroener slås løs fra atomerne af uv-lys.

Multipath er fejl, der skyldes refleksioner af signalet fra objekter nær modtageren. Som det ses på figur 2 får modtageren ikke kun den direkte afstand til satellitten, men i reflekterede signaler. Dette vil resultere i en usikkerhed af målingen på 1-2 meter. Dette kan undgås ved at holde afstand fra bygninger og andet, hvis det er muligt.



Figur 2. Figuren illustrerer Multipath (Stenseng, 2010)

**Konstellation**  
**Korrelation** er satellitternes position på himlen i forhold til modtageren. Hvis satellitterne er tæt samlet vil positionen være dårligere end hvis de var længere fra hinanden.

### Koordinat- og højdesystemer.

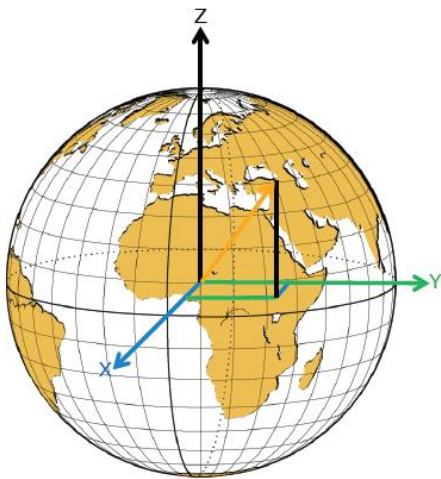
For beskrivelsen af et punkts placering på jordoverfladen, kan man benytte enten geografiske koordinater eller kartesiske koordinater. I det geografiske koordinatsystem måles længden i 360°-systemet, hvor den går fra 0° til 180° grader vest for Greenwich, eller fra 0° til 180° øst for Greenwich. Længden 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 ved 0°. Ved målinger på jordoverfladen beskriver man ud over længden og bredden også højden  $h$  over ellipsoiden også kaldet ellipsoidehøjden  $h$  (Jacobi, 1997).

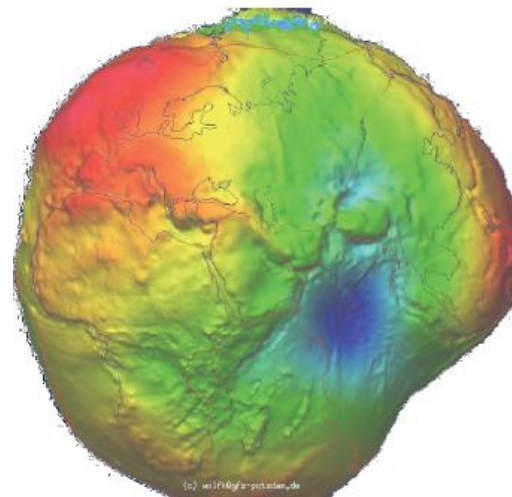
I det kartesiske system anvender man X, Y og Z koordinater.

Z-aksen er sammenfaldende med Jordens rotationsakse, X-aksen er skæringen mellem Greenwich meridianen og Ækvator. Y-aksen står vinkelret på Z og X-aksen og peger mod øst. Dette er tegnet i figur 3.

## Geoide



Figur 3.



Figur 4.

Figur 3. Figuren viser det kartesiske koordinatsystem(Stenseng, 2010)

Figur 4. Billede af Geoiden (Stenseng, 2010)

For at kunne forstå beregningen af højden for et punkt må man kende til de forskellige måder jordens form kan beskrives som. Hvis man ser jorden som værende fuldstændig rund, med centrum i midten og en radius på 6371 km, vil man få op til 15 km fejl i højden. Dette skyldes at jorden ikke er helt rund, men fladtrykt en smule i Nord- og Sydpolen, kaldet en omdrejningsellipse. Selv denne måde at beregne ellipsoidehøjden på er ikke helt præcis, da der her kan være en fejl i højden på op til 100 meter.

For en helt præcis måling må man benytte sig af en anden opstilling, nemlig geoiden. *Geoiden består af en overflade, hvor tyngdekraftens størrelse er konstant uanset position* (Stenseng, 2010). Højden er defineret ud fra den middelvandstand man ville få, hvis man dækkede hele jorden med



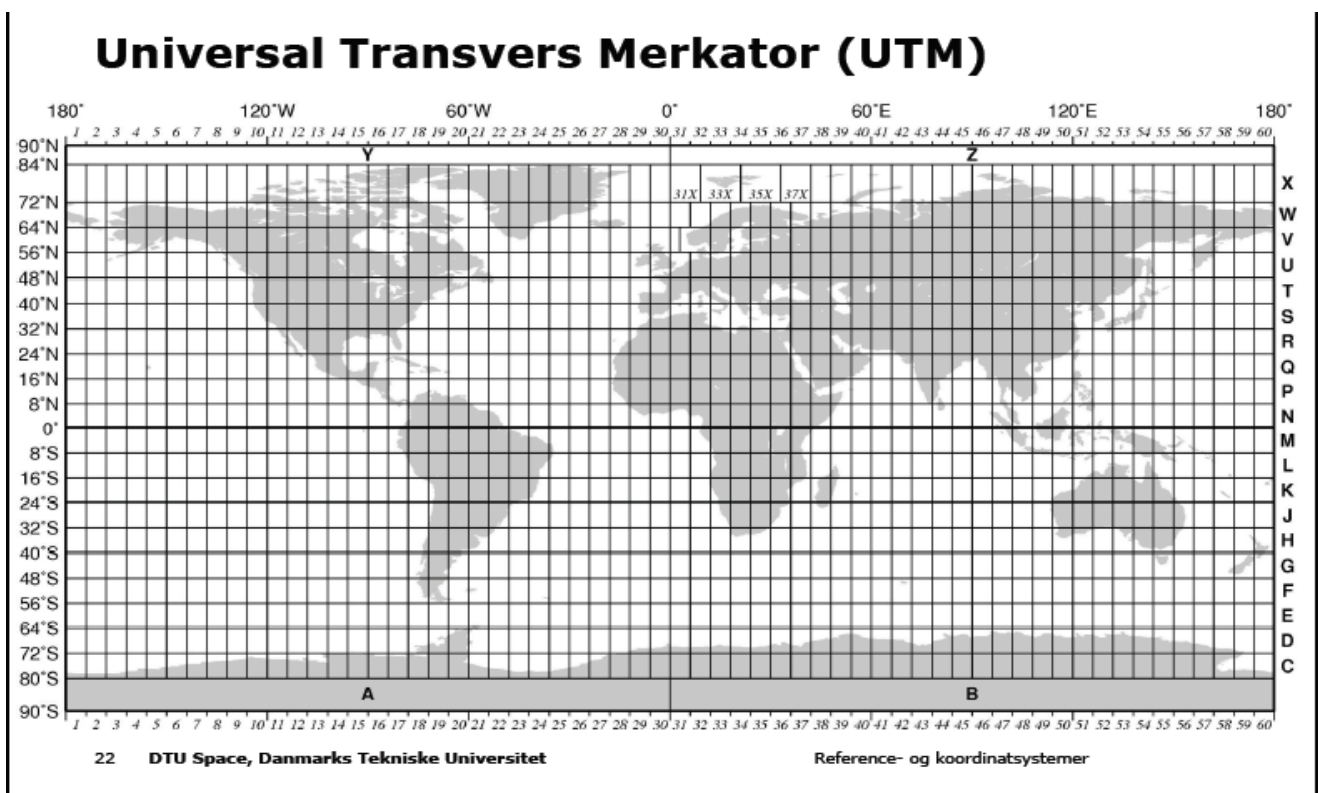
vand og stoppede havstrømme. Variationer i højden skyldes primært at undergrundens massefylde er forskellig. Der kan i figur 4 ses et billede af Geoiden.

### Det geodætiske referencesystem

Det geodætiske referencesystem er det system man bruger i GPS modtagere for at kunne beregne ens data. Det består af tre elementer, et Datum, en kortprojektion og et højdesystem.

Der findes mange slags datum, og datum for et bestemt område giver fejl i målingerne, hvis man benytter det et andet sted. Der findes dog globale datum, som for eksempel World Geodetic System 1984 (WGS84). Dette er et 3-dimensionalt datum, der blev til under opbygningen af navigationssystemet GPS.

Som kortprojektion findes Universal Transverse Mercator (UTM). Projektionen er en cylinderprojektion, hvor cylinderaksen ligger i ækvatorplanet. For at kunne afbilde hele jorden benyttes der 30 cylindre. Resultatet er 60 zoner, hvor man på figur 5 kan se de underinddelinger af disse.



Figur 5. Viser kortprojektion UTM (Stenseng, 2010)



Højdesystemet, der fastlægger nulpunktet for højden kan være lokalt, regionalt eller globalt. Som omtalt tidligere kan, for eksempel geoidehøjden, bruges som et globalt højdesystem.

### **MapInfo og TGO**

For behandling af data kan der bruges forskellige arbejdsredskaber. Disse redskaber indgår i Geografic Information System (GIS), et system der kæder oplysninger sammen med en position. Det er værktøjer hvor man kan søge, vælge, analysere og beregne værdier af positionerne.

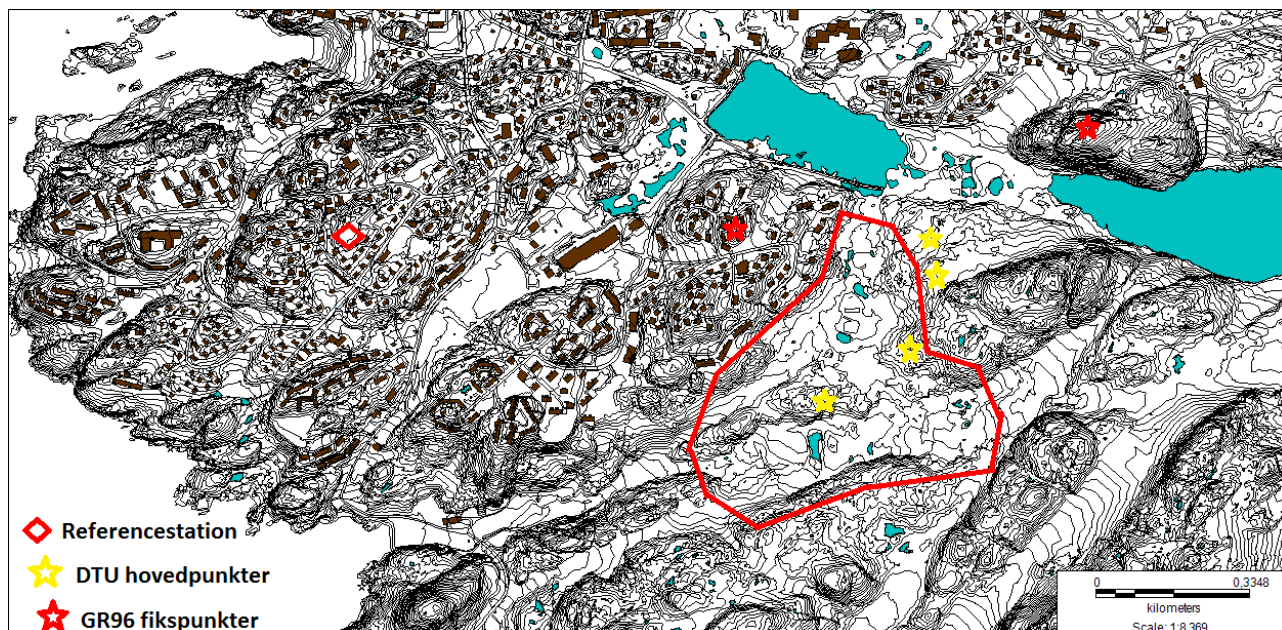
Ved brug af programmet MapInfo kan man indsætte alle målte RTK punkter og på den måde se, om et ønsket område er blevet opmålt godt nok. Det kræver dog at man har tegninger over det område man vil se målingerne på. Man kan vælge hvilke målinger man vil bruge og hvilke grundtegninger man finder nødvendige.

Et andet program, Trimble Geomatic Office (TGO) kan vise ens statiske målinger og beregne hvor præcise disse har været og hvor lang en afstand hver station har fra hinanden. Programmets Baseline Summary funktion giver en masse informationer, blandt andet om stationernes position, præcision og hvilken signaltypen der er blevet brugt. Dette program kan altså beregne og analysere positionerne for en.

### **Dataindsamling og Præsentation.**

#### **Den gennemførte dataindsamling**

For at kunne overvåge om der sker sætninger i industriområdet, som følge af smeltende permafrost, ønskes dette målt op. Ved at indsamle data kan man ved senere målinger, sammenligne resultaterne og derved se hvor der eventuelt har været permafrost. For at kunne indsamle disse data blev hele klassen stillet RTK og statiske GPS måleinstrumenter til rådighed. Det var derefter op til dem at fordele arbejdsopgaven, således at der blev målt to referencepunkter i kendte GR96 koordinater og statiske opmålinger af fire etablere punkter, der i fremtiden skal bruges for detailopmåling og afsætning. For overvågningen af eventuelle sætninger skulle der laves RTK målinger af hele det markerede område, se figur 6.



Figur 6. Billedet viser Sisimiut, med den anvendte referencestation, DTU hovedpunkterne, fikspunkterne. Det markerede røde felt er området der skal måles med RTK.

Til målingen af de to GR96 punkter blev der anvendt en Javad Delta modtager, som var placeret på en trefod. I DTU-hovedpunkter blev der også anvendt trefod, men her med en Javad Maxor modtager, da denne var lettest at betjene. Hvert hovedpunkt blev minimum målt i 45 minutter, imens begge fikspunktsmålinger var i gang.

Til RTK målingerne blev der anvendt en Trimble R8/5800, der blev monteret på en 2 meter høj kulfiberstav, således at antennen lettere kunne få forbindelse med satellitter og referencestationen. Der blev brugt RTK Continuous Topo med 2 sekunders interval. Dette betyder, at modtageren måler sin position hvert andet sekund, hvilket gør det lettere at opmåle brudlinjerne i området. Hver gruppe fik tildelt et område, hvor det var deres ansvar at få målt nok punkter til, at hele det ønskede område var dækket. Det blev også fastlagt hvornår grupperne lavede de statiske målinger, da der ikke var RTK og statiske målere nok til alle fem hold. Da højderne i det lave område var vigtig for senere sammenligning blev disse målt grundigt. Måden at gøre dette på er ved at gå frem og tilbage mellem fast fjeld og de lave områder.

De statiske målinger ved GR96 punkterne var i gang hele dagen, indtil alle DTU hovedpunkterne var målt. På denne måde var man sikker på, at programmet TGO kunne forbinde punkterne og

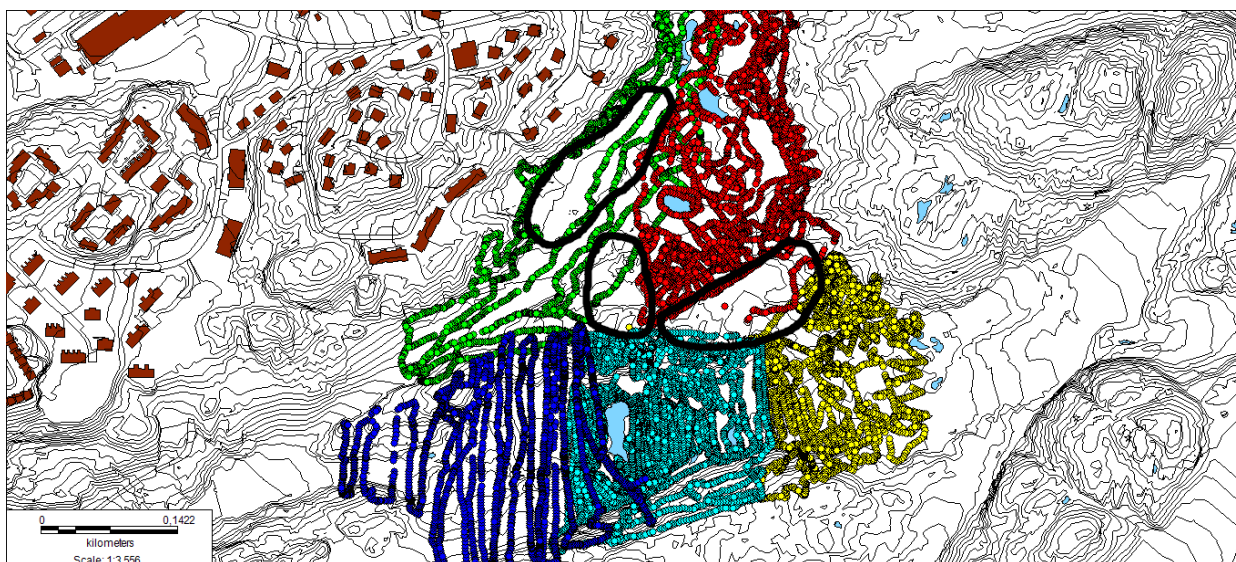
derved give den tidligere nævnte Baseline rapport. DTU hovedpunkterne var i forvejen mærket fra tidligere målinger af andre hold, så disse skulle bare findes.

### **Det anvendte geodætiske referencesystem.**

Som det geodætiske referencesystem blev der anvendt det globale WGS84 datum, projektionen var UTM og højdesystemet for de statiske målinger var ellipsoide højden. UTM zonen Sisimiut er zone 22 nord. Det er vigtigt at tjekke at alle modtagere er indstillet korrekt ellers vil man få data der ikke kan sammenlignes. Når man skal overføre og beregne data i TGO eller MapInfo bruger man det samme Datum, projektion og højdesystem.

### **Præsentation af det indsamlede data.**

Dagen efter målingerne i det kommende industriområde, blev al data samlet. Et hold tog sig af de statiske punkter og et andet tog sig af RTK målingerne. Efter lidt problemer med at indlæse en af DTU hovedpunkterne og en RTK måling blev der enighed om, at der var områder hvor RTK målingerne ikke var dækkende nok. Et af hullerne skyldtes at nogle pejlepinde var blevet fjernet før et af holdene var færdig med at opmåle, derfor stoppede de for langt fra et andet holds zone.

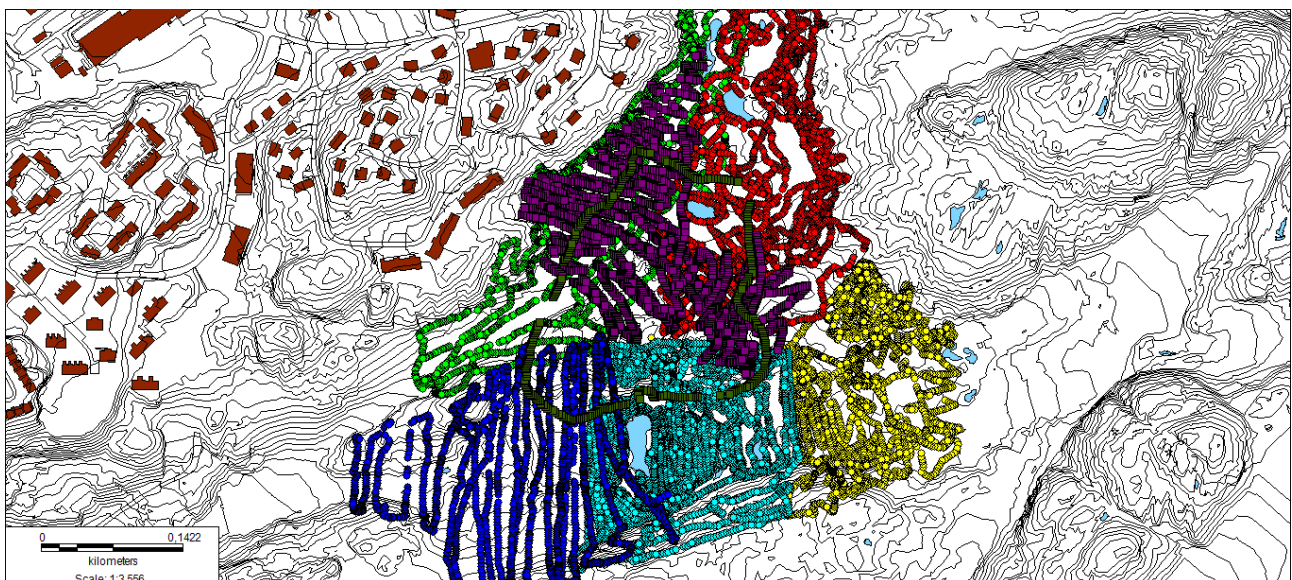


Figur 7. Figuren viser hvert holds data, samt en markering af de huller der var.

De omtalte områder ses i figur 7, hvor det også ses at det grønne områdes opmåling var tyndere end de andres. Det grønprykkede område var en dal, hvor forbindelsen til referencestationen var dårlig. Den nedre halvdel af området har derfor mindre data end de resterende områder, dog er



området mere fladt så de målinger der blev foretaget kan godt dække for hele området. De sorte markeringer er de områder, hvor der blev ønsket yderligere RTK målinger fra. Disse blev foretaget torsdag d. 16 og de kan ses på figur 8 nedenunder. Da disse målinger var taget, mente man at målingerne nu var dækkende nok til senere sammenligning med andre målinger. Målingen der blev taget for at fylde huller ses også i figur 8 herunder, hvor lilla ekstramålingen. Udover denne blev det også foreslået af adjunkt Lars Stenseng, at foretage en kontrol måling, hvor man med en kontinuerlig måling gik igennem alle de målte områder. Grunden til dette var, at man på denne måde kunne se om alle målinger stemte overens i højden. Kontrolmålingen er de mørkegrønne prikker. Både ekstra målingen og kontrolmålingen blev foretaget med det samme RTK udstyr fra dagen før.



Figur 8. Figuren viser de samme data fra figur 7, men nu med en ekstra måling (lilla) og en kontrolmåling (mørke grøn).

Da hovedpunktet DTU003 kunne åbnes i TGO blev data fra hovedpunkterne og fikspunkterne samlet. Ved at samle alle målingerne i programmet, og indføre fikspunkterne fra Kort & Matrikelstyrelsen, udførte man en Baseline proces, således at man kunne få udarbejdet en rapport. Man skulle dog først omregne fikspunkterne 6666 og 6825 fra Kort & Matrikelstyrelsen om til ellipsoide højder, da disse står som højde over havet. Dette kan man ved hjælp af et program kaldet KMSTrans.

De væsentlige resultater for baseline rapporten ses i tabellen her:

Punktnr.	Bredde	Længde	Ellipsoide højde	Solution	RMS	Occupation time
6666	66°56'03,79630"N	53°39'12,94687"W	108,658m	L1 Fixed	0,005	04:12:00.000
6825	66°56'11,70714"N	53°38'10,36273"W	136, 136m	L1 Fixed	0,005	04:12:00.000
DTU0001	66°56'04,74162"N	53°38'43,01726"W	87,671m	L1 Fixed	0,005	00:46:30.000
DTU0002	66°56'02,46690"N	53°38'44,38632"W	84,742m	L1 Fixed	0,005	00:53:15.000
DTU0003	66°55'55,81380"N	53°38'43,16010"W	83,643m	L1 Fixed	0,007	00:49:00.000
DTU0004	66°55'52,49041"N	53°38'55,07420"W	82,867m	L1 Fixed	0,005	00:46:15.000

Tabel 1. Tabellen viser resultaterne fra Baseline rapporten, hvor fikspunkterne 6666 og 6825 er fra Kort og Matrikelstyrelsen.

Det kan ses i tabellen, at alle DTU hovedstationer har haft forbindelse med fikspunkterne i over 45 min hver. Dette har givet et resultat med en lav RMS, hvilket er en indikator på, at målingerne har været præcise, hvilket stemmer overens med teorien om, at jo længere målingen varer, des bedre position får man.

#### Konklusion:

Forundersøgelserne af det potentielle industriområde blev grundigt opmålt med både RTK og statisk måleudstyr. DTU-hovedpunkterne kan bruges til senere detailopmåling, da disse viste en lav RMS, hvilket betyder at målingerne er præcise. Hele det ønskede område blev opmålt med RTK, og ved en eventuel senere sammenligning med anden data vil man kunne se om området sætter sig.

## **Litteraturliste:**

### **Bøger:**

Dueholm, K., et al.,(2005), noter om GPS, ukendt forlag.

Jacobi, O.,(1997), Digital Kortlægning, Institut for planlægning, Danmarks Tekniske Universitet.

### **Slides:**

Stenseng, L.(2010), Kinematisk RTK slides

Stenseng, L.(2010), Kodeobservation

Stenseng, L.(2010), Reference og Koordinatsystemer

Stenseng, L.(2010), Referencenet og processing

Stenseng, L.(2010), Statisk faseobservation

### **Websites:**

Miljøministeriet,.(2010), fikspunktsbeskrivelse, Kort & Matrikelstyrelsen, [www.valdemar.kms.dk](http://www.valdemar.kms.dk),  
5. september 2010.