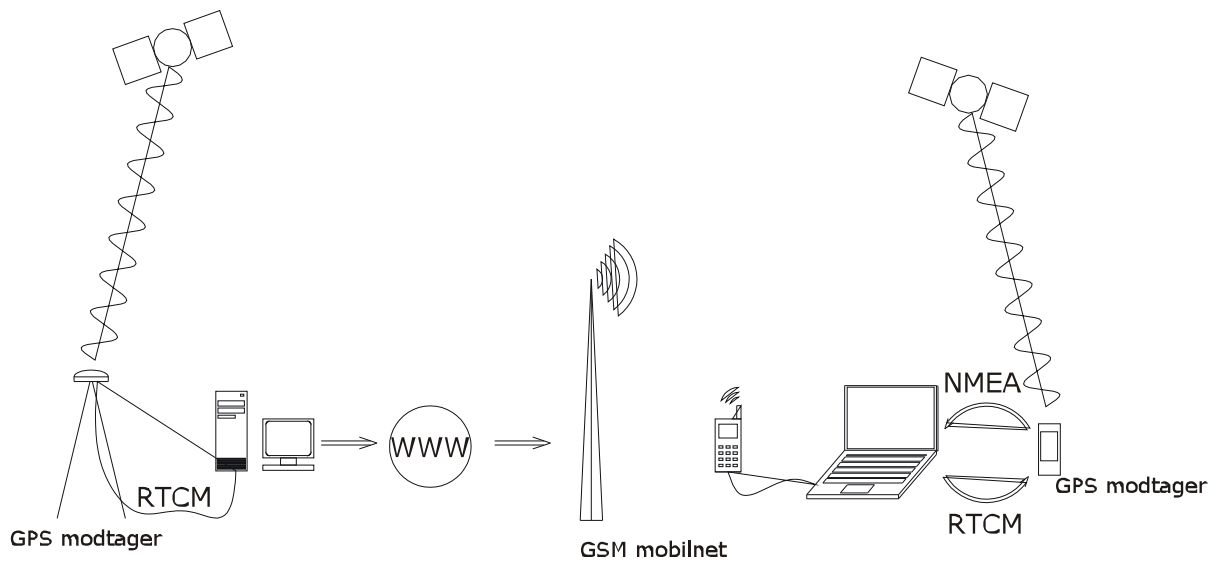


# Distribution af GPS korrektioner via internettet



Geoinformatik - Informatik og Matematisk Modellering - DTU

Maj 2002

Udført af Morten Ødegaard Nielsen

# Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse .....	2
Forord .....	3
Indledning .....	4
Differentiel GPS .....	5
GPS princippet .....	5
Differentiel GPS (DGPS) .....	5
Transmission af korrektioner .....	6
Software og hardware .....	9
Hardware .....	9
Software .....	10
Test af systemet .....	13
Indsamling af målinger .....	13
Vurdering af måleresultater .....	15
Konklusion .....	17
Litteraturliste .....	18
Bilagsliste .....	19
Installation og opsætning af hardware, klient- og server-software ..	20
RTCM formatet .....	23
Illustrationer af måledata over afvigelser fra målepunkt. ....	25

---

# Forord

Denne rapport er blevet til i forbindelse med kurset "Geoinformatik" på Danmarks Tekniske Universitet. Rapporten indgår som en del af evalueringen, og er et selvvalgt emne, som beskæftiger sig med differentiell GPS. Til distribution af korrektionsdata, forsøges Internettet benyttet til transmission af data.

Projektet forudsætter et grundlæggende kendskab til GPS systemet.

Jeg vil gerne takke Keld Dueholm og Ole Jacobi for deres vejledning, ideer og hjælp i forbindelse med projektets realisering.

Lyngby 24. maj 2002

Morten Ødegaard Nielsen

---

# Indledning

Efter at det globale positionerings-system (GPS) har vundet større indpas i hele den civile sektor, ses stadig flere og flere anvendelsesmuligheder. Blandt de mere oplagte anvendelsesområder er f.eks. bil- og sø navigation. Der kommer også flere ting der har indbygget GPS, som f.eks. mobiltelefoner, håndholdte PC'ere (PDA) og sågar køleskabe. For lidt over tusind kroner kan man få en GPS-modtager og koble til sin bærbare computer, og prisen er hastigt faldende.

Med dette store udbud af GPS applikationer, er der naturligt kommet mange muligheder og services i kølvandet, som baserer sig på positionering. Vi har næppe set toppen af isbjerget endnu. Med de kommende UMTS telefoner, som giver mobilt højhastigheds-internet, ville det være oplagt at kombinere en indbygget GPS modtager med internet-services. Dette kunne f.eks. være rejsevejledning, eller funktioner som *find nærmeste restaurant/museum/station osv.*

GPS positionens nøjagtig er bedre end  $\pm 30\text{m}$  med en almindelig håndholdt modtager. Det største fejlbidrag skyldes forstyrrelser i atmosfæren, der forsinker signalerne mellem satellit og modtager. Kender man den indflydelse som disse forstyrrelser har på signalerne, kan man imidlertid øge præcisionen med ca. en faktor 10. Princippet benævnes Differential GPS (DGPS) og er kort beskrevet i næste kapitel. Atmosfærens indflydelse på afstandsmålingerne til satellitter kan beregnes hvis man står i et kendt punkt og satelliternes positioner er kendte. Forskellen mellem den målte og den beregnede afstand vil være korrektionen til afstanden. Da atmosfære-forstyrrelserne hele tiden ændrer sig, kræver dette system dog, at man med få sekunders mellemrum får opdateret sine korrektioner.

Der findes flere metoder til at opdatere sine data, hvoraf de fleste foregår via et radio-link eller mobiltelefon. Dette projekt vil dog forsøge at udnytte internettet til distribution af data. Dvs. der kræves en mobil internetforbindelse, enten via mobiltelefon eller trådløst ethernet. Det er håbet at i fremtiden vil f.eks. mobiltelefoner med indbygget GPS modtager og internet kunne udnytte Internet-distribuerede korrektionsdata til at forbedre positionsbestemmelsen.

---

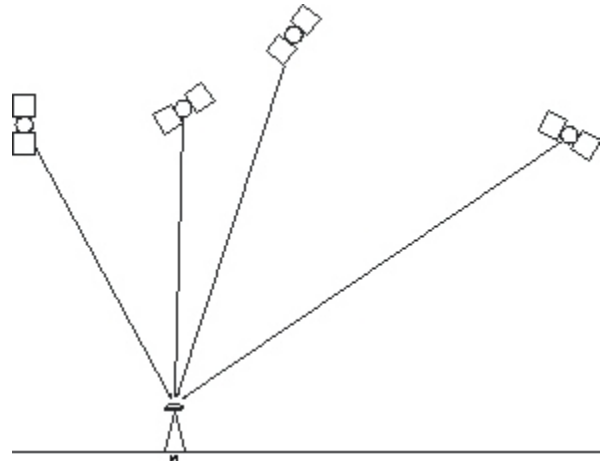
# Differentiel GPS

## GPS princippet

GPS måling består i at måle afstandene mellem satellitterne og modtageren. Kender man afstanden til tre satellitter og deres nøjagtige positioner, er det muligt ved rumlig indbinding at bestemme modtagerens position.

Rent praktisk måles afstanden på et radiosignal som satellitterne udsender. Signalet indeholder information om satellitternes positioner sammen med en tidsstempeling af signalet. Da man kender hastigheden hvormed signalet udbredes (lysets hastighed,  $c$ ), kan man principielt beregne afstanden ved  $s = c \cdot t$  hvor  $t$  er tiden signalet har været undervejs.

Der stilles dog store krav til den nøjagtighed hvormed  $t$  måles, hvilket kræver meget dyre ure i modtageren. Ved at måle til en fjerde satellit kan dette problem dog elimineres ved at medtage tiden som en ubekendt i den rumlige indbinding.

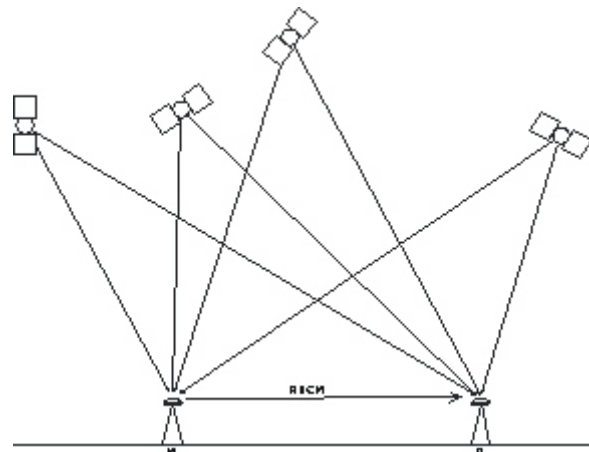


**Figur 1** - Rumlig indbinding til bestemmelse af position.

## Differentiel GPS (DGPS)

Eftersom de i indledningen nævnte forstyrrelser i atmosfæren, har den største indflydelse på positionsnøjagtigheden, kunne det være ønskværdigt at minimere netop denne fejl.

Differentiel GPS er en metode netop til dette formål. Princippet heri, består kort fortalt i at beregne hvor meget de enkelte pseudoafstande til satellitterne afviger, og derefter tage højde for dette i sin positionsbestemmelse.



**Figur 2** - Principskitse for differentiel GPS.

Til dette kræves to modtagere: Én modtager der står i et kendt punkt (master), og en modtager som der ønskes benyttet til positionsbestemmelse (rover). Se figur 2.

Master-stationen er i stand til at beregne de fysiske pseudoafstande til hver satellit, og sammenligne disse med de målte. Forskellen svarer til korrektionen

til de enkelte satellitter (Pseudorange correction, PRC), og kan herefter lægges til de målte pseudoafstande i roveren.

Endvidere beregnes også hastigheden hvormed korrektionen ændrer sig (Range Rate Correction, RRC), og sendes sammen med korrektionen. RRC sikrer at korrektionen kan benyttes inden for et kort tidsrum efter beregningen af korrektionen (typisk 5-10 sekunder), ved lineært at ekstrapolere korrektionerne. Korrektionen PRC til tiden  $t$ , kan derved beregnes ved [Parkinson/Spilker]:

$$PRC(t) = PRC(t_0) + (t - t_0) \cdot RRC(t_0)$$

hvor  $t_0$  er tidspunktet for beregningen af korrektionen.

Ved at korrigere pseudoafstandene for atmosfæreforstyrrelser, viser erfaring at man opnår en præcision på omkring 2-3 m for en almindelig håndholdt GPS-modtager. Denne præcision er rigelig god til de fleste positionsbestemmelser der ikke er landmålingsbaseret. Præcisionen falder dog hurtigt, efterhånden som  $(t-t_0)$  stiger, hvorfor det er ønskeligt med hurtig opdatering af korrektionsdata i størrelsesordenen 3-10 sekunder. En håndholdt Garmin kodemåler stopper typisk med at benytte korrektionsdata der er over 30 sek. gamle.

Ønsker man ikke realtids bestemmelse af sin position, er der også mulighed for at logge korrektioner fra master og pseudoafstande fra roveren, og senere efter-processere positionerne. De fleste almindelige GPS-modtagere giver dog ikke mulighed for at logge pseudoafstandene.

### Transmission af korrektioner

Ved anvendelse af DGPS, skal der som nævnt i forrige afsnit, sendes korrektionsdata fra master til rover. Der findes flere metoder til at overføre data mellem master og rover, men en hyppigt anvendt metode er radio eller mobiltelefon.

Af disse skal kort nævnes følgende etablerede systemer i Danmark:

System	Datadistribution	Type
Beacon	Radio (Langbølge)	Kodemåling
SpotFM	Radio (FM)	Kodemåling
NavDK	Mobiltelefon/modem	Kodemåling
GPSnet	Mobiltelefon/modem	Pt. Kun fasemåling
GPSref	Mobiltelefon/modem	Kun fasemåling

Som tidligere nævnt, vil dette projekt forsøge at benytte Internettet til datadistribution, i modsætning til de nævnte der benytter modem eller radio. Dette giver en række nye muligheder for implementering og brug af differentielt

målte GPS positioner.

Et eksempel kunne være en udvidelse af den nuværende rejseplan ([www.rejseplanen.dk](http://www.rejseplanen.dk)) som tænkes implementeret i en PDA (håndholdt PC), og f.eks. fortælle dig hvornår du skal stå af bussen (forudsat der er tilstrækkelig udsyn til himlen), eller automatisk opdatere rutebeskrivelsen hvis man ikke nåede bussen. Har man en live internet forbindelse til dette, kan man jo lige så godt øge præcisionen af sin position betydeligt. Systemet kunne også implementeres i eksisterende bil-navigationsløsninger, forudsat man har fast opkobling til internettet. Det er ikke utænkeligt, at om en kort årrække er biler udstyret med Internet, til advarsel om tæt trafik og lign.

Til udveksling af korrektioner findes flere standarder, men den hyppigst anvendte er RTCM-formatet (RTCM = Radio Technical Commission for Maritime Services).

Dette format giver mulighed for at sende PRC og RRC data til en modtager, uden at ødsle med datamængden.

Dataformatet giver mulighed for at sende en lang række af besked-typer. Formatet er udførligt beskrevet i RTCM specifikationen, men jeg vil her kort gennemgå de relevante typer, som her er korrektionsdata-typerne.

Korrektionsdata er indeholdt i RTCM typerne 1,2 og 9. Disse er:

Type 1 : Differential GPS Corrections

Type 2 : Delta Differential Corrections

Type 9 : High-rate Differential Corrections

Type 1 indeholder korrektioner baseret på de nyeste data tilgængeligt. Type 2 beskederne benyttes imellem type 1 beskeder, når der skiftes til beregninger baseret på nye efemeridedata. Type 2 giver derfor mulighed for at benytte korrektioner baseret på ældre data, inden roveren har downloadet de nyeste data. Type 9 beskederne giver mulighed for at sende information flere gange om de samme satellitter, og indeholder samtidigt ikke nødvendigvis information om samtlige synlige satellitter. Type 9 kan også indeholde information om den samme satellit flere gange i en besked, hvis denne f.eks. skulle ændre sig hurtigt.

Datalængden af en type 1, 2 eller 9 besked, afhænger af antallet af satellitter der sendes korrektioner for. Beskedens længde kan beregnes ved:

$$M_{1,2,9} = 30(2 + \lceil 5N / 3 \rceil)$$

-hvor M er længden i bits og N er antallet af satellitter der sendes data for. Ved f.eks. 10 satellitter vil længden være ca. 560 bits (70 bytes). Med en mobiltelefon som er i stand til datatransmission ved 9.600bits/s, vil sådan en besked kunne transmitteres på en brøkdel af et sekund. Hertil skal man dog huske at tillægge paritetsbit i kommunikation mellem seriel-port og modtager, ekstra bits i den protocol der benyttes til datatransmission over internettet og

en generel forsinkelse ved datas "rejse" via Internet og mobilnet. Umiddelbart vurderer jeg dog denne *latency* til at være maksimalt omkring 1-3 sekunder, hvilket skulle være rimeligt til DGPS.

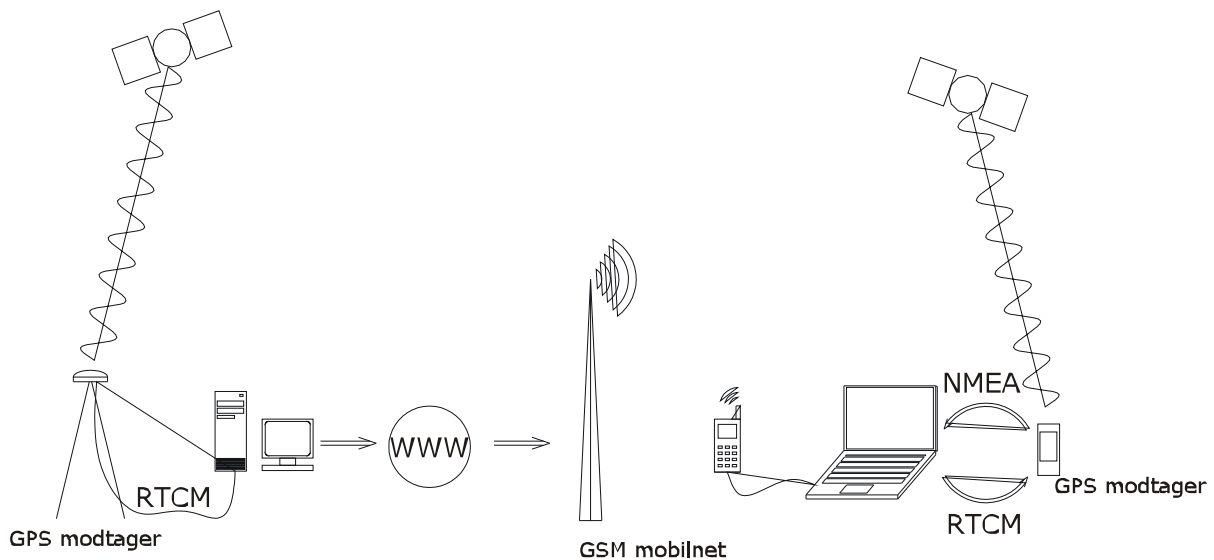
En nærmere beskrivelse af RTCM og type 1, 2 og 9 kan ses i bilag 2.

---



# Software og hardware

Til projektet blev der udviklet to applikationer til en forsøgsopstilling af en DGPS løsning. Det ene program er server-delen som modtager RTCM fra en GPS modtager og udsender RTCM ud på Internettet. Det andet er klient-delen som modtager RTCM, sender det videre til modtageren, der igen sender NMEA<sup>1</sup> data retur til klient-programmet til logning og visning af positionsdata. Figur 3 viser en principskitse af DGPS systemets opbygning.



**Figur 3** - Principskitse af differentiell GPS via internettet.

## Hardware

Hardware der kræves til systemet er følgende:

1. GPS modtager der i stand til at generere RTCM kode, opstillet i et kendt punkt.
2. PC med internetadgang, koblet til GPS-modtager.
3. Mobiltelefon med mulighed for datatransmission (evt. High Speed Data eller GPRS).
4. Bærbar computer hvor mobiltelefonen er tilkoblet som et modem.
5. Håndholdt GPS-modtager som er i stand til at modtage RTCM og evt. returnere NMEA data.

Systemkravene til PC'erne er her minimale, og enhver standard Windows PC burde kunne klare at køre softwaren der benyttes. PC'erne skal dog være udstyret med seriel-port (RS-232 kompatibel), så GPS-modtagerne kan tilkobles. På flere bærbare findes sådan en port ikke, men det er muligt at få en

---

<sup>1</sup>NMEA er - i stil med RTCM - et standardformat til kommunikation af position, hastighed, retning, satellit-information o.lign.

USB-til-RS232 konverter, som der blev benyttet i dette projekt. En Pocket-PC ville også være fuldt ud i stand til at fungere som klient, men dette ville dog kræve mindre ændringer i programkoden.

I dette projekt blev følgende udstyr benyttet:

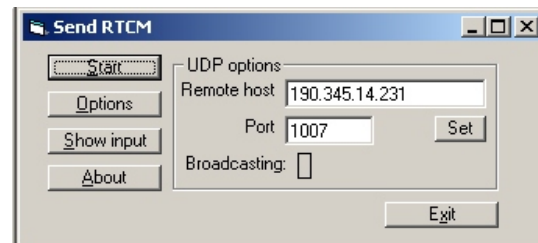
1. Trimble PathFinder GPS modtager med seriel forbindelse til PC
2. Windows NT4 PC med fast forbindelse til internet via Forskningsnettet (DTU net)
3. Bærbar PC med Windows 2000 og USB-RS232 konverter
4. Garmin eTrex håndholdt GPS modtager
- 5.

Da det desværre ikke var muligt at anskaffe en mobiltelefon med mulighed for datatransmission, blev der i stedet benyttet et langt netværkskabel, forbundet til lokalnetværket / intranettet. Da denne forbindelse er 100Mbit i forhold til en mobiltelefons 9.6Kbit, vil der derfor være en mindre latency mellem server og klient. Derfor er der en god chance for at målingerne bliver en anelse bedre i de kommende tests, end de reelt ville have været med den langsommere og længere datatransmission via mobiltelefon. Det er dog blevet testet at man kan modtage på et almindeligt modem via Internettet, hvorfor en mobiltelefons modem ligeledes burde kunne modtage. Softwaren er derfor ikke kun begrænset til intranettet.

## Software

Softwaren der benyttes, er udviklet i Microsoft Visual Basic 6.0, og består som nævnt af en server-del (SendRTCM) og en klient-del (wwwDGPS).

Serverdelen *Send RTCM* modtager data fra seriel-porten og broadcaster det ud til klienten via UDP-protokollen. UDP-protokollen, er (i modsætning til TCP/IP<sup>2</sup>) en metode til at sende data afsted på nettet, med så lidt overflødig data som muligt. Der kontrolleres ikke om data kommer frem til modtageren eller ej. Var TCP/IP protokollen benyttet, ville programmet automatisk blive ved med at sende data indtil modtageren havde svaret OK for at al data var modtaget korrekt. Dette ville give ekstra data der skal sendes, og derved en ekstra forsinkelse på korrektionsdata. Her er det heller ikke nødvendigt at man forsøger at sende tabt data igen, der måske er blevet erstattet af nye korrektionsdata i mellemtiden. Det er her vigtigere at nyt data bliver sendt ud til modtageren.



**Figur 4** - Screenshot af serverprogrammet.

---

<sup>2</sup>TCP/IP er en protokol der definerer hvordan datatransmission skal foregå. TCP/IP er den mest almindeligt benyttede protokol på Internettet. Protokollen sørger også for at data kommer korrekt frem til modtager. Hvis ikke, sendes data igen.

---

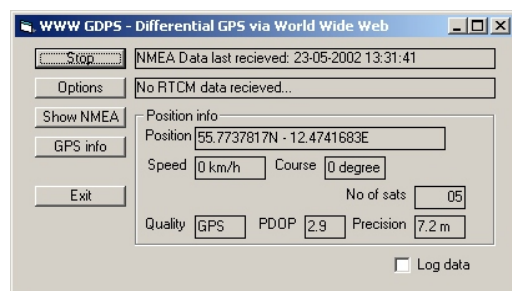
Et andet krav er at server-programmet kender IP-nummeret<sup>3</sup> for modtageren. Dette er som regel ikke kendt fra et mobilt internet før man er koblet op til Internettet. Da server-programmet til gengæld vil være kendt, løses dette ved at klient-delen kalder server-programmet og fortæller denne sit IP-nummer og at den ønsker at modtage RTCM korrektioner. Her ville det også være simpelt at implementere en form for login, så man evt. kan sikre at autoriserede brugere kan benytte systemet. Det har dog ikke været muligt i dette projekt at nå at udvikle programmet, til at kunne håndtere kald til serveren. Derfor skal klientens IP manuelt indtastes i server-programmet.

Dette er dog ikke gjort i dette system, hvorfor alle har mulighed for at benytte RTCM-servicen, forudsat serverens IP er kendt.

Det skal dog nævnes at det er muligt at lave en form for *multicast* af UDP. Dette vil sige at man sender ud på en "kanal", som alle og enhver kan lytte med på. Princippet er helt analogt med radio, og benyttes ofte til Internet-radio og -TV. Ikke alle netværk understøtter at sende UDP-multicasting, inkl. DTU's netværk på Landmålervej, hvorfor denne løsning blev droppet. Her vil det heller ikke være muligt at se hvem der benytter systemet, eller at lave bruger-autorisation. Fordelen er at systemet ikke bliver nævneværdigt belastet hvis der er mange brugere samtidigt, da flere servere automatisk vil deles om af distribuere data.

Klientprogrammet *wwwDGPS* fungerer blot som opkoblings-program og modtager af RTCM. RTCM-data bliver ubehandlet ført videre til seriel-porten hvor den håndholdte GPS-modtager benytter data til at forbedre positionsbestemmelsen. I princippet kan hele systemet ses som en forlængerledning af seriel-kablet, hvor forlængerledningens længde svarer til Internettets udstrækning.

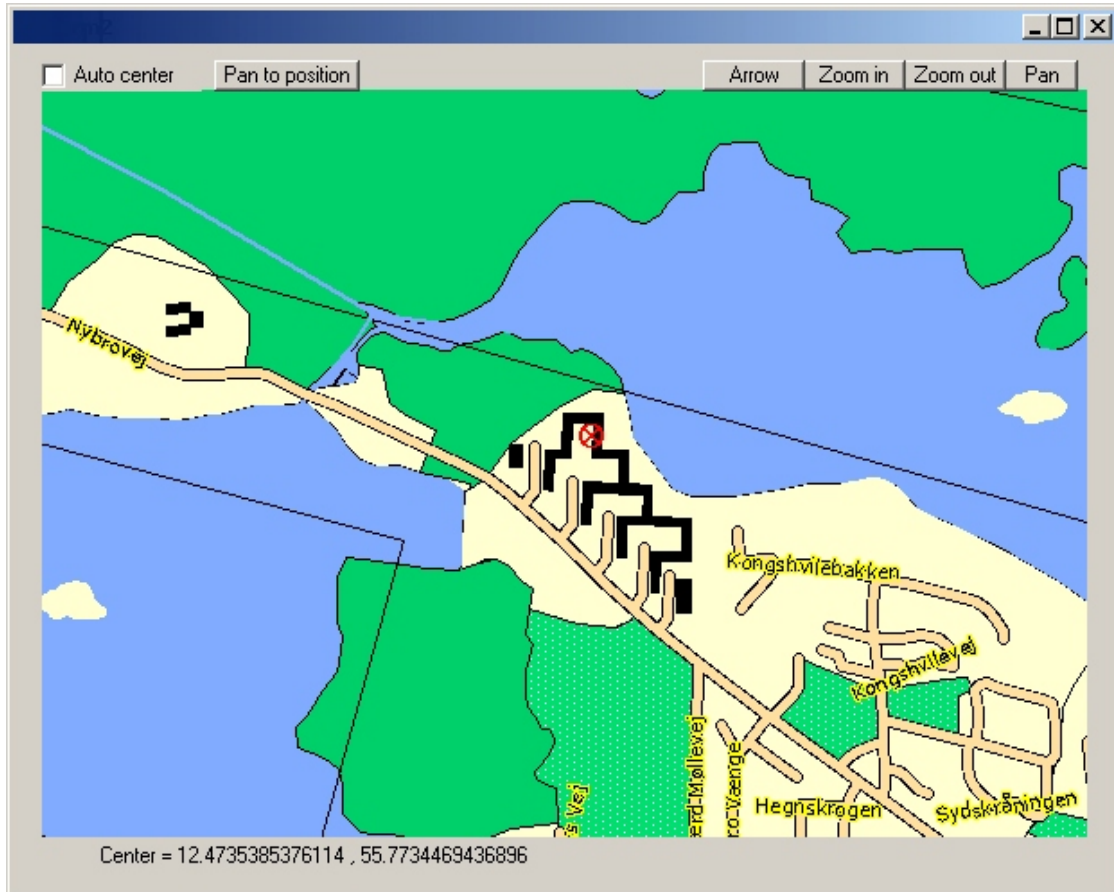
Herudover er klient-programmet i stand til at modtage NMEA-data fra GPS-modtageren, således at den tilsluttede PC kan se og evt. logge position, fart, retning af bevægelse, information om DOP-værdier osv. Der blev som et forsøg indbygget et digitalt kort i programmet vha. MapInfo MapX, hvor det var muligt at få vist sin position vha. et kryds på kortet (se figur 6). Dette er dog ikke implementeret i den endelige version af klientprogrammet, pga. licensbegrænsninger i MapX.



**Figur 5** - Screenshot af klient-programmet.

<sup>3</sup>IP-nummer er et unikt nummer for alle PC'ere på Internettet, og fungerer som et slags telefonnummer. Ofte tildeles dette nummer automatisk når man logger på internettet, og er derfor sjældent det samme som sidst maskinen var tilsluttet et netværk.

Vejledning til installation og opsætning af programmerne kan findes i bilag 1.



**Figur 6** - Screenshot af kortvinduet i kort-versionen af wwwDGPS. Krydset i midten angiver positionen, som automatisk flytter sig når positionen ændres.

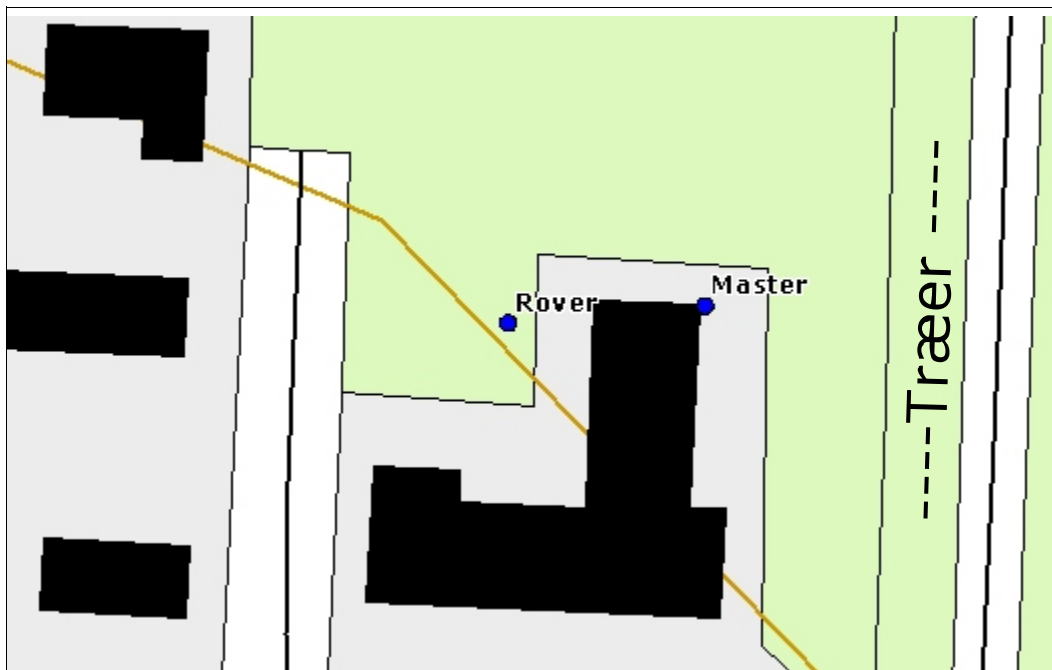
# Test af systemet

## Indsamling af målinger

For at verificere kvaliteten af DGPS med internet-distribuerede korrektioner, blev der lavet en test af systemet. Der var dog nogle begrænsninger der gjorde at forsøget ikke kunne udføres under optimale test-betingelser. Disse er:

1. Ingen adgang til mobiltelefon med mulighed for datatransmission. I stedet blev lokalnetværket benyttet, som tidligere nævnt.
  2. Ikke optimal placering af master-stationen, pga. træer mod øst. Desuden befandt den sig tæt på en bygning, men dette blev til dels modvirket med en antenne-højde på ca. 3.5 meter.
  3. Meget kort afstand mellem rover og master (ca. 30m).
- 1 og 3 er forhold der burde give bedre måleresultater, i modsætning til 2 som forværrer resultatet.

På figur 7, ses placering af rover og master i forhold til omgivelserne.



**Figur 7** - Placering af rover og master i forhold til Landmålervej 7.

De to positioner blev først målt ind vha. GPS-net. Præcisionen af disse koordinater var i måleinstrumentet alle bedre end 2 cm i både kote og plan. Koordinaterne blev målt til:

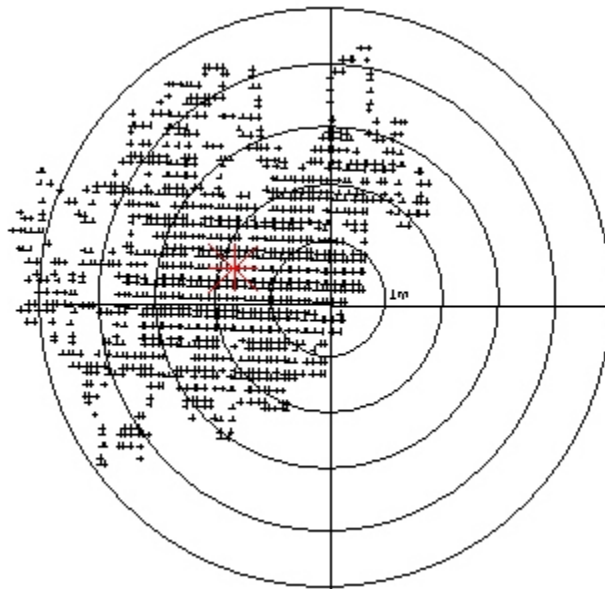
	<b>Master</b>	<b>Rover</b>
E	346 057,304 m	346 026,487 m
N	6 186 154,437 m	6 186 155,048 m
Z	29,862 m	26,682 m

Koordinater er angivet i WGS84, UTM Zone 33N

Målingerne blev udført over to timer, og en række NMEA data blev logget. Disse er:

- Longitude/Latitude
- Kote
- PDOP,HDOP,VDOP
- Quality (Invalid/GPS/DGPS)
- Precision (Garmins beregning af en forventet præcision)
- NoOfSats (antal satellitter der måles på)
- Course, Speed
- TimeUTC og TimePC (lokal tid)

Efterfølgende blev disse data indlæst direkte i MapInfo, hvor data blev geokodet. På figur 8 ses et plot af de målte punkter, i forhold til roverpositionen. Her er også angivet en beregnet middel-værdi markeret med et kryds..



**Figur 8** - Målepunkter fra to timers måling. Krydset angiver et beregnet center, baseret på gennemsnittet af målingerne.

Vha. MapInfo blev længde/breddegrads-koordinaterne samtidigt konverteret til UTM, så det var muligt at beregne middelværdi og spredning på koordinaterne i meter. Resultatet at dette ses herunder:

	<b>Middel</b>	<b>Standard-afvigelse</b>	<b>Afvigelse fra position</b>
<b>E</b>	346 024,88 m	1,363 m	-1,607 m
<b>N</b>	6 186 155,61 m	1,344 m	0,562 m
<b>Kote</b>	28,041 m + 4,4 m	3,005 m	5,759 m

Grunden til at der lægges 4,4 m til Koten, skyldes modtagerens geoide-model. Da denne måler koten i forhold til sin egen (upræcise) geoide-model, sker der her en fejl i forhold til sand nul-niveau. I NMEA-formatet kan man dog læse, at i det målte punkt er forskellen mellem ellipsoide-højde og Garmin eTrex's geoide-model 40,4 m. Ifølge KMS Trans, er forskellen mellem ellipsoide og geoide reelt 36,027 m. Dvs. at modtageren måler en kote der er 40,4 m - 36,027 m  $\approx$  4,4 m for lav.

På figur 8 er der også mange sammenfaldende punkter, hvorfor det er svært at bedømme hvordan fordelingen af punkter reelt er. For at få en bedre idé om hvordan målingerne afviger fra den GPSnet-målte position, er der blevet lavet histogrammer der beskriver dette. Disse histogrammer ses i bilag 3. Ligeledes er der i dette bilag, afbildet afvigelserne som funktion af tiden.

### Vurdering af måleresultater

Som tidligere nævnt, skygger en række træer for frit udsyn til himlen fra masterstationen, og til dels også fra rover-stationen. Dette faktum kan være med til at forværre nøjagtigheden af målingerne. Dette vil måske kunne ses både som systematiske og tilfældige fejl.

Figur 8 giver en indikation af en systematisk afvigelse i planen. Punkterne har en tendens til at ligge mod vest-nord-vest, i forhold til målepunktet. Dette kan dog også være tilfældigt, da der kun er blevet målt data i to timer. Satellit-konstellationer og atmosfæriske forhold kan ligeledes være skyld i denne afvigelse. De atmosfæriske forstyrrelser burde dog være reduceret til et minimum med den meget korte afstand mellem rover og master.

Ser man på histogrammerne over afvigelsen i nord, ses en pæn normalfordeling omkring 0,5 m, og ifølge ovenstående tabel en rimelig lav spredning på ca. 1,3 m. Histogrammet over afvigelser i østlig retning ser dog anderledes ud, da disse har en ret "flad" fordeling i intervallet -3 til 0 m. Spredningen er her stort set identisk med den nordlige på 1,3 m. Middelafrvigelsen er til gengæld 1,6 m, som må betrages som noget større, set i forhold til spredningen. Dette er umiddelbart pudsigt, da man erfaringsmæssigt kunne forvente en højere

præcision i østlig retning, i forhold til nordlig retning.

Noget kunne her tyde på en systematisk fejl, men det vil kræve målinger i en længere periode at kunne eftervise dette. Alt i alt giver disse histogrammer et billede der svarer til det man ser på figur 8. Spredningerne på målingerne svarer til den præcision man kan forvente med en håndholdt kodemåler. Dette understøtter sandsynligheden for at der er systematiske fejl i målingerne.

Ses der på kote-afvigelserne, vises en noget større afvigelse. Langt de fleste målinger ligger jævnt fordelt mellem 2-10 m over den sande kote. Spredningen på 3 m er dog også hvad man kan forvente med det benyttede udstyr. Igen er der noget der tyder på en systematisk fejl, men det vil også her kræve flere målinger, for at eftervise dette.

Afvigelserne som funktion af tiden, giver en svag indikation af om variationerne er tidsafhængige. Afvigelse i planen svinger svagt i de to timer. Afvigelsen i øst er derimod mere jævn, hvor afvigelse i nord er svagt faldende, og afvigelse i koten ligeledes er svagt faldende. Om dette blot er en tilfældig variation, eller der er tale om systematiske svingninger, vil kræve test at systemet igennem længere tid.

Alt i alt må man kunne sammendrage at der kræves en måling igennem en længere periode, for at kunne give en indikation om hvad de tilsyneladende systematiske fejl skyldes. Dette kunne være måle eller tastefejl ved opsætning af systemet, eller det kan skyldes satellit-konstellationer og/eller atmosfæriske forhold. Et andet faktum kunne være at der befinder sig en skov i modsat retning af afvigelserne.

Spredningen på målingerne giver til gengæld en indikation af at målingerne har en vis præcision, som svarer til den der kan forventes med den anvendte modtager. Et interessant forsøg ville være at gentage de samme målinger med en præcisions GPS modtager. En sådan test kunne benyttes til at teste om begrænsningen på præcisionen ligger i korrektionerne/datatransmissionen, eller om der kan opnås højere præcision med bedre modtager og antenne.

Måleforsøget viser at DGPS systemet er funktionelt, og har en indflydelse på præcisionen af positionsbestemmelsen. Den viser dog ikke med sikkerhed en god indikation af den opnåelige præcision. Dette vil kræve målinger udført over et helt døgn eller mere, eller i det mindste en række målinger udført på forskellige tider af døgnet. Den viser heller ikke betydningen af den forsinkelse på korrektionsdata, som der vil opstå hvis data var overført via et langsomt modem. Det kunne være interessant at udføre målinger der opfylder disse krav, men det har ikke været muligt at få opfyldt disse krav i projektperioden.

---



# Konklusion

Der blev i projektet lavet et fungerende server og klient program, der er fuldt ud i stand til at overføre korrektionsdata mellem GPS modtagere, via Internettet. Programmerne blev testet på en modem-forbindelse, der beviste at det er i stand til at blive benyttet globalt via internettet.

Programmerne mangler dog en vigtig feature, der giver mulighed for login og "tilmelding" til modtagelse af korrektionsdata. I denne version, kræves der at modtagerens IP-nummer er kendt fra server-siden. Da man ofte ikke kender sit IP-nummer før man står i marken og måler, er det nødvendigt at få en anden til at indtaste modtagerens IP i serverdelen. Skal systemet rent funktionelt fungere, er denne løsning ikke tilstrækkelig.

Ved test af systemet, blev der benyttet lokalnetværket, i stedet for en mobil modelforbindelse til internettet. Dette giver en meget hurtig transmission af data, som kan have betydning for kvaliteten af testen. Ligeledes var antennerne ikke placeret optimalt, mht. frit udsyn til himlen.

Målingerne viste at DGPS systemet holder positionen med en meget lav spredning (1,3 m i øst og nord, og 3 m i koten). Der var dog en middelafvigelse på 0,5m i nord, og 1,6 m i øst. I koten var denne meget værre, hvor middelafvigelsen lå 5 over den reelle kote, og med en spredning på ca. 3 m.

Flere ting tydede på systematiske fejl i forbindelse i målingerne. Dette kan skyldes antennernes placering, indtastningsfejl, og evt. atmosfæriske forstyrrelser. Konklusionen på måleresultatet, var at der kræves flere målinger over længere perioder, for at kunne klarlægge indflydelsen af dette.

De lave spredninger i målingerne er hvad man kan forvente en håndholdt kodemåler er i stand til at opnå ved differentiell positionsbestemmelse. Dette giver et hint om at systemet kan opnå en ret god positionsbestemmelse, hvis grunden til middelafvigelsen i øst og koten bliver fundet.

Jeg vurderer at man vil se princippet i DGPS via internettet i mange fremtidige applikationer, hvor GPS og fast Internet-opkobling vil blive meget mere udbredt; -bla. med det kommende UMTS system, hvor højhastigheds-Internet og mobilitet bliver kombineret. Dette kunne f.eks. være i mobiltelefoner, håndholdte PC'ere eller bil-navigationssystemer.

24. maj 2002

Morten Ødegaard Nielsen

---

---

# Litteraturliste

Keld Duehold, Keld, Mikkel Laurentzius

**"GPS"**

Teknisk Forlag A/S, 1999, 1. udg

Bradford W. Parkinson, James J. Spilker Jr.

**"Global Positioning System: Theory and Applications, Volume II"**

American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996, Volume 164,  
p. 31-35

Jan Balling, Kristoffer Kristensen, Anders Kusk

**"Etablering af differentiell GPS i Sisimiut"**

Rapport fra Specialkursus, udført ved Institut for Planlægning, 1999

Peter Bennett

**"Peter Bennett's GPS and NMEA Site"**

<http://vancouver-webpages.com/peter/>

Joshua Trupin

**"Migrating a GPS App from the Desktop to eMbedded Visual Basic 3.0"**

MSDN Magazine, Januar 2001

<http://msdn.microsoft.com/msdnmag/issues/01/01/GPS/GPS.asp>

---

# Bilagliste

- |         |  |
|---------|--|
| Bilag 1 | Installation og opsætning af hardware, klient- og server-software. |
| Bilag 2 | RTCM formatet.   |
| Bilag 3 | Illustrationer af måledata over afvigelser fra målepunkt.          |
-

## Installation og opsætning af hardware, klient- og server-software

### Systemkrav:

- Windows 2000, Windows NT, eller Windows XP.
- Ledig seriel-port for tilkobling af GPS-udstyr.
- Internetforbindelse ved brug af differentiell GPS.

### Installation af software (gælder både for SendRTCM og wwwDGPS):

1. Kopier filerne fra disketten til et bibliotek på harddisken.
2. Dobbeltklik på install.bat. Du skulle gerne få en besked om at en DLL-fil er blevet registreret succesfuldt.
3. Start programmet ved at dobbeltklikke på .exe filen.

### Af-installation:

1. Dobbeltklik på uninstall.bat

### Opsætning af SendRTCM:

Efter programmet er startet, vælges "Options". Her vælges den port hvor GPS-modtageren er tilsluttet. Ligeledes indstilles port-indstillingerne, så disse matcher GPS-modtagerens transmissions-indstillinger. Luk vinduet og gem indstillinger med OK.

Under "Remote Host" i hovedvinduet "UDP Options"-felt, indtastes IP-nummeret på modtageren. Port-nummeret skal matche det tilsvarende port-nummer i klient-programmet wwwDGPS (denne port må ikke forveksles med seriel-portens nummer). Tryk "set" for at gemme UDP indstillingerne.

Herefter vælges "Start" for at begynde transmission af data.

"Show Input", viser i "rå" format, data der kommer ind på seriel-porten og bliver sendt videre til klient-programmet. Det er muligt at se data i både ASCII, hexidecimalt og binært format.

### Opsætning af wwwDGPS

Efter programmet er startet, vælges "Options". Her vælges den port hvor GPS-modtageren er tilsluttet. Ligeledes indstilles port-indstillingerne, så disse

---

matcher GPS-modtagerens transmissions-indstillinger. Under "DGPS - UDP" kan brugen af DGPS slås til. Portnummeret skal her matche port-nummeret i SendRTCM (denne port må ikke forveksles med seriel-portens nummer). Luk vinduet og gem indstillinger med OK.

Herefter vælges "Start" for at begynde at modtage NMEA data fra GPS-modtageren, og evt. modtage RTCM fra SendRTCM og videreføre dette til GPS-modtageren.

Knappen "Show NMEA" åbner et vindue, hvor man kan se de rå NMEA data. Knappen "GPS info" viser satelliternes placering på himlen, og information om DGPS status.

I hovedvinduet vises :

- Position, kurs, fart (Position, Speed, Course)
- Antallet af satellitterne der benyttes i positionsbestemmelsen (No of sats)
- Quality (Invalid/GPS/DGPS, som angiver om der der kan måles en position, og om denne er differentiell).
- PDOP værdier, og estimeret præcision i meter

Sættes et hak ud for "Log data", vil dele af NMEA-data blive logget til filen "dato.csv" hvor dato er dags-dato angivet ved "dd-mm-åååå". Formatet er komma-separeret tekst, opdelt i følgende kolonner:

Longitude, Latitude, Z, PDOP, HDOP, VDOP, Quality, Precision, NoOfSats, Course, Speed, TimeUTC, TimePC

### **Opsætning af hardware**

Følgende vejledning er specifik for det benyttede hardware.

#### **Opsætning af Garmin eTrex modtager (rover):**

Fra Menu-siden vælges "Setup" og derefter "Interface". I/O formatet indstilles til "RTCM/NMEA". Bemærk værdien ud for "Baud", som angiver den port-hastighed der skal vælges i wwwDGPS-programmet.

Et datakabel tilkobles GPS modtageren og forbindes til seriel-porten på PC'en.

#### **Opsætning af Trimble Pathfinder (master):**

Ved opsætning af Pathfinder til transmission af RTCM data gøres følgende:

- Tilslut data-kablet til port A. Datakablet er mærket med nummeret "DCA 9851". Datakablets "Data Out" forbindes til serverens seriel-port.

- I Pathfinderens hovedmenu vælges "Configuration" og derefter "Communication options"
- I Communication Options-menuen vælges "NMEA/TSIP output options", hvor output sættes til "None"
- Tilbage i Communication options-menuen vælges "Real-time output options". Følgende indstillinger benyttes:

```
Real-time output mode: ON
```

```
Radio type:          Custom
```

```
Baud rate:           4800
```

```
Data bits:           8
```

```
Stop bits            1
```

```
Parity:              None
```

```
RTCM Options:
```

```
Station: Indtast valgfrit nummer der identificerer master-stationen.
```

```
Message type:        Type 1 el. Type 9
```

```
Message interval: vælges frit mellem 1-5 sekunder
```

```
Message suffix:      None
```

```
CTS flow control:    Off
```

```
CTS xmit delay:      0 ms
```

```
RTS mode:            High
```

```
RTS edge delay:      0 ms
```

Baud rate, data bits, stop bits og parity kan evt. vælges frit, blot disse indstillinger matcher opsætningen i SendRTCM.

- Tilbage i Configuration-menuen, vælges "GPS base station options", og derefter "logging options". Her vælges alle indstillinger til "None" eller "No".
  - Tilbage i hovedmenuen vælges "Data Collection" og derefter "Create base file". Næste vindue svares der blot OK til ("File:" kan evt. ændres). På næste side indstilles antenne-parametrene. På sidste side indtastes master-stationens position.
  - Afslut med Enter-knappen, hvorefter masterstationen er i funktion og sender RTCM-korrektioner til PC'en.
-

## Bilag 2

## RTCM formatet

Til udveksling af korrektioner findes flere standarder, men den hyppigst anvendte er RTCM-formatet (RTCM = Radio Technical Commission for Maritime Services)

Dette format giver mulighed for at sende PRC og RRC data til en modtager, uden at ødsle med datamængden. Formatet er binært, og består af "ord" som hver består af 30 bit.

Dataformatet giver mulighed for at sende en lang række af besked-typer. Formatet er udførligt beskrevet i RTCM specifikationen, men jeg vil her kort gennemgå de relevante typer, som her er korrektionsdata-typerne. Korrektionsdata er indeholdt i RTCM typerne 1,2 og 9. Disse er:

Type 1 : Differential GPS Corrections

Type 2 : Delta Differential Corrections

Type 9 : High-rate Differential Corrections

Type 1 indeholder korrektioner baseret på de nyeste data tilgængeligt. Type 2 beskederne benyttes imellem type 1 beskeder, når der skiftes til beregninger baseret på nye efemeridedata. Type 2 giver derfor mulighed for at benytte korrektioner baseret på ældre data, inden roveren har downloadet de nyeste data. Type 9 beskederne giver mulighed for at sende information flere gange om de samme satellitter, og indeholder samtidigt ikke nødvendigvis information om samtlige synlige satellitter. Type 9 kan også indeholde information om den samme satellit flere gange i en besked, hvis denne f.eks. skulle ændre sig hurtigt.

Hver besked indledes med en header bestående af to ord. Denne indeholder information om besked-typen, Master stationens ID, Z-count (reference-tid), og Masterens "helbred". Se figur A.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Preamble								Message type				Station I.D.								Parity									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Modified Z-count														Sequence no.		Length of frame			Station Health		Parity								

Figur A - Opbygning af headeren i RTCM. Preamble er en start-besked, og Parity er en checksum der benyttes til at kontrollere for fejl.

Efter headeren udsendes informationer om de enkelte satellitter. Disse informationer

indeholder satellittens nummer, PRC, RRC og en "Issue Of Data" (IOC), der benyttes til at sikre at der benyttes samme tid og efemeride-data. Dataopbygningen af type 1, 2 og 9 beskederne ses på figur B.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
S	UDRE	Sat. ID						Pseudorange correction (PRC)												Parity									

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Range Rate correction (RRC)								Issue Of Data							(næste satellit)							Parity							

Figur B. Indhold af type 1, 2 og 9 beskeder.

Information om flere satellitter kommer umiddelbart efter hinanden, men stadig med de sidste 6 bits i hvert ord som paritetsbit. Det ses at den højest mulige værdi for PRC er  $2^{16} = 65536$ , hvilket svarer til intervallet  $-32768 \rightarrow +32768$ .

Ligeledes er intervallet for RRC  $-128 \rightarrow +128$ .

Den første bit i hver hver besked indeholder en skala-faktor. Er denne faktor 0, benyttes en skalafaktor på 0.02 m på PRC og 0.002 m/s på RRC. Er skalafaktoren 1, er disse henholdsvis 0.32 m og 0.032 m/s. Dette vil svare til et interval på  $\pm 10485.76$  m og  $\pm 4,096$  m/s. Præcisionen på korrektionen vil være 16 gange større ved små afvigelser ( $S=0$ ), end ved større afvigelser ( $S=1$ ).

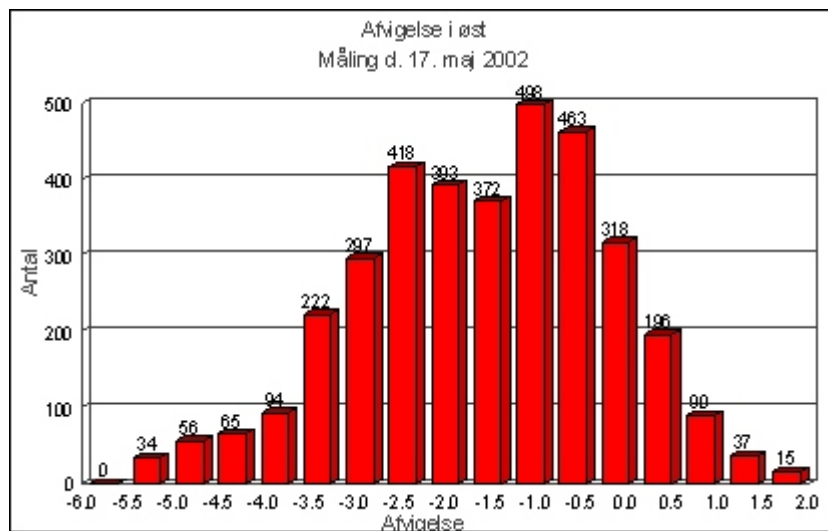
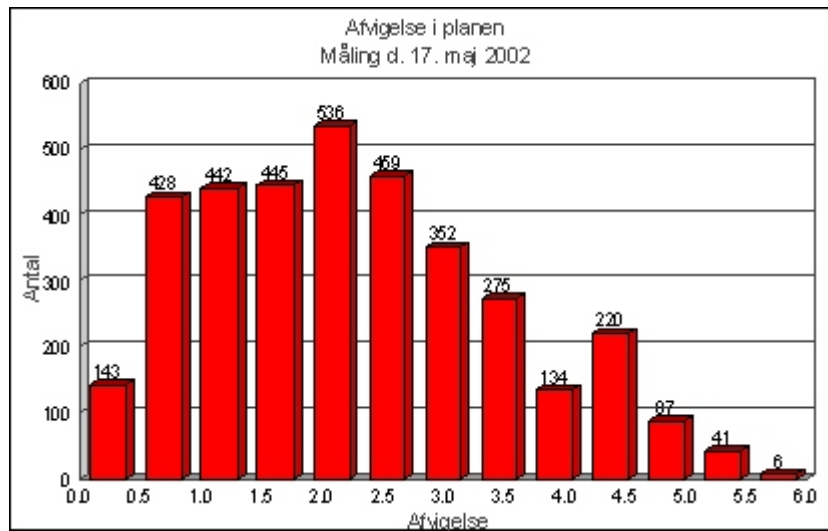
Datalængden af en type 1, 2 eller 9 besked, afhænger af antallet af satellitter der sendes korrektioner for. Beskedens længde kan beregnes ved:

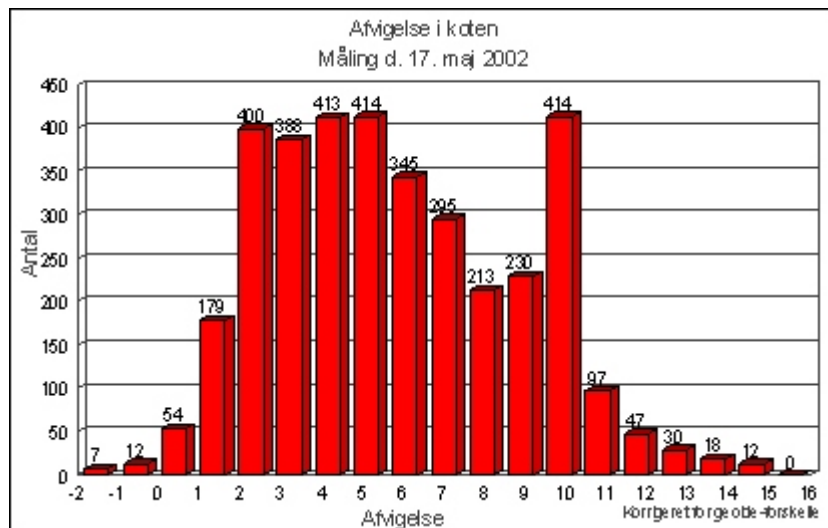
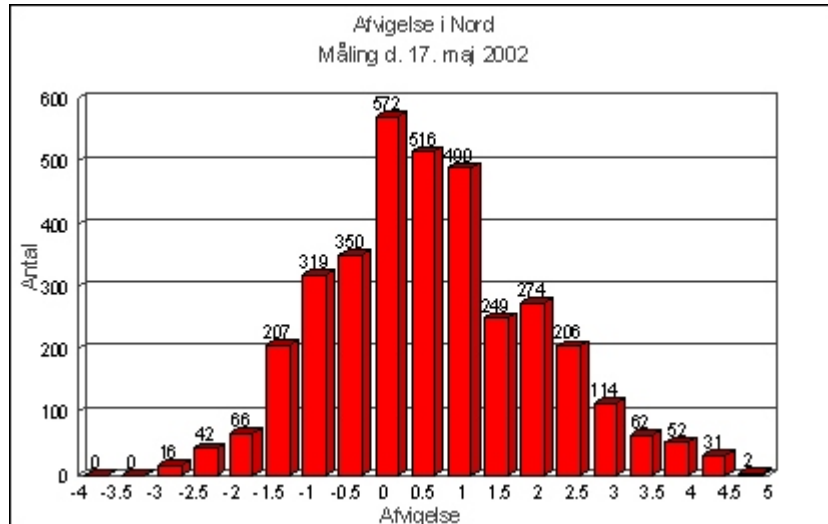
$M_{1,2,9} = 30(2 + \lceil 5N / 3 \rceil)$ , hvor M er længden i bits og N er antallet af satellitter der sendes data for. Ved f.eks. 10 satellitter vil længden være ca. 560 bits (70 bytes).



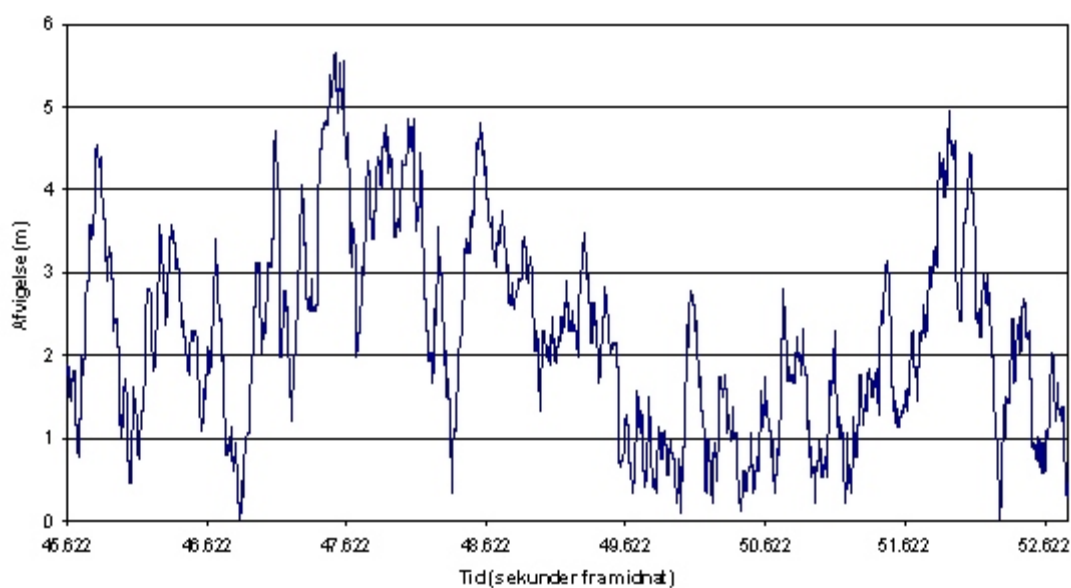
## Bilag 3

## Illustrationer af måledata over afvigelser fra målepunkt.

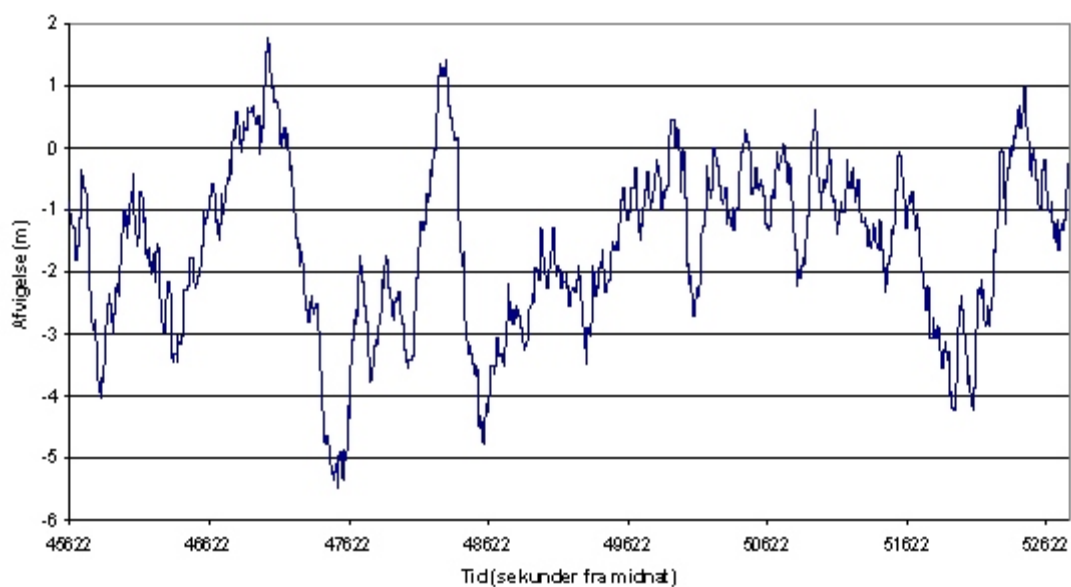




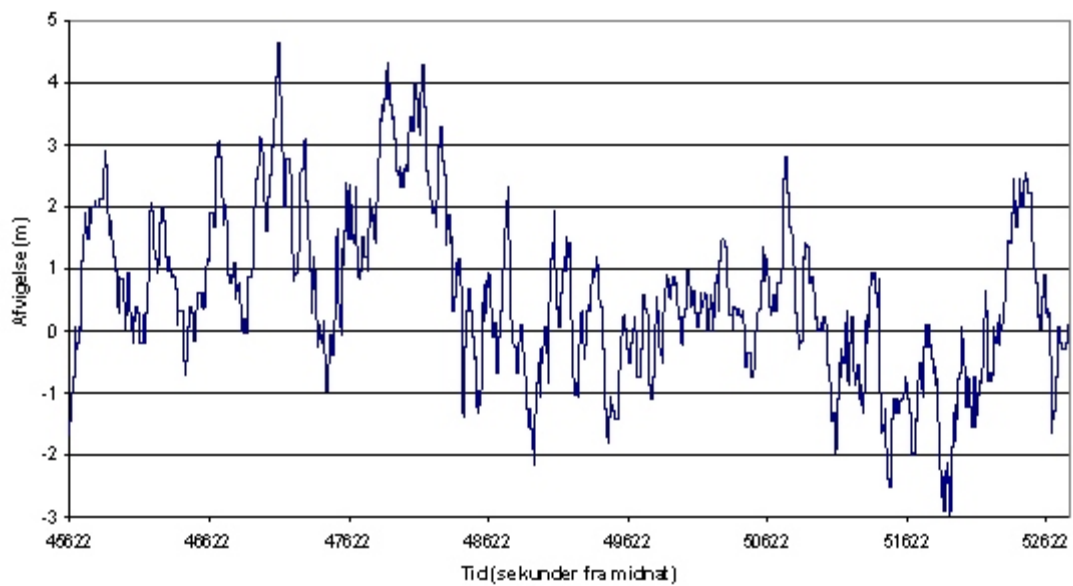
Afvigelse i planen, som funktion af tiden:



Afvigelse i øst, som funktion af tiden:



## Afvigelse i nord, som funktion af tiden



## Afvigelse i koten, som funktion af tiden

