

LOXODROM- OCH ORTODROMSEGLING

- navigationsverktyg i Microsoft Excel

Felix Eliasson



2018:36

Datum för godkännande: 31.10.2019
Handledare: Bengt Malmberg & Philippe Chanfreau

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Sjökapten
Författare:	Felix Eliasson
Arbetets namn:	Loxodrom- och ortodromsegling – Navigationsverktyg i Microsoft Excel
Handledare:	Bengt Malmberg & Philippe Chanfreau
Uppdragsgivare:	

Abstrakt

Arbetets ändamål är att undersöka möjligheten att sammanställa ett datoriserat navigationsverktyg som klarar av att utföra både elementära och mer avancerade navigationsberäkningar. En kvantitativ studiemodell i konjunktion med formelkonstruktion i Microsoft Excel har tillämpats under projektets utformande.

Med mina nuvarande kunskaper så upplevs resultaten som ges rimliga och jag anser att programmet ger en rättvis jämförelse utav loxodrom- och storcirkelsegling förutsatt att användaren känner till programmets begränsningar. Projektet visar att det är möjligt att sammanställa ett datoriserat navigationsverktyg. Programmet klarar i stor utsträckning av att räkna ut både elementära och mer avancerade formler inom terrester navigation, sfärisk trigonometri och astronomisk navigation. Svaren som genereras upplevs tillförlitliga så länge produkten används korrekt och användaren är medveten om kalkylbladets eventuella begränsningar. Användning utav kalkylprogram bör användas med en viss försiktighet. De bör i första hand användas som hjälpmedel och inte ersätta de kunskaper som användaren besitter. Ett kalkylblad kan ge regelbundna och tillförlitliga svar men det är då viktigt att programmet är väl utformat utav professionella inom yrkesbranschen och att programmet är testat i alla möjliga scenarion.

Nyckelord (sökord)

Loxodrom, Ortodrom, Storcirkel, Excel, Navigationsverktyg

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
2018:36	1458-1531	Svenska	35 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
28.09.2019	30.11.2018	31.10.2019

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Nautical Science
Author:	Felix Eliasson
Title:	Loxodrome and Orthodrome Sailing – Navigational Tools in Microsoft Excel
Academic Supervisor:	Bengt Malmberg & Philippe Chanfreau
Technical Supervisor:	

Abstract

The objective of this project was to assess the possibilities and build a computerized navigational tool that can perform both elementary and more advanced navigational calculations. A quantitative study method in conjunction with formula construction in Microsoft Excel has been applied during the implementation of the project.

With my current knowledge I feel that the results given can be considered plausible and that the spreadsheet gives a fair comparison of loxodrome- and great circle sailing if the user is aware of the spreadsheet's limitations. The spreadsheet is not fully developed, and it has its limitations. The project shows that it is possible to build a computerized navigational tool. The spreadsheet is to a good extent capable of calculating both elementary and more advanced formulas within terrestrial navigation, spherical trigonometry and astronomical navigation. The results that are generated are reliable if the product is used correctly and that the user is aware of the spreadsheet's potential limitations. Calculation software should be used with a certain caution. They should primarily be used as a tool and not replace the knowledge that the user possesses. A spreadsheet can give regular and reliable answers but then it is important that the spreadsheet is well designed by professionals within the sector and that the spreadsheet is tested in all kinds of scenarios.

Keywords

Loxodrome, Orthodrome, Great Circle, Excel, Great Circle, Navigational Tools

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
2018:36	1458-1531	Swedish	35 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
28.09.2019	30.11.2018	31.10.2019

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INTRODUKTION	7
1.1 Syfte	7
1.1.1 Frågeställningar	7
2. BAKGRUND	8
2.1 Definitioner	8
2.2 Terrester navigation	9
2.3 Astronomisk navigation	10
3. METOD	11
4. RESULTAT	12
4.1. Kalkylkonstruktion, variabler	12
4.2 Kalkylkonstruktion, latitudskillnad och longitudskillnad	12
4.3 Kalkylkonstruktion, meridiandelar, insegld och utsegld	13
4.4 Kalkylkonstruktion, loxodromkurs, steg #1	14
4.5 Kalkylkonstruktion, loxodromkurs, steg #2	16
4.6 Kalkylkonstruktion, loxodromdistans	16
4.7 Kalkylkonstruktion, storcirkelkurs steg #1	17
4.8 Kalkylkonstruktion, storcirkelkurs steg #2	19
4.9 Kalkylkonstruktion, storcirkeldistans	19
4.10 Kalkylkonstruktion, restid, loxodrom och storcirkel	20
4.11 Kalkylkonstruktion, beräknad ankomsttid	21
4.12 Kalkylkonstruktion, brytpunkter, latitud	22
4.13 Kalkylkonstruktion, brytpunkter, longitud	24
4.14 Kalkylkonstruktion, dynamisk lista	25
4.15 Kalkylkonstruktion, dynamisk graf	27
4.16 Kalkylkonstruktion, GHA, LHA, Dekl, S/SD och HP	28
5. DISKUSSION	31
5.1 Metoddiskussion	31
5.2 Resultatdiskussion	32
5.3 Brister och begränsningar	33
6. SLUTSATS	34
REFERENSER	35
BILAGOR	1

BEGREPP

Excelfunktioner

IF – Excelfunktion som är villkorsstyrd.

AND – Excelfunktion som kräver flera godkända villkor.

ABS – Excelfunktion som genererar ett absolut värde.

TRUNC – Excelfunktion som tar bort decimalerna ur ett värde.

DATE – Excelfunktion som returnerar ett datum.

RADIANS – Excelfunktion som konverterar grader till radianer.

DEGREES – Excelfunktion som konverterar radianer till grader.

OFFSET – Excelfunktion som returnerar ett eller flera värden från celler inom önskat område med önskat cellavstånd från vald cell eller önskat område.

COUNT – Excelfunktion som returnerar antalet celler med värden inom ett specificerat antal rader och kolumner.

Begrepp inom navigationen

Loxodrom – Båge som korsar alla jordens meridianer i samma vinkel.

Ortodrom/Storcirkel – En cirkel på en sfäryta vars plan halverar sfären. Man skulle kunna beskriva det som den största möjliga cirkeln runt en sfär. Ekvatorn är ett bra exempel på en storcirkel.

ETA – Estimated Time of Arrival (Förväntad ankomsttid).

ETD – Estimated Time of Departure (Förväntad Avgångstid).

Meridian – En storcirkel längs jordens yta som löper mellan polerna. Varje meridian definierar ett longitudinellt värde. Nollmeridianen korsar Greenwich, England.

Departur – På grund utav jordens sfäriska form så minskar avståndet mellan meridianerna desto närmre polerna man kommer. Departur används då för att mäta förflyttat avstånd i västlig eller östlig riktning längs med latitudparallellerna.

Utseglad position – Position vid resans början.

Inseglad position – Position vid resans avslut.

Bäring – Horisontell vinkel från nord till ett sökt föremål.

Dödräkning – Navigationsmetod där nuvarande position beräknas med hjälp av att använda sig utav kurs, hastighet, tid och sträcka från senast mätta position.

Himmelsekvator – Projektion utav jordens ekvatoriala storcirkel på himmelskroppen.

GMT – Greenwich Mean Time.

GHA – Greenwich Hour Angle (Greenwich Timvinkel).

ST – Standardtid/Lokaltid.

ZT – Zontid.

LHA – Local Hour Angle (Lokal Timvinkel).

DEC – Deklination, vinkeln från himmelsekvatorn till objektet.

S/SD – Semidiameter.

HP – Horisontell Parallax.

Waypoint – Brytpunkt. Referenspunkt längs en rutt eller sträcka.

1. INTRODUKTION

Detta arbete fokuserar på automatisering utav rutinbaserade navigationskalkyler för att användas som ett verktyg och hjälpmedel både i arbetslivet och i utbildningssyfte. För att öka både den materiella och allmänna tillgängligheten så är programmet skrivet i Microsoft Excel. Förhoppningen är att det ska kunna användas som ett hjälpmedel vid beräkningar utav ekvationer med liten felmarginal. I utbildningssyfte är det också pedagogiskt utformat och öppet för vidareutveckling. Dokumentet är huvudsakligen inriktat på loxodrom- och ortodromnavigering samt jämförelsen mellan dessa. Ett brytpunktssystem har implementerats för storcirkelnavigering.

Kalkylbladet inkluderar dessutom ett inslag utav astronomisk navigation för beräkningar utav globala och lokala timvinklar med hjälp utav stjärnor och planeter. Detta inkluderades då den astronomiska navigationen fortfarande används dagligen i vissa domäner inom sjöfarten.

1.1 Syfte

Arbetets ändamål är att undersöka möjligheterna i att sammanställa ett datoriserat navigationsverktyg som klarar av att utföra både elementära och mer avancerade navigationsberäkningar.

1.1.1 Frågeställningar

1. Kan man överföra navigationens formler i Microsoft Excel och nå ett resultat där svaren blir tillförlitliga nog att användas som hjälpmedel i yrkeslivet?
2. Hitta exempel på brister och svagheter som ett datoriserat navigationsverktyg har i jämförelse med traditionell navigation.

2. BAKGRUND

Navigation som vetenskapsfält berör kontroll och beräkning utav ett fartygs position och färdväg. Navigationen har varit en drivande kraft inom handel och utveckling sedan dess unga dagar. Tidigare användes dödräkning för positionering vid oceansegling med hjälp utav astronomisk navigation för korrektion. Idag står sjöfarten för mer än 90% av all transport inom världshandeln och konkurrensen har blivit allt kraftigare. Detta har lagt ett större ansvar på navigatörens förmåga att tänka ekonomiskt och på fartygets säkra framförande.

Marginalerna för fel blir allt mindre och kravet på kompetens stiger. Inom navigationen existerar det många svåröverskådliga kalkyler som ofta utförs i en förenklad form för att göra beräkningarna mer lätthanterliga. I modern tid så går dock dessa kalkyler att datorisera och utföra med en stor noggrannhet på ett ögonblick (Jurdzinski, 2018).

Detta kapitel kommer att ta upp grunderna för terrester navigation och astronomisk navigation. En beskrivning på funktioner och termer som används inom kalkylbladet tas också upp i detta kapitel.

2.1 Definitioner

I Excelprogrammet så utnyttjas en mängd funktioner för att uppnå arbetets önskade ändamål. Latitud och longitud utgör två utav programmets fundamentala variabler och fylls i manuellt utav användaren för utseglad position samt inseglad position. Värden som Greenwich Mean Time (GMT), Standardtid (ST) och Zontid (ZT) fylls i vid beräknad avgångstid (ETD) för att få fram en jämförelse i beräknad ankomsttid (ETA) mellan loxodrom- och ortodromnavigering. Ett mer vedertaget uttryck för ortodrom är storcirkel och detta uttryck kommer frekvent att användas i arbetet.

Det är ett flertal funktioner i kalkylbladet som är återkommande i en mängd celler. IF-satsen är en villkorsstyrd funktion som reagerar på uppfyllandet utav dessa villkor. Inbäddad i flera IF-satser hittas ibland AND-funktionen som kan binda samman två värden för att ge IF-funktionen möjlighet till att basera krav på flera värden samtidigt. DEGREES- och RADIANS-funktionerna återkommer regelbundet då behovet finns att konvertera värden från radianer till grader (DEGREES) och grader till radianer (RADIANS).

Vid tidkalkylerna används avkortning (TRUNC) vilket effektivt tar bort decimalerna från ett värde. Misstag ej avkortning för avrundning som ger närmsta heltal. TRUNC nyttjas i syftet att separera decimalerna från heltalet när man vill räkna ut dygn, timmar och minuter från ett decimaltal.

Horisontell uppsökning (HLOOKUP) är en funktion som används vid uppsökning i tabeller. Funktionen söker upp ett värde, till exempel ett indexvärde för att sedan generera ett resultat längs samma horisontella linje. Denna funktion används vid beräkning utav Greenwich Timvinkel (GHA), Lokal timvinkel (LHA), Deklination (DEC), Semidiameter (S/SD) och den horisontella parallaxen (HP) för olika stjärnor och planeter där ekvationens faktorer hittas i långa tabeller.

Deklination är vinkeln mellan himmelsekvatorn och det mätta himmelska objektet. Timvinklarna skulle kunna beskrivas som den longitudinella vinkeln mellan Greenwich (GHA) och den egna positionen (LHA). Begreppet semidiameter talar om en sfärs radie oavsett sfärens form, cirkel eller ellipsoid. Parallax är den visuella förflyttningen eller placeringen utav objekt i kontrast till två olika synvinklar. Vid flertal tillfällen krävs ett positivt värde (ABS). Funktionen ABS returnerar alltid det absoluta värdet av en funktion (Royal Navy, 2004) (Microsoft, n.d.) (United Kingdom Hydrographic Office, 2016-2020) (Pedersen, Gustavsen, Kaasa, & Olsen, 2007) (Granlund, 1999) (Försvarets Läromedelscentral, 1986).

2.2 Terrester navigation

En loxodrom är en båge som korsar jordens meridianer i samma vinkel. I Mercators sjökort så är jordens yta förvrängd så att alla meridianer illustreras som raka linjer. En rak linje på ett sådant sjökort skulle representera en loxodrombåge. Att följa en sådan linje innebär att hålla en statisk kurs och det är därför aktuellt att använda loxodromnavigering på kortare sträckor där det inte är praktiskt att segla längs en storcirkel (Smith, 2018).

En ortodrom, också vanligt kallad storcirkel, är den kortaste sträckan mellan två punkter på en sfäryta. Om man delade en sfär på mitten så kommer den plana ytans rand att illustrera en storcirkel. Ett annat exempel på en storcirkel är jordens ekvator. Storcirkelnavigering är i regel aktuell främst då man seglar längre sträckor, då skillnaden mot loxodromnavigering blir markant (Smith, 2018).

2.3 Astronomisk navigation

Även om astronomisk navigation inte längre används lika regelbundet inom sjöfarten som det gjorde innan GPS så är förmågan att navigera efter himlakroppen fortfarande en vital del inom sjöfarten. Elektroniska system kan slås ut och då bör en kompetent navigatör kunna bestämma sin position med hjälp utav himlakroppen (Smith, 2018).

Positionsbestämning med hjälp utav astronomisk navigation syftar på att mäta höjd och bäring till ett astronomiskt objekt, till exempel solen eller andra stjärnor och sedan med hjälp utav dessa värden beräkna fartygets position (Smith, 2018).

3. METOD

Under studiens utformande har en kvantitativ forskningsmetodik tillämpats. Programmets fundament lades under kursen *Navigation 4* vid Högskolan på Åland och har därefter vidareutvecklats i examensarbetets syfte. Formelsamlingar har använts frekvent för att dels finna inspiration samt övervägande över hur varje formel lämpligast implementeras in i Microsoft Excel.

Programmet startade som ett beräkningsverktyg för att mäta loxodromens och storcirkelns kurser och distanser. Inför implementation utav de lite mer avancerade formlerna så har tillvägagångssätt sökts upp med hjälp utav relevanta sökord för formeln via sökmotorn Google. Microsoft har instruktioner för samtliga formler inom Excel och detta har varit till assistans under programmets utformning. Vidareutveckling skedde i form utav tidsberäkningar för att ge en uppfattning om den totala restiden och för att ge en visuell jämförelse mellan storcirkeldistansen och loxodromdistansen.

Möjligheterna för implementation utav ett brytpunktssystem undersöktes genom att i den nautiska formelsamlingen söka upp möjliga lösningar som den sfäriska trigonometrin kunde erbjuda. Ett delmål blev att införa en dynamisk graf som skulle klara av att automatiskt beräkna positionerna för ett varierande antal brytpunkter, något som är lättare att använda i praktiken då man får stycka upp storcirkeln i ett flertal ben. Formler och genererade svar har undersökts och satts till test i form utav beräkning av en mängd olika exempeluppgifter med varierande scenarion (Nationalencyklopedin, n.d.) (Microsoft, n.d.) (Granlund, 1999) (Pedersen, Gustavsen, Kaasa, & Olsen, 2007).

4. RESULTAT

4.1. Kalkylkonstruktion, variabler

Programmets första variabler som användaren fyller i är den planerade utseglade positionen och den planerade inseglade positionen. Dessa anges i latitudinella och longitudinella värden. Latitud och longitud anges i grader (heltal) och minuter (med två decimaler) Exempelbild i figur 1. I nästkommande block fyller användaren i de aktuella tidsvariablerna: datum, utseglad zontid, utseglad standardtid, inseglad standardtid och beräknad snitthastighet.

Latitud och Longitud			
	Grader	Minuter	
Utseglad position	20°	25,50'	φN
	-045°	-25,00'	λW
Inseglad position	65°	38,90'	φN
	055°	00,00'	λE

Figur 1. Exempelbild på de inseglade- och utseglade positionsvärdena.

4.2 Kalkylkonstruktion, latitudskillnad och longitudskillnad

Latitudskillnaden hittas genom differensen mellan inseglad position och utseglad position. Decimalvärdet för den utseglade latituden subtraheras från decimalvärdet utav den inseglade latituden.

$$\Delta\text{Lat} = \varphi_{\text{ins}} - \varphi_{\text{uts}} \quad (1)$$

”=InsegladLatDecimal-UtsegladLatDecimal”

Longitudskillnaden följer samma princip. Den utseglade longituden subtraheras från den inseglade longituden för att ge longitudskillnaden.

$$\Delta\text{Long} = \lambda_{\text{ins}} - \lambda_{\text{uts}} \quad (2)$$

Longitudskillnaden är villkorsbaserad och för att sammanställa hela formeln i en cell så har sammanbundna IF-satser använts. Det används regelbundet i kalkylbladet och syftar på IF-satser som binds samman för att skapa en formel som kan tolka flera villkor samtidigt och generera ett önskat antal svar beroende på vilket villkor som uppfylls. I en generisk IF-sats så hittar man normalt ett värde eller formel som ges som resultat om det initiala påståendet ej stämmer men i detta fall behövs en formel som kan hantera flera villkor samtidigt och får då binda samman flera IF-satser. Formeln lyder:

*"=IF((InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)<(-180);
(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)+360;
IF((InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)>180;
(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)-360;
(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal))).*

Det första stycket *"=IF((InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)<(-180))"* utgör formeln's första villkor. Om detta uppfylls så blir resultatet det som följer avskiljaren ";", alltså *"(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)+360"*. Om detta påstående ej stämmer så går formeln vidare förbi nästa avskiljare. Efter nästa avskiljare följer nu ännu en IF-sats; *"IF((InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)>180)"*.

Nästkommmande stycke är formeln som ges om det förra påståendet är sant *"(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal)-360"*. Slutligen så syns formeln som ges som resultat om inget av ovanstående villkor stämmer *"(InsegladLongDecimal-UtsegladLongDecimal))"*.

För att summera: Om decimalvärdet av den insegade longituden minus decimalvärdet av den utsegade longituden är mindre än -180 så adderas 360 till decimalvärdet av den insegade longituden minus decimalvärdet av den utsegade longituden. Är värdet istället över 180 så subtraheras 360. Är värdet varken mindre än -180 eller över 180 så blir resultatet decimalvärdet av den insegade longituden minus decimalvärdet av den utsegade longituden (Granlund, 1999).

4.3 Kalkylkonstruktion, meridiandelar, insegad och utsegad

Formlerna för beräkning utav meridiandelarna för insegad respektive utsegad position är näst intill identiska i utseende, den variabeln som skiljer dem åt är insegad latitud för den

inseglade meridiandelen och utseglad latitud för den utseglade meridiandelen. Meridiandelar räknas ut med hjälp av en integral.

$$MD = \int_{\varphi=0}^{\varphi} \frac{d\varphi}{\cos\varphi} \quad (3)$$

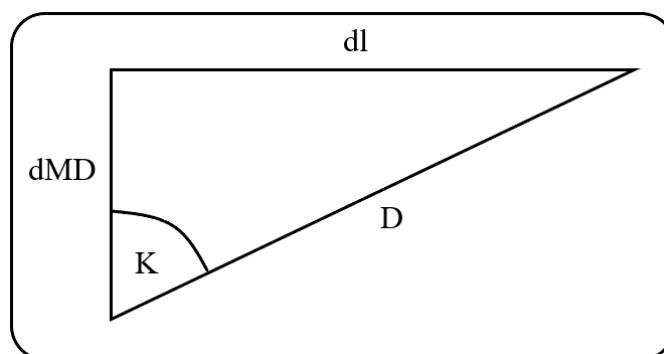
Denna integral beräknar meridiandelarna på en sfär och ej på en ellipsoid. För att beräkna meridiandelarna med jordens ellipsoidform i beaktande så använder vi oss utav ytterligare konstanter som syns i Excelformeln. Detta tas upp ytterligare i ”5.2 Resultatdiskussion”. Formeln i Excel blir som följande:

```
”=7915,704468*LOG(TAN(RADIANS(45)
+RADIANS(Decimalvärdet av Latituden)/2))
-23,268932*SIN(RADIANS(Decimalvärdet av Latituden))
-0,0525*SIN(RADIANS(Decimalvärdet av Latituden))^3
-0,000213*SIN(RADIANS(Decimalvärdet av Latituden))^5.”
```

(Försvarets Läromedelscentral, 1986).

4.4 Kalkylkonstruktion, loxodromkurs, steg #1

Loxodromens kurs beräknas här i två steg. Ekvationen för att räkna ut loxodromens kurs kräver att det är en skillnad i meridiandelar. Detta betyder att formeln ej ger önskat resultat då meridiandelsskillnaden är noll. För att korrigera för detta så beräknas först ett grundvärde för kursen som sedan genomgår en process i Excel för att eliminera värden för när meridiandskillnaden är noll.



Figur 2. Beräkning utav loxodromkursen.

$$\tan(K) = \frac{dl}{dMD} \quad (4)$$

En förenklad ekvation för beräkning utav kursen blir som följer.

$$K = \arctan\left(\frac{dl}{dMD}\right) \quad (5)$$

Utformningen utav loxodromkursen i Excel delas upp i två steg, till en början en okorrigerad loxodromkurs som sedan måste genomgå en villkorsbaserad process för att eliminera felaktiga värden. Formeln i steg#1 är inte helt olik kalkylkonstruktionen för Longitudskillnaden där IF-satsens primära syfte är att eliminera eventuella felkällor vid 90° och 270°. Formeln är som följer:

`"=DEGREES(IF((AND(DifferensMeridianer=0; DifferensLongitud<0)); 270;
IF(AND(DifferensMeridianer=0; DifferensLongitud>0); 90;
ATAN(DifferensLongitud/DifferensMeridianer))))"`

Detta ger resultatet att om differens i latitud är noll och fartyget rör sig västerut är kursen 270° respektive 90° i östlig riktning annars ges värdet av $\arctan(\text{DifferensLongitud}/\text{DifferensMeridianer})$. Detta ger ett kursvärde som är sant endast om både longitudskillnaden och latitudskillnaden är av positivt värde annars måste kursen korrigeras med ett statiskt värde utav 180° eller 360°, Hur dessa adderas in i ekvationen går igenom i "4.05 Kalkylkonstruktion, Loxodromkurs, steg #2" där resultatet från denna

ekvation kommer att hänvisas till som "LoxkursOkorrigerad" då ekvationen styckats upp i två sektioner och resultatet från denna beräkning visas i en cell i kalkylbladet. (Granlund, 1999).

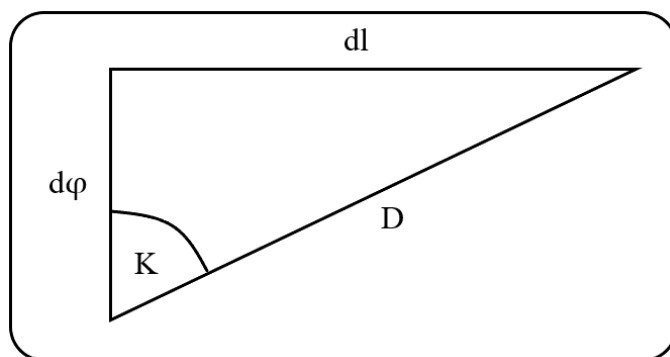
4.5 Kalkylkonstruktion, loxodromkurs, steg #2

I steg #2 så adderas konstanter beroende på resultatet från "4.04 Kalkylkonstruktion, Loxodromkurs steg#1". Vid en nordostlig kurs så blir resultatet samma som i steg #1. Vid nordvästlig kurs så adderas 360° till resultatet från steg #1. Vid sydvästlig kurs och vid sydöstlig kurs så adderas 180° på resultatet från steg #1. Utöver detta så läggs villkor in som fastställer att formeln fungerar även vid 90° och 270° . Formeln blir som följer (Granlund, 1999):

```
"=IF((AND(DifferensLongitud>0; DifferensMeridianer>0)); LoxkursOkorrigerad;  
IF((AND(DifferensLongitud<0; DifferensMeridianer>0)); LoxkursOkorrigerad+360;  
IF((AND(DifferensLongitud<0; DifferensMeridianer<0)); LoxkursOkorrigerad+180;  
IF((AND(DifferensMeridianer=0; DifferensLongitud<0)); 270;  
IF(AND(DifferensMeridianer=0; DifferensLongitud>0); 90;  
IF((AND(DifferensLongitud=0; DifferensLatitud>0)); LoxkursOkorrigerad;  
LoxkursOkorrigerad+180))))))"
```

4.6 Kalkylkonstruktion, loxodromdistans

Beräkningen utav loxodromens distans är inte helt olik beräkningsmetoden för loxodromkursen. Här räknas triangelns hypotenusan ut med hjälp utav kursen och latitudskillnaden mellan den utseglade positionen och den inseglade positionen.



Figur 3. Beräkning utav loxodromdistansen.

Formeln för att beräkna loxodromdistansen är:

$$D = \frac{d\varphi}{\cos(K)} \quad (6)$$

Det som måste tas i beaktande är att vi inte kommer att få ett resultat om täljaren är noll, det vill säga att skillnaden i latitud från utseglad position till inseglad position är noll alltså vid kurserna 90° och 270°. Så en IF-sats används för att komma runt det problemet.

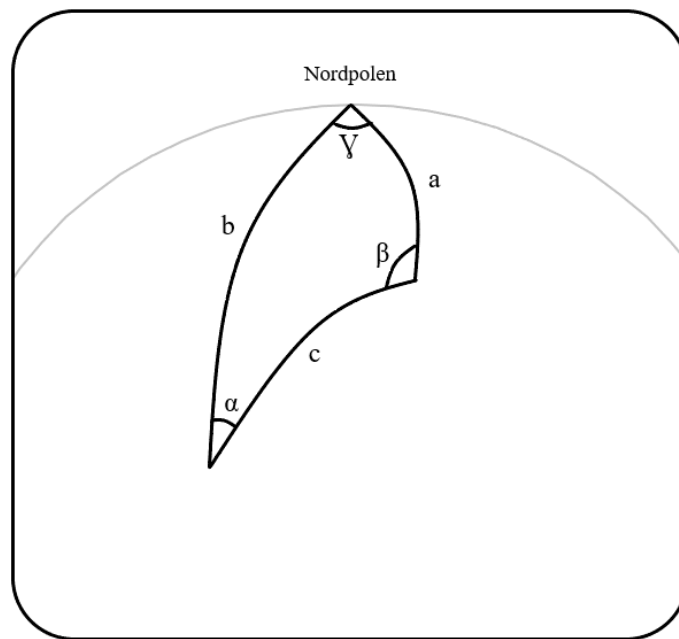
```
"=IF(DifferensLatitud=0;
(COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal))
*ABS(InsegladLongGrader-UtsegladLongGrader))*60;
ABS(DifferensLatitud/COS(RADIANS(LoxodromKurs))*60))"
```

Denna formel kringgår problemet genom att vid fallet då latitudskillnaden är noll använda sig utav ekvationen för att beräkna fartygets departur. Denna formel ses i Ekvation 7. Cosinusvärdet av medellatituden multiplicerat differensen i longitud ger fartygets seglade distans (Försvarets Läromedelscentral, 1986).

$$Dep = dl * \cos(\varphi_m) \quad (7)$$

4.7 Kalkylkonstruktion, storcirkelkurs steg #1

Storcirkelns bågform kräver en beräkning utav både utseglad kurs och inseglad kurs. Uträkningen för dessa delas upp i två steg precis som loxodromkursen. Utseglad kurs beräknas genom användningen utav sfärisk trigonometri. Eftersom den utseglade positionen, den inseglade positionen och longitudskillnaden är givna så kan man räkna ut den sfäriska triangelns vinklar och sidor. Figur 4 illustrerar en sfärisk triangel och kompletteras med Ekvation 8 för att visa de gjorda uträkningarna (Pedersen, Gustavsen, Kaasa, & Olsen, 2007).



Figur 4. Sfärisk triangel.

$$\cot(a) * \sin(b) - \sin(Y) * \cot(\alpha) = \cos(b) * \cos(Y) \quad (8)$$

Ekvation 8 appliceras på exemplet och förenklas för att bilda Ekvation 9.

$$\tan(\varphi_{ins}) * \cos(\varphi_{uts}) - \sin(\varphi_{uts}) * \cos(\Delta Long) = \sin(\Delta Long) * \cot(uts \text{ Kurs}) \quad (9)$$

Ur Ekvation 9 löses den utseglade kursen ut och processen går igenom ännu en gång för den inseglade kursen. Detta förs in i Excel för respektive kurs och de kursvärden som nu är tillgängliga är redo att bearbetas i likt loxodromkursen i ”4.05 Kalkylkonstruktion, Loxodromkurs, steg #2”. Resultaten från ekvationen kommer i kalkylbladet och ekvationerna hänvisas som ”StorcirkelUTSokorrigerad” samt ”StorcirkelINSokorrigerad”.

”=DEGREES(ATAN(SIN(RADIANS(DifferensLongitud))
/((TAN(RADIANS(InsegladLatDecimal))
*COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal)))
-(SIN(RADIANS(UtsegladLatDecimal))
*COS(RADIANS(DifferensLongitud))))))”

4.8 Kalkylkonstruktion, storcirkelkurs steg #2

Detta steg följer samma princip som ”4.05 Kalkylkonstruktion, Loxodromkurs, steg #2”.

Formlerna är i stort sett lika bortsett från att vid ekvationen för storcirkelkursen så krävs inte korrigering IF-satser för kurserna 90° och 270°, detta för att storcirkelkursen ej beräknas med hjälp utav meridiandifferensen till skillnad från loxodromkursen. Formeln blir som följande:

```
"=IF(AND(StorcirkelUTSokorrigerad>0;  
DifferensLongitud>0);  
StorcirkelUTSokorrigerad;  
IF(AND(StorcirkelUTSokorrigerad>0;  
DifferensLongitud<0);  
StorcirkelUTSokorrigerad+180;  
IF(AND(StorcirkelUTSokorrigerad<0;  
DifferensLongitud>0);  
StorcirkelUTSokorrigerad+180;  
StorcirkelUTSokorrigerad+360)))"  
(Granlund, 1999).
```

4.9 Kalkylkonstruktion, storcirkeldistans

För att beräkna storcirkelns distans så används cosinusteoremet. Alla nödvändiga variabler är givna och formeln kan beräknas genom att konstrueras in i Excel. Se Figur 4 som illustration till Ekvation 10. Notera att formeln ser annorlunda ut än i formelsamlingen, detta på grund utav konverteringen som sker utav sinus och cosinus. Ett exempel på detta är $\cos(90^\circ - x) = \sin(x)$.

$$\cos(c) = \cos(a) * \cos(b) + \sin(a) * \sin(b) * \cos(\gamma) \quad (10)$$

Formeln förs in i Excel och ser ut som följande:

```
"=DEGREES(ACOS((SIN(RADIANS(UtsegladLatDecimal))  
*SIN(RADIANS(InsegladLatDecimal)))  
+(COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal))  
*COS(RADIANS(InsegladLatDecimal))  
*COS(RADIANS(DifferensLongitud)))))*60"
```

4.10 Kalkylkonstruktion, restid, loxodrom och storcirkel

Resans tid räknas ut genom att dividera resans distans (sjömil) med den beräknade snitthastigheten (sjömil per timme).

$$T = \frac{D}{V} \quad (11)$$

Resultatet kommer i timmar och för att separera detta värde i dagar, timmar och minuter så används funktionen TRUNC. Resultatet divideras med 24 för att få värdet i dygn och kortas av för att inte visa decimaler efter dygnet.

```
"=TRUNC(LoxodromDistans/Snitthastighet/24)"
```

För att sedan demonstrera antalet timmar så räknas antalet dygn ut igen med decimaler för att sedan subtraheras bort utav det avkortade värdet. Det som återstår är decimalvärdet som multipliceras med 24 för att få värdet i timmar. Efter detta avkortas det slutgiltiga resultatet för att visa antalet timmar som följer dygnet i ovan visad kalkyl.

```
"=TRUNC((LoxodromDistans/Snitthastighet/24-  
TRUNC(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))*24)"
```

Uträkningen för att få fram antalet minuter följer samma mönster som ovan. Först beräknas antalet dygn som sedan subtraheras bort av det avkortade värdet. Efter detta räknas timmarna ut och likt dygnet, subtraheras bort utav det avkortade värdet. Slutligen så multipliceras de återstående decimalerna med 60 för att visa minuterna.

”=((((LoxodromDistans/Snitthastighet/24)-
TRUNC(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))*24)-
(TRUNC((LoxodromDistans/Snitthastighet/24-
TRUNC(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))*24)))*60”

4.11 Kalkylkonstruktion, beräknad ankomsttid

Datumformeln tar i beaktande de värden som användaren har manuellt fört in i kalkylbladet. Resans beräknade tid adderas på den beräknade tiden för avgång. Formeln tar även i beaktande passage utav datumgränsen. Om resan påbörjas vid en negativ longitud, avslutas vid en positiv longitud och resan går i västlig riktning så antas resan ha passerat datumgränsen och ett dygn dras av från det beräknade ankomstdatumet.

”=IF(AND(UtsegladLongDecimal<0;DifferensLongitud<0;InsegladLongDecimal>0);
DATE(År;Månad;Dag+(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))+1;
IF(AND(UtsegladLongDecimal>0;DifferensLongitud>0;InsegladLongDecimal<0);
DATE(År;Månad;Dag+(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))-1;
DATE(År;Månad;Dag+(LoxodromDistans/Snitthastighet/24))))”

Formeln för tidsberäkning är mer svåröverskådlig och tar i beaktande vilken färdriktning resan sker, GMT, hur många timmar från GMT den utseglade positionen befinner sig och hur många timmar från GMT den inseglade positionen befinner sig. Även här tas passage utav datumgränsen i beaktande och tiden justeras därefter. Formeln blir väldigt lång då det är många sammanbundna IF-satser som i sin tur repeteras tre gånger för olika scenarion.

```

”=IF(AND(UtsegladLongDecimal<0;DifferensLongitud<0;InsegladLongDecimal>0);
IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT+UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader>0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT-UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader>0));
UtsegladZT+UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
UtsegladZT-UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440))))
-TIME(23;;);

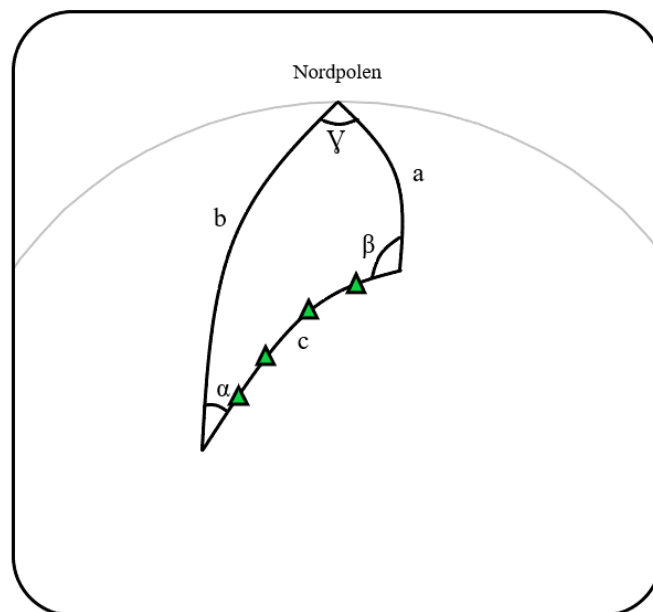
IF(AND(UtsegladLongDecimal>0;DifferensLongitud>0;InsegladLongDecimal<0);
IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT+UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader>0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT-UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader>0));
UtsegladZT+UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
UtsegladZT-UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440))))
+TIME(23;;);

IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT+UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader>0;InsegladLongGrader<0));
UtsegladZT-UtsegladST-InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
IF((AND(UtsegladLongGrader<0;InsegladLongGrader>0));
UtsegladZT+UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)+(LoxodromMinuter/1440);
UtsegladZT-UtsegladST+InsegladST+(LoxodromTimmar/24)
+(LoxodromMinuter/1440))))))”

```

4.12 Kalkylkonstruktion, brytpunkter, latitud

För att räkna ut brytpunkter med *antalet* som utgångsvariabel så måste en formel skrivas som tar antalet brytpunkter i beaktande och anpassar sig efter detta värde. Figur 5 visar en exempelbild på en storcirkeldistans uppstyckad med fyra brytpunkter.



Figur 5. Storcirkel med fyra brytpunkter.

Excelformeln följer cosinusteoremet med anpassning för antalet brytpunkter som variabel. Formeln är också anpassad för implementering i en dynamisk graf och formelns första stycke är något som går igenom i avsnittet ”4.14 Kalkylkonstruktion, Dynamisk lista” och lämnas ute här.

$$\cos(a) = \cos(b) * \cos(c) + \sin(b) * \sin(c) * \cos(\alpha) \quad (12)$$

Excelformeln baseras på att räkna latituden för en brytpunkt med den utseglade positionen, utseglade kursen samt den tänkta brytpunktens longitud som utgångsvärden. Det formeln räknar ut är en tänkt latitud för en brytpunkt. Den utseglade positionens värden är givna och används i ekvationen. Formeln söker istället en ny inseglad position där storcirkelns distans blir formelns variabel genom att ta den totala storcirkeldistansen för hela resan och dividera den i *antalet* brytpunkter plus ett.

För att beräkna latituden för storcirkelns andra brytpunkt i Figur 5 så skulle först storcirkelns distans styckas upp i fem ben för att sedan multipliceras med två för att få ut distansen mellan

den utseglade positionen och den andra brytpunkten. Sedan appliceras formeln på den fiktiva storcirkel som kvarstår där sida "a" löses ut (Pedersen, Gustavsen, Kaasa, & Olsen, 2007).

$$\begin{aligned} ins \varphi = 90 - \cos^{-1} & \left(\sin(uts \varphi) * \cos \left(\left(\frac{Storcirkeldistans}{5} \right) * 2 \right) \right. \\ & \left. + \cos(uts \varphi) * \sin \left(\left(\frac{Storcirkeldistans}{5} \right) * 2 \right) * \cos(uts K) \right) \end{aligned} \quad (13)$$

För att applicera detta i Excel så har varje brytpunkt givits ett indexnummer. Detta indexnummer är vad storcirkeldistansen i den fiktiva sfäriska triangeln multipliceras med för att få fram önskat antal ben i beräkningen. I formeln nedan så representeras indexvärdet utav cellen "H8".

```
"...90-DEGREES(ACOS(SIN(RADIANS(UtsegladLatDecimal))
* COS(RADIANS(H8*(StorcirkelDistans/(Waypointsantal+1))/60))
+ COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal))
* SIN(RADIANS(H8*(StorcirkelDistans/(Waypointsantal+1))/60))
* COS(RADIANS(StorcirkelUtsegladKurs))))))"
```

4.13 Kalkylkonstruktion, brytpunkter, longitud

Formeln för longitud följer också cosinusteoremet likt beräkningen för brytpunkternas latitud. Se Figur 5 som illustration till Ekvation 14. Här löses longitudskillnaden ut och adderas till eller subtraheras från den utseglade positionens longitudvärde.

$$\cos(c) = \cos(b) * \cos(a) + \sin(b) * \sin(a) * \cos(\gamma) \quad (14)$$

Ekvation 14 appliceras på exemplet och förenklas. Notera att värdet "Brytpunkt φ " är brytpunktens latitud som löstes ut i "4.12 Kalkylkonstruktion, Brytpunkter, Latitud". I nedanstående fall brytpunkt nr 2.

$$\cos(\Delta\text{Long}) = \frac{\cos\left(\left(\frac{\text{Storcirkeldistans}}{60}\right)*2\right) - \sin(uts\ \varphi)*\sin(Brytpunkt\ \varphi)}{\cos(uts\ \varphi)*\cos(Brytpunkt\ \varphi)} \quad (15)$$

När formeln skall föras in i Excel så blir den väldigt lång och svåröverskådlig då det här används en IF-sats som tar färdriktningen i beaktande. Longitudskillnaden är löst men kalkylbladet måste veta om skillnaden är positiv eller negativ. Formeln är också anpassad för implementering i en dynamisk graf och formelns första stycke är något som gås igenom i stycket ”4.12 Kalkylkonstruktion, Dynamisk lista” och lämnas ute här.

```

"...IF(DifferensLongitud>0;
(UtsegladLongDecimal
+DEGREES(ACOS((COS(RADIANS(StorcirkelDistans/(Waypointsantal+1)/60*H8))
-(SIN(RADIANS(UtsegladLatDecimal))*SIN(RADIANS(J8))))
/(COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal))*COS(RADIANS(J8))))));
(UtsegladLongDecimal
-DEGREES(ACOS((COS(RADIANS(StorcirkelDistans/Waypointsantal/60*H8))
-(SIN(RADIANS(UtsegladLatDecimal))*SIN(RADIANS(J8))))
/(COS(RADIANS(UtsegladLatDecimal))*COS(RADIANS(J8)))))))))”

```

Formeln tar i beaktande om den longitudinella skillnaden är positiv eller negativ för att avgöra om longitudskillnaden skall adderas eller subtraheras. I exemplet så representeras brytpunktens indexvärde utav cellen ”H8” och brytpunktens latitudvärde utav cellen ”J8”.

4.14 Kalkylkonstruktion, dynamisk lista

Eftersom den dynamiska grafen är baserad på att läsa in ett varierande antal värden, beroende på hur många brytpunkter användaren valt skall vara aktiva, så måste även listan vara dynamisk. Med detta menas att listan skall ha funktionen att automatiskt förlängas eller kortas av i förhållande till antalet brytpunkter. För att undvika missförstånd för användaren så skall även alltid det sista värdet vara den inseglade positionen. Exempelbild på den dynamiska listan med tjugo brytpunkter syns i Figur 6.

Antal Waypoints <input type="text" value="20"/>		Riktning
max 20		NE ↗
Utseglad	Latitud	Longitud
	35,2833	-47,0000
1	37,9706	-42,0000
2	40,6173	-37,0000
3	43,2160	-32,0000
4	45,7576	-27,0000
5	48,2311	-22,0000
6	50,6232	-17,0000
7	52,9177	-12,0000
8	55,0946	-7,0000
9	57,1304	-2,0000
10	58,9967	3,0000
11	60,6609	8,0000
12	62,0864	13,0000
13	63,2350	18,0000
14	64,0694	23,0000
15	64,5586	28,0000
16	64,6827	33,0000
17	64,4361	38,0000
18	63,8294	43,0000
19	62,8870	48,0000
20	61,6423	53,0000
Inseglad	60,1333	58,0000

Figur 6. Dynamisk brytpunktslista för att illustrera varje brytpunkts position.

Brytpunktsindex (vänstra kolumnen):

`"=IF(Waypointsantal=4; "Inseglad"; IF(4>Waypointsantal; " "; 5))"`

Denna exempelformel är tagen från brytpunktsindex nummer #5. Om antalet brytpunkter är 4 så genereras texten "Inseglad" för att markera den slutgiltiga raden som blir den inseglade positionen. Är antalet istället under 4 så genereras en blank ruta. Stämmer inte något utav ovanstående så visas brytpunktsindex nummer 5.

Brytpunktsindex, inseglad (vänstra kolumnen):

`"=IF(Waypointsantal=20;"Inseglad";"")"`

Den sista raden i listan har formeln ovan som genererar texten "Inseglad" om alla tjugo brytpunkter används, annars blir rutan blank.

Latitud och longitud: (Mittersta och högra kolumnerna):

Formlernas fundament har redovisats för i avsnitten "Kalkylkonstruktion, Brytpunkter,

Latitud” respektive *”Kalkylkonstruktion, Brytpunkter, Longitud*” så här visas enbart den del utav formeln som ger cellen sitt dynamiska beteende.

”=IF(H8=”Inseglad”; InsegladLatDecimal; ...”

respektive

”=IF(H8=”Inseglad”; InsegladLongDecimal; ...”

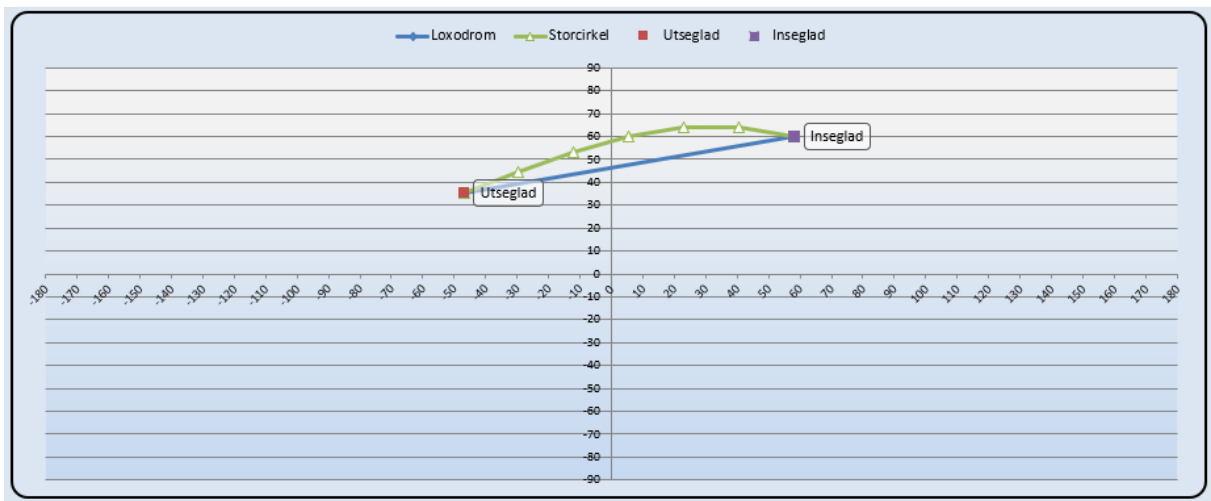
Dessa IF-satser genererar det insegade decimalvärdet om brytpunktens indexvärde är *”Inseglad”*, Detta visas i målpositionens rad i figuren och representeras utav cellen H8 i formelnerna ovan.

4.15 Kalkylkonstruktion, dynamisk graf

På grund utav sina dynamiska egenskaper så besitter grafen svåröverskådliga element. Den utsegade positionen, den insegade positionen och loxodromsträckan läggs in i systemet enligt vedertagen metod. Storcirkeln följer ett annat mönster då den måste utformas att klara av hanteringen utav den dynamiska lista som skapats. I Microsoft Excels *”Name Manager”*-verktyg så fylls två formler in som sedan refereras i storcirkeln.

*”=OFFSET('Loxodrom & Storcirkelnavigering'!\$K\$7;0;0;
COUNT('Loxodrom & Storcirkelnavigering'!\$K\$7:\$K\$28))”*

Funktionerna OFFSET och COUNT används i konjunktion för att skapa en formel som läser av antalet celler med siffervärde i den dynamiska. Detta görs så att den dynamiska grafen kan läsa av ett varierande antal. I Figur 7 så visas ett exempel med fem brytpunkter.



Figur 7. Dynamisk graf som illustrerar den utseglade positionen, den inseglade positionen, loxodromsträckan och storcirkelsträckan med fem brytpunkter.

4.16 Kalkylkonstruktion, GHA, LHA, Dekl, S/SD och HP

Under fliken GHA, LHA och Deklination existerar ett tillägg till programmet för att beräkna den globala timvinkeln, den lokala timvinkeln samt deklinationen för Solen, Venus, Mars, Jupiter och Saturnus vid specifika klockslag och datum. En tabell skrivs samman på ett separat blad under namnet ”Tabell – GHA, LHA, Dekl, S/SD, HP”. Dessa tabellvärden är försedda utav ”United Kingdom Hydrographic Office”. De värden som ges är statistiska faktorer som används i formeln för att sammanställa GHA och deklinationen för solen och olika planeter. Tabellen är aktiv under ett år och måste sedan förnyas till det nya årets värden. I bilaga 1 visas en exempelbild från denna tabell. Ekvation 11 illustrerar metoden för beräkning utav GHA:

$$GHA^{\circ} = 15 \left(\left(\left(\left(a_4 \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a_3 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a_2 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a_1 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a_0 + UT^h \right) \quad (16)$$

Den formeln återskapas i Excel genom att använda formeln:

”=15*(((astroa4*((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa3)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa2)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa1)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa0)”

Beräkning utav LHA sker genom att vid positiva longituder addera den utseglade longituden med GHA och vid negativa longituder subtrahera longitudvärdet från GHA.

$$LHA^{\circ} = GHA^{\circ} + Longitude\ E \text{ eller } LHA^{\circ} = GHA^{\circ} - Longitude\ W \quad (17)$$

Detta återskapas i Excel genom att använda IF-satsen:

”=IF(UtsegladLongDecimal<0; GHA-UtsegladLongDecimal; UtsegladLongDecimal+GHA)”

Slutligen beräknas deklinationen som har sina separata tabellvärden.

$$DEC^{\circ} = \left(\left(\left(a4 \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a3 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a2 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a1 \right) \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a0 \quad (18)$$

Ekvation 18 återskapas i Excel genom att använda formeln:

”=(((astroa4*((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa3)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa2)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa1)
 *((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa0)”

I Figur 8 visas en exempelbild på fliken ”GHA, LHA och Deklination”

Tid GMT [00:00]	Dag [lista]	Månad [lista]	Källa [lista]
17:44	17	November	Solen

Timvinklar

GHA° 183,75°
LHA° 230,75°
DEC° 12,25°
S°, HP° 12,29°

Tabellvärden

	November	11
17,73	h	dec
a0	12,27291	-14,0134
a1	0,02437	-10,3965
a2	-0,11646	1,8557
a3	-0,0075	0,7193
a4	0,00694	-0,072
sum	12,18026	-21,9069

Figur 8. Exempelbild på GHA, LHA och Deklination.

United Kingdom Hydrographic Office har även en formel för uträkning utav föremålets semidiameter och horisontell parallax vilken syns i Ekvation 19

$$S^{\circ}, HP^{\circ} = a1 \left(\frac{d + \frac{UT^h}{24}}{32} \right) + a0 \quad (19)$$

Formeln för semidiameter och horisontell parallax i Excel ser ut som följande:

$$"=astroa1*((astrodag+astrotid24/24)/32)+astroa0"$$

Dessa fyra formler summerar kalkylbladet för uträkning utav GHA, LHA, Deklination, Semidiameter och Horisontell Parallax (Royal Navy, 2004) (United Kingdom Hydrographic Office, 2016-2020).

5. DISKUSSION

5.1 Metoddiskussion

Programmets fundament skapades under kursen ”*Navigation 4*” vid Högskolan på Åland och utvecklades därefter. Det huvudsakliga arbetet har skett i Microsoft Excel. För att öka användarvänligheten och lämna minimalt utrymme för missförstånd så gjordes dokumentets utförande tydligt och systematiskt. Kalkylbladet förväntas kunna användas i utbildningssyfte och har därför en pedagogisk design. Utformningen har en blockstruktur som gör det enkelt att skilja på kalkylbladens olika användningsområden.

Användningen utav Microsoft Excel har tidvis haft sina begränsningar men syftet var redan från början att använda ett program som är tillgängligt för gemene man att utforska och vidareutveckla. Användandet utav, för syftet, lämpliga formelsamlingar i konjunktion med informationssökning på internet har visat sig fungera väl.

För arbetets syfte så har den valda metoden visat sig adekvat. De lite mer avancerade formlerna har tidvis visat sig bli långa och de kan lätt bli överväldigande vid första ögonkastet. Ett alternativ hade varit att stycka upp formlerna i fler steg och på så sätt gjort det tydligare för användaren hur varje steg behandlas. Jag anser dock att uppstyckningen utav varje formel skulle gå på bekostnad utav användarvänlighet då formelbladet lätt fylls upp med icke relevant information som lätt kan misstolkas för slutgiltiga svar.

Jag påbörjade detta projekt med en lekmans kunskap inom Excel och jag känner att det har haft en god inlärningskurva. Inom loxodromnavigeringen så använder den så kallade ”Växande metoden” för att ge ett rättvist svar både vid korta och långa distanser. En möjlighet skulle vara att vid vissa tillfällen använda medellatitudsmetoden för loxodromberäkningar under sexhundra sjömil.

Mina egna förkunskaper inom Excel och Navigationsämnena kan ha haft en inverkan på kalkylbladets formelkonstruktion och design. Användningen utav Excelfunktionen ”*Name Manager*” skedde i syftet att göra det enklare för en ny användare att urskilja vilka värden som användes i formlerna men det kan också orsaka missförstånd om man inte går in i detalj på vilken cell varje namn refererar till. Programmet saknar en användningsmanual och kan säkerligen uppfattas förvirrande för någon inte insatt i de områden som kalkylbladet omfattar.

Jag anser att kalkylbladets resultat kan ses som tillförlitliga så länge användaren är medveten om hur det skall användas och vad kalkylbladet har för begränsningar.

Gällande tabellen för faktorerna i beräkning utav timvinklar, deklination, S/SD och HP så är det viktigt att användaren är medveten om att dessa värden endast är aktuella året ut och måste fyllas i på nytt vid årsskifte om funktionen skall användas. Dessa värden finns tillgängliga i "NavPac and Compact Data" utav "United Kingdom Hydrographic Office". Tabellen är lång och omfattande med tal om fem decimaler så en otrolig noggrannhet är viktig för att vara säker på att programmet kommer hantera rätt värden (United Kingdom Hydrographic Office, 2016-2020).

5.2 Resultatdiskussion

Kalkylbladet klarar av att beräkna loxodromens och storcirkelns kurser och distanser, jämföra dessa och ge tydliga tidsberäkningar mellan tidszoner. Ett enklare brytpunktssystem med varierande antal brytpunkter och visuell graf har sammanställts. Kalkylbladet hanterar de mer elementära beräkningarna till exempel tidsberäkningar samt de mer avancerade ekvationerna inom sfärisk trigonometri och implementation utav dynamiska element.

Med mina nuvarande kunskaper så känns resultaten som ges rimliga och jag anser att programmet ger en rättvis jämförelse utav loxodrom- och storcirkelsegling förutsatt att användaren känner till programmets brister. Programmet är ej färdigutvecklat och det har sina begränsningar. Ett problemområde har varit att formulera en villkorsbaserad ekvation för navigation över datumgränsen och hur det inverkar på datumkalkylen. En vidareutveckling utav den nuvarande formeln skulle vara aktuellt för att överkomma det scenariot.

Vid beräkning utav loxodromdistansen så används två olika formler. Den formeln som används när latitudskillnaden är noll tar ej jordens ellipsoidform i beaktande och ger missvisande resultat på loxodromens distanser. Ett tydligt exempel på detta vore att lägga ut en rutt som följer samma latitud (kurs 90° eller 270°), och sedan flytta den insegtrade positionen en minut i nordlig eller sydlig riktning och jämföra distanserna. Trots den lilla skillnaden så kommer distansen beräknas som märkbart längre i den andra rutten. I boken *Navigation 1, Terrestrial Navigation* som använts som källa i detta arbete så har det upptäckts ett misstag gällande beräkning utav meridiandelar. På sida 176 så jämförs en serieutveckling med en integral för uträkning utav meridiandelar. Dessa är dock inte identiska som boken

säger. Integralen beräknar meridiandelarna på en sfär och motsvarar serieutvecklingens första stycke;

$$\int_{\varphi=0}^{\varphi} \frac{d\varphi}{\cos\varphi} = 7915,704468 * \log \tan \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (20)$$

De termer som följer i serieutvecklingen läggs in i formeln för att beräkna meridianskillnaden på en ellipsoid istället för en sfär som integralen gör.

5.3 Brister och begränsningar

Formeln för att beräkna storcirkelns brytpunkter har sina begränsningar och klarar endast av longitudinella skillnaden på 180°. Grafen visar heller ej passage över datumgränsen utan tolkar det som en seglats runt jordklotet i motsatt riktning. En möjlig lösning för detta skulle vara att implementera en annan graf som blir aktuell vid passage utav datumgränsen. Grafen misstolkar också en seglats i 180° sydlig riktning. Varför detta sker är oklart och är för tillfället en brist i kalkylbladet.

Tidsberäkningarna har sina brister i att de är begränsade till villkoret att resan inte passerar både datumgränsen och nollmeridianen i samma rutt. Detta skulle resultera i felaktiga tids och datumvärden.

Microsoft Excel har sina brister och man skulle kunna sammanställa ett betydligt mer avancerat program om man använde sig utav andra programmeringsspråk men målet har varit att behålla projektet inom ramen som Microsoft Excel ger. Det ökar tillgängligheten och är ett väldigt bra program att utveckla sina kunskaper inom.

Det finns en mängd utvecklingsområden som skulle vara aktuella för ett navigationsverktyg likt detta. Några exempel på detta skulle vara; Avdrift, rörliga brytpunkter, sparande utav rutter, implementering utav ett stjärnidentifikationssystem med mera.

Ett kalkylblad kan ge regelbundna och tillförlitliga svar men det är då viktigt att programmet är väl utformat utav professionella inom yrkesbranschen och att programmet är testat i alla möjliga scenarion.

6. SLUTSATS

Projektet visar att det är möjligt att sammanställa ett datoriserat navigationsverktyg.

Programmet klarar i stor utsträckning av att räkna ut både elementära och mer avancerade ekvationer inom terrester navigation, sfärisk trigonometri och astronomisk navigation. Svaren som genereras är tillförlitliga så länge produkten används korrekt och att användaren är medveten om kalkylbladets begränsningar. Användning utav datoriserade kalkylprogram bör användas med en viss försiktighet. De bör i första hand användas som hjälpmedel och inte ersätta de kunskaper som användaren bör besitta.

REFERENSER

- Försvarets Läromedelscentral. (1986). *Navigation 1, Terrester navigation*. Värnamo: Försvarets läromedelscentral.
- Granlund, B. (1999). Nautisk Formelsamling. *Nautisk Formelsamling*.
- Jurdzinski, M. (2018). Changing the Model of Maritime. *TransNav*, 35-41.
doi:10.12716/1001.12.01.03
- Lenart, A. S. (2017). Orthodromes and Loxodromes in Marine Navigation. *Journal of Navigation*, 432-439.
- Microsoft. (u.d.). *Microsoft Office Support*. Hämtat från Microsoft Office:
<https://support.office.com/>
- Nationalencyklopedin. (u.d.). *Uppslagsverket*. Hämtat från Nationalencyklopedin:
<https://www.ne.se/ha.idm.oclc.org/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kvantitativ-metod>
- Pedersen, S. E., Gustavsen, J., Kaasa, S., & Olsen, O. (2007). *Teknisk formelsamling*. Gyldendal Undervisning.
- Royal Navy. (2004). *Astro Navigation, The Admiralty Manual of Navigation Volume 2*. London: The Nautical Institute.
- Smith, P. M. (2018). *Terrestrial Navigation, A Primer for Deck Officers and Officer of the Watch Exams*. Abingdon, Oxfordshire: Routledge.
- United Kingdom Hydrographic Office. (2016-2020). *NavPac and Compact Data*. Taunton: United Kingdom Hydrographic Office.

BILAGOR

Nautical Almanac, 2018						
	Januari		1 Februari		2 Mars	
Solen	h	dec	h	dec	h	dec
a0	11,95238	-23,0955	11,77749	-17,4534	11,78982	-8,0663
a1	-0,25324	2,3211	-0,07973	8,8895	0,09836	12,0754
a2	0,03474	3,962	0,11265	2,6623	0,07356	1,0083
a3	0,05332	-0,2438	0,00084	-0,644	-0,0234	-0,5886
a4	-0,01208	-0,1109	-0,00803	0,0034	0,00075	0,0066
summa	11,77512	-17,1731	11,80321	-6,5422	11,93309	4,4354
	Januari		1 Februari		2 Mars	
Venus	h	dec	h	dec	h	dec
a0	12,11155	-23,668	11,40346	-17,2348	11,01448	-4,7231
a1	-0,82759	0,9873	-0,5813	11,5675	-0,3389	16,1282
a2	0,01723	6,3335	0,18086	4,1604	0,07538	1,071
a3	0,11336	-0,2523	-0,01571	-1,1955	-0,07091	-1,039
a4	-0,02906	-0,27	-0,01414	0,0093	0,00501	-0,0126
summa	11,38549	-16,8695	10,97317	-2,6325	10,68566	11,3645
	Januari		1 Februari		2 Mars	
Mars	h	dec	h	dec	h	dec
a0	15,88271	-15,0373	16,62327	-20,0615	17,26574	-22,7347
a1	0,7321	-6,1486	0,74217	-4,1215	0,73749	-1,9665
a2	-0,03408	0,8677	-0,02274	1,1639	0,00825	1,2283
a3	0,00601	0,1512	0,01743	0,0974	0,0268	-0,0167
a4	-0,00029	-0,0221	-0,00204	-0,0398	-0,00333	-0,0453
summa	16,64645	-20,1891	17,35809	-22,5615	18,03495	-23,5349
	Januari		1 Februari		2 Mars	
Jupiter	h	dec	h	dec	h	dec
a0	15,66666	-15,8379	17,40972	-16,9715	19,11709	-17,4005
a1	1,73977	-1,4961	1,87013	-0,8243	2,03945	-0,1473
a2	0,04894	0,311	0,08229	0,3656	0,10491	0,3868
a3	0,01384	0,0316	0,01483	0,0267	0,00876	0,0191
a4	-0,00096	-0,0055	-0,0033	-0,0093	-0,0064	-0,0181
summa	17,46825	-16,9969	19,37367	-17,4128	21,26381	-17,16
	Januari		1 Februari		2 Mars	
Saturnus	h	dec	h	dec	h	dec
a0	12,54883	-22,5313	14,33639	-22,472	15,99542	-22,3626
a1	1,83195	0,0069	1,86534	0,1062	1,93163	0,131
a2	0,00585	0,0636	0,02746	0,0353	0,04439	-0,0077
a3	0,00832	-0,0061	0,00877	-0,0152	0,00768	-0,0194
a4	-0,00023	-0,0018	-0,00097	-0,0009	-0,00154	0,0017
summa	14,39472	-22,4687	16,23759	-22,3468	17,97818	-22,256

Bilaga 1. Utdrag ur tabellen som används vid beräkning utav GHA och deklination