

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för Sjökapten

STORCIRKELNAVIGERING

-Från gnomoniska kort till Excel och ECDIS

Benjamin Grote, Marcus Thorsell



36:2017

Datum för godkännande: 14.12.2017
Handledare: Bengt Malmberg

EXAMENSARBETE

Högskolan på Åland

Utbildningsprogram:	Sjökapten
Författare:	Benjamin Grote, Marcus Thorsell
Arbetets namn:	Storcirkelnavigering – från gnomoniska kort till Excel och ECDIS
Handledare:	Bengt Malmberg
Uppdragsgivare:	

Abstrakt

Syftet med detta arbete var att skapa en beräkningskalkyl som grundar sig på storcirkelnavigering, främst för att underlätta storcirkelberäkningar inom utbildningen för både lärare och studerande. Manuell beräkning av storcirkel kan vara tidskrävande och kräver stor noggrannhet. Programmet visar alla relevanta resultat som behövs inför en resa längs storcirkeln.

I detta arbete framställs även problematiken med att projicera jordklotet på ett plant sjökort vilket i sig leder till användande av storcirkel inom navigation.

Arbetet beskriver även med vilka hjälpmedel storcirkelnavigering utförs idag samt redogör för arbetsprocessen vid ruttplaneringen.

Vi valde Microsoft Excel som beräkningsprogram för storcirkelberäkningarna och intervjuade en person som jobbar på oceangående fartyg för att undersöka hur ruttplaneringen utförs praktiskt.

Vårt program visar korrekt svar för storcirkelberäkningar vilket är ett bra hjälpmedel för lärare och studerande. Det visade sig att man idag har tillförlitlig utrustning ombord som beräknar all data man behöver inför en ruttplanering längs storcirkeln.

Nyckelord (sökord)

Gnomoniskt sjökort, Excel kalkylblad, Mercator, sjökortsprojektioner, storcirkelnavigering

Högskolans serienummer:	ISSN:	Språk:	Sidantal:
36:2017	1458-1531	Svenska	27 sidor

Inlämningsdatum:	Presentationsdatum:	Datum för godkännande:
19.11.2017	01.12.2017	14.12.2017

DEGREE THESIS

Åland University of Applied Sciences

Study program:	Master mariner
Author:	Benjamin Grote, Marcus Thorsell
Title:	Great Circle Navigation – from Gnomonic Charts to Excel and ECDIS
Academic Supervisor:	Bengt Malmberg
Technical Supervisor:	

Abstract
<p>The purpose of this essay was to investigate whether it is possible to create a simple calculation program based on great circle navigation, primarily to facilitate great circle calculations in education for both teachers and students. Manual calculations of the great circle can be very complex and require great accuracy. The program shows all relevant results needed for a voyage along the great circle.</p> <p>In this essay, the problem of projecting the globe on a plane chart is also presented, which is the reason the use of great circle in navigation.</p> <p>This essay also describes the means of using great circle navigation today and explains the work process in voyage planning.</p> <p>We chose Microsoft Excel as a calculation program for the great circle calculations and interviewed a person working on an ocean-going vessel to investigate how voyage planning is performed practically.</p> <p>Our program shows correct answers for great circle calculations, which is a good tool for teachers and students. It turned out that there is reliable equipment on board, which calculates all the data needed for voyage planning along the great circle.</p>

Keywords
Chart projections, gnomonic chart, great circle navigation, mercator, spreadsheet

Serial number:	ISSN:	Language:	Number of pages:
36:2017	1458-1531	Swedish	27 pages

Handed in:	Date of presentation:	Approved on:
19.11.2017	01.12.2017	14.12.2017

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FIGURFÖRTECKNING	5
Definitioner och förkortningar	6
1. INLEDNING	7
1.1 Syfte och frågeställningar	7
1.2 Avgränsningar	8
2. BAKGRUND	9
2.1 Regler kring ruttplanering	9
2.2 Grunderna i sfärisk trigonometri på jordklotet	11
2.2.1 Tillämpade formler i kalkylbladet	11
2.2.1.1 Storcirkelns beräkningsformler	12
2.2.1.2 Loxodromens beräkningsformler	12
2.3 Olika projektioner	13
2.3.1 Mercators projektion	14
2.3.2 Gnomonisk projektion	15
2.4 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)	16
2.5 Autopilot	16
2.6 Storcirkelnavigering	16
3. METOD	19
3.2 Intervju	19
4. RESULTAT	20
4.1 Instruktion för storcirkelnavigering i kalkylblad	21
4.2 Praktisk utförande av storcirkelnavigation	22
5. DISKUSSION	24
KÄLLOR	26
BILAGOR	27

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1	Sfäriska grundtriangeln med frånseglad latitud, tillseglad latitud, frånseglad longitud, tillseglad longitud, frånseglingskurs och distans.....	11
Figur 2	Jämförelse mellan konform projektion (upptill) och areariktig (nedtill), bägge cylindriska.....	12
Figur 3	Mercators projektion.....	13
Figur 4	Skillnaden att köra storcirkel alternativt loxodrom över en ocean.....	15
Figur 5	Positionsinmatning.....	22
Figur 6	Resultatdel.....	22

Definitioner och förkortningar

DATUMLINJEN	Datumlinjen befinner sig där longituden övergår från 180°E till 180°W
GRAD, °	Latituderna och longituderna mäts i grader, °. En grad är 60 minuter (nautiska mil).
LATITUD	Latituden mäts från ekvatorn upp till 90°N samt ner till 90°S
LONGITUD	Longituden mäts utgående från nollmeridianen genom Greenwich mot väst eller öst till högst 180°
MERIDIAN	Meridianerna är linjer (storcirklar) som går mellan polerna
MERIDIONALDEL	Antal longitudsminuter i ett växande Mercatorkort mellan ekvatorn och en given latitudparallell
NAUTISK MIL, NM	1852 m
NOLLMERIDIAN	Nollmeridianen går genom Greenwich och används som referenspunkt för longituden
WGS-84	World Geodetic System 1984, ett gemensamt referenssystem som grundar sig på en matematisk modell av jordens form

1. INLEDNING

Vi har i detta examensarbete valt att göra delar av en formelsamling, som vi använt under åren digital. Idén till temat för vårt arbete uppstod under kursen Navigation 4 som vi läste under vårterminen i årskurs 4. Huvudtemat under kursen var beräkning av storcirkeldistanser och loxodromdistanser samt inseglingkurs i hamn och utseglingkurs ur hamn.

Det fordras långa och tidskrävande uträkningar för att beräkna en kurs. Uträkningarna är felkänsliga och ett litet fel i början av en manuell beräkning kan betyda stora skillnader i slutresultatet. Vi beslöt att utforma ett program som i princip är en digital version av en formelsamling. Vi har i det här skedet fokuserat på storcirkelnavigering. Programmet kommer att underlätta beräkningen av kurser och distanser, naturligtvis för oss studerande men även för lärare som snabbt kan ta fram svar på en uppgift utan att behöva utföra en längre manuell beräkning. Vi hoppas förstås att programmet kommer att användas i praktiken.

Vi har använt oss av flera olika metoder inom storcirkelnavigeringen. Metoderna har vi sammanställt i ett samlingsblad i programmet Microsoft Excel. Detta för att göra programmet så användarvänligt som möjligt.

Vi har även undersökt hur man utför storcirkelnavigering ombord på moderna fartyg idag; hur det går till rent praktiskt, vilka hjälpmedel man använder sig av samt hur en ruttplanering görs.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete är att ta fram ett program i Microsoft Excel som sköter grundberäkningar digitalt inom storcirkelnavigering. Programmet ger också grunduppgifter inom loxodromnavigering.

Frågorna vi har lagt som grund för detta examensarbete är:

1. Kan man utforma ett program som på ett smidigt sätt kan användas som beräkningsgrund inom storcirkelnavigering?
2. Hur utförs storcirkelnavigeringen idag?

1.2 Avgränsningar

Vi har begränsat programmet till grundberäkningar inom storcirkel- och loxodromnavigering.

I Excel kalkylbladet kommer resultaten visas för:

- Utseglingskurs för storcirkel
- Inseglingskurs för storcirkel
- Storcirkeldistans
- Loxodromkurs
- Loxodromdistans
- Storcirkeldistansvinst

2. BAKGRUND

I detta avsnitt kommer vi att beskriva grunderna inom storcirkelnavigering. Det vi har valt att lägga fokus på är regler för ruttplanering, sfärisk trigonometri, olika sjökortsprojektioner och storcirkelnavigering som helhet.

2.1 Regler kring ruttplanering

Ruttplanering inom sjöfarten är ett tidskrävande arbete, som är beroende av många parametrar. När man ruttplanerar bör man enligt finska trafiksäkerhetsverkets föreskrift om ruttplanering ta hänsyn till följande omständigheter (Lag om fartygspersonal och säkerhetsorganisation för fartyg (1687/2009, 23§ 3 mom.) (Trafiksäkerhetsverket Finland, 2011):

1. Fartygets utrustningsstandard
2. Fartygets manöveregenskaper
3. Fart
4. Fartygets last, i synnerhet farligt gods
5. Fartygets djupgående och trim i relation till vattendjupet under olika skeden av resan
6. Råden och rekommendationerna i handböckerna
7. Alla relevanta säkerhetsanordningar för sjöfarten längs rutten
8. Ruttsystemen
9. VTS-områdena och de obligatoriska rapporteringssystemen och -punkterna
10. Platserna till sjöss där lots möter och eventuella platser där byte av lots äger rum
11. Fartbegränsningarna
12. Eventuell annan trafik i farleden eller dess närhet
13. Navigationsvarningar
14. Strömmar och tidvatten
15. Uppgifter om väderleken och väderleksförhållandena under resan
16. Olika siktförhållanden
17. Isförhållanden
18. Linstyrda färjor samt broar, kanaler och slussar
19. Behov av extra vaktpersonal
20. Behov av bogserbåtsassistans
21. Andra lokala särkrav och -förhållanden

Vid ruttplanering längs storcirkeln tas särskild hänsyn till punkterna;

1. Fartygets utrustningsstandard
8. Ruttsystemen
6. Råden och rekommendationerna i handböckerna t.ex. Ocean passages OF the World
13. Navigationsvarningar
14. Strömmar och tidvatten
15. Uppgifter om väderleken och väderleksförhållandena under resan
17. Isförhållanden
21. Andra lokala särkrav och –förhållanden

Görs ruttplaneringen mellan två positioner över en lång sträcka och öppet hav använder man sig av storcirkelnavigation. Det innebär en rad uträkningar, med vilkas hjälp man får fram all nödvändig information, som t.ex. distans utseglingskurs, inseglingskurs samt punkter på vägen. (Ståhl, 1986)

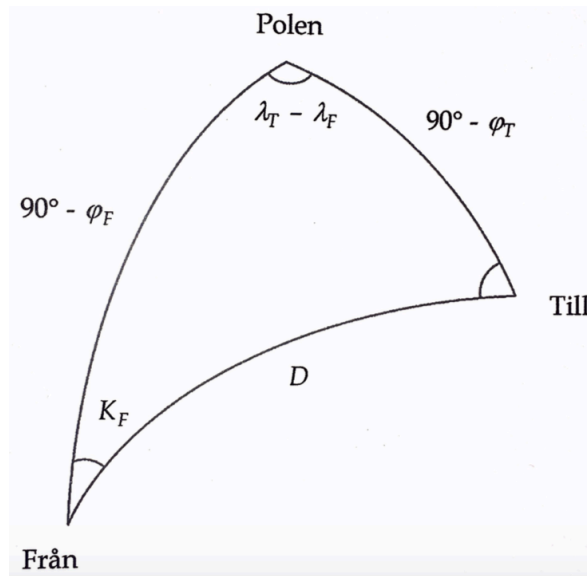
Vid storcirkelnavigation kan man använda ett s.k. gnomiskt sjökort. Detta skiljer sig från det sjökort som vanligtvis används, nämligen sjökort med Mercators projektion. På ett gnomoniskt sjökort avbildas latituder som koncentriska cirklar medan longituder avbildas som raka streck med jordens poler som medelpunkt. Mercators projektion innebär att meridianerna är avbildade som parallella linjer. En fördel är att en rak kurs visas som en rät linje på ett sjökort. På ett gnomoniskt sjökort drar man ett rakt streck från utgångsposition till ankomstposition. Med jämna mellanrum längs sträckan fastställer man latitud- och longitudkoordinaterna. Dessa koordinater överförs sedan till det vanligtvis använda sjökortet med Mercators projektion. (Ståhl, 1986)

Överför man ett rakt streck, draget på ett jordklot eller gnomoniskt sjökort, till ett sjökort med Mercators projektion kommer samma streck att bli böjt mot polerna. Vid korta distanser behövs inte storcirkelnavigering för ruttberäkning eftersom skillnaden i distans blir relativt liten. Vid längre distanser använder man sig av storcirkelnavigering vilket innebär långa uträkningar. (Ståhl, 1986)

Eftersom storcirkelnavigering inte är en del av en navigatörs dagliga rutiner kan det förknippas med viss ovana, vilket i sin tur kan vara en källa till fel eller åtminstone betyder tidskrävande beräkningar och kontroller.

2.2 Grunderna i sfärisk trigonometri på jordklotet

En rät linje på ett jordklot är kortaste sträckan mellan två punkter. Projiceras linjen till ett vanligt sjökort avbildas den som en båge böjd mot nord- alternativt sydpolen beroende på vilken sida av ekvatorn man befinner sig.



Figur 1. Sfäriska grundtriangeln med frånseglad latitud, tillseglad latitud, frånseglad longitud, tillseglad longitud, frånseglingskurs och distans. (Ekman, 2015)

För att kunna hantera denna linje skapar man en sfärsik triangel vars triangelben går till polen. Detta för att kunna räkna olika vinklar och sträckor på jordklotet. Alla sidor inom den sfäriska triangeln är storcirkelbågar. Alla storcirklar på en sfär har sin origo i sfärens origo. Cirklar som inte har sin origo i sfärens origo kallas för småcirklar.

Till skillnad från en vanlig triangel på en plan yta där vinkelsumman kan vara max 180° kan vinkelsumman i en sfärisk triangel ligga mellan $180-540^\circ$. (Nyberg, u.å.)

När man skall räkna ut egenskaperna på en linje i en sfär kan man använda sig av olika matematiska teorem. Dessa teorem kallas för cosinusteorem, sinusteorem och tangensteorem, beroende på vilken grundformel som används.

2.2.1 Tillämpade formler i kalkylbladet

För att kunna beräka kurser och distanser matematiskt använder man formler. Dessa är olika beroende på om man vill beräkna såsom loxodromen eller storcirkeln.

2.2.1.1 Storcirkelns beräkningsformler

Följande tre formler ligger till grund till vårt kalkylblad och dessa hittas i Navigation 1 av Ståhl (1986) samt i Nautisk formelsamling av Granlund (1999).

Uträkning av storcirkeldistans

$$\cos Dsc = \sin\varphi F * \sin\varphi T + \cos\varphi F * \cos\varphi T * \cos \Delta l$$

Uträkning av utseglingkurs

$$\tan KF = \frac{\sin \Delta l}{\tan \varphi T * \cos \varphi F - \sin \varphi F * \cos \Delta l}$$

Uträkning av inseglingkurs

$$\tan KT = \frac{\sin dl}{\tan \varphi T * \cos dl - \tan \varphi F * \cos \varphi T}$$

2.2.1.2 Loxodromens beräkningsformler

Följande formler har använts för loxodromberäkningar och dessa kan hittas i Navigation 1 av Ståhl (1986) samt i Nautisk formelsamling av Granlund (1999).

Uträkning av skillnaden i meridionaldelar

$$\Delta M = 7915,704468 * \log \tan(45 + \frac{\varphi}{2}) - 23,268932 * \sin\varphi - 0,052500 * \sin^3\varphi - 0,000213 * \sin^5\varphi$$

Meridionaldelar används för längre distansberäkningar i Mercators projektion.

För att få kurs och distans i loxodromberäkningar används plan trigonometri där följande formler har utbrutits

Uträkning av kurs (loxodrom)

$$\tan K = \frac{\Delta l}{\Delta M}$$

Uträkning av distans (loxodrom)

$$Dlox = \frac{\Delta\varphi}{\cos K}$$

Förklaringar till de olika grundbegreppen enligt Nautisk formelsamling av Granlund (1999):

D_{sc} = Storcirkeldistans

Δl = Delta longitud (Skillnad i longitud mellan två positioner)

φ_F = Frånseglad latitud

φ_T = Tillseglad latitud

λ_F = Frånseglad longitud

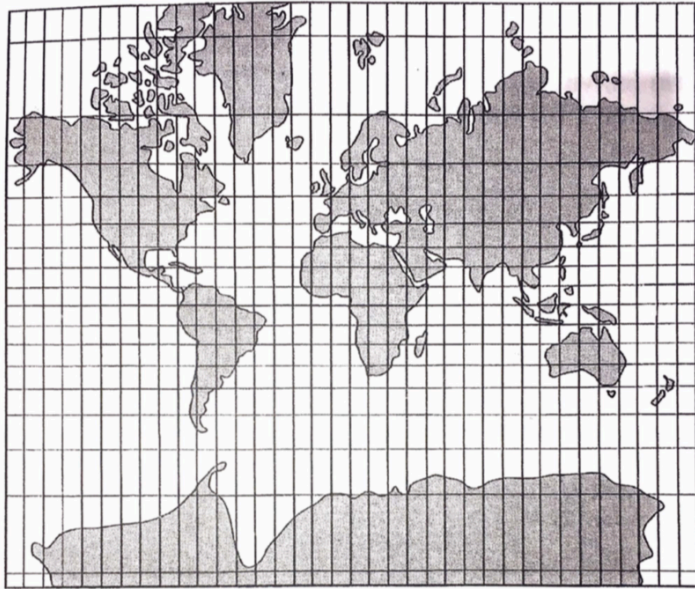
λ_T = Tillseglad longitud

D_{lox} = Loxodromdistans

ΔM = Skillnad i meridionaldelar

2.3 Olika projektioner

Eftersom jorden är klotformad ställs man inför problem när man skall avbilda jorden på ett plant sjökort. Det finns olika sorters projektioner som använder sig av olika tekniker. Oberoende vilken projektion man använder så stämmer inte sjökortet helt överens med verkligheten och alla projektioner har för- och nackdelar. När man försöker breda ut ett klot på en plan yta uppstår en deformation av kartbilden. Man kan välja vilken typ av deformation man kan acceptera och vilken man inte vill ha. (Ekman, 2015). Exempel på två deformationer kan ses i figur 2 här nedan.



Figur 2. Jämförelse mellan konform projektion (upptill) och areariktig projektion (nedtill), bägge cylindriska. (Ekman, 2015)

Det finns tre olika egenskaper som uppstår när man skall projicera jordytan på ett plant sjökort. Dessa är ytriktighet (ekvivalens) för exempel se 2.3.2 Gnomonisk projektion, vinkelriktighet (konformitet) (=Mercators projektion) och längdriktighet (ekvidistans). (Ekman, 2015)

Areariktig innebär att ytorna på t.ex. öar och andra föremål avbildas korrekt medan vinklar förändras. Det innebär att föremål inte har samma form på sjökortet som i verkligheten. Vinkelriktiga sjökort har fördelen att alla vinklar avbildas korrekt vilket innebär att föremålen på sjökortet behåller sin riktiga form. På

vinkelriktiga sjökort

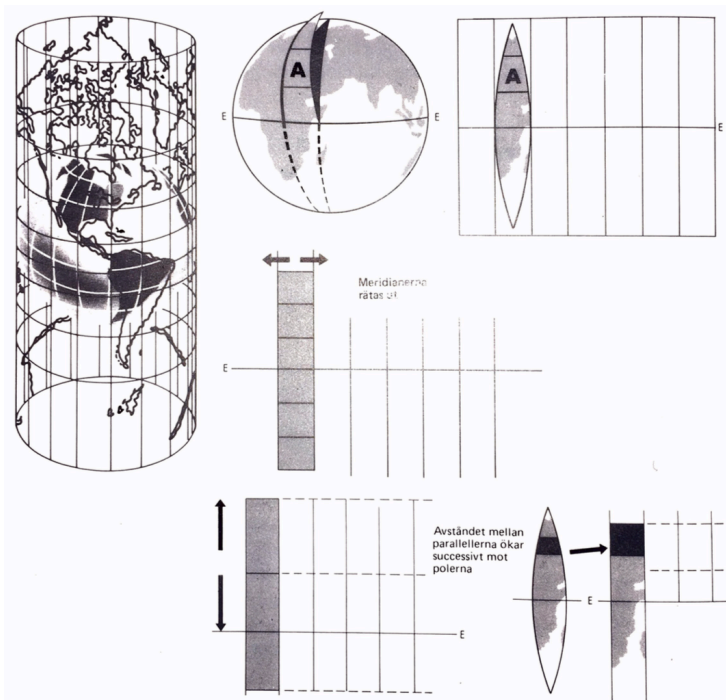
stämmer inte storleken överens med verkligheten. Detta bortser man ifrån på sjökort eftersom man väljer att ha samma utseende på föremål för att kunna känna igen objekt. En sådan projektion kallas för konform. Längdriktighet innebär att linjer på ett sjökort kan uppmätas korrekt, dvs. sträckor och distanser stämmer överens med verkligheten. (Ekman, 2015)

Alla egenskaper kan aldrig kombineras på ett sjökort men däremot kan de delvis kombineras och man bestämmer på förhand vilka egenskaper som är mest önskvärda. Inom sjöfarten används mest Mercators projektion, vilket är en konform projektion av jordklotet. Det finns dock andra projektioner som t.ex. gnomonisk projektion som har vissa fördelar när det gäller navigation. (Ståhl, 1986)

2.3.1 Mercators projektion

Mercators projektion är den mest använda och viktigaste projektionen för sjöfarten.

Denna projektion bygger på en cylindrisk projektion och är matematiskt beräknad så att den blir konform. (Ståhl, 1986). Exempel ses nedan i figur 3.



Figur 3. Mercators projektion. (Ståhl, 1986)

Projektionen har många önskvärda egenskaper för navigation. Man vill t.ex. att föremål som öar och kustlinjer skall se likadana ut på sjökort som i verkligheten.

Dessutom vill man att vinklar mellan närliggande föremål stämmer överens med verkligheten och att en konstant kurs visas som en rät linje på ett sjökort. Eftersom en konstant kurs skär meridianerna på jordklotet under samma vinkel måste meridianerna avbildas som

parallella linjer på sjökortet. Detta betyder att meridianerna rätas ut mot polerna vilket medför att avståndet mellan meridianerna minskar ju närmare polerna man befinner sig. (Ståhl, 1986)

2.3.2 Gnomonisk projektion

Man kan även mäta storcirkeln i specialkort som är gjorda i gnomonisk projektion.

Den gnomoniska projektionen bygger på att jordens yta projiceras direkt på ett plan. Denna projektion används väldigt lite inom sjöfarten, men har vissa fördelar när man skall använda sig av storcirklar. Detta är ett areariktigt sjökort. Drar man ett rakt streck på ett gnomoniskt sjökort är det direkt kortaste sträckan mellan två punkter (storcirkel) och är sanningsenlig. Överför man koordinaterna med jämna mellanrum på ett Mercatorkort blir det en båge som böjs mot polen. (Ståhl, 1986)

2.4 Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)

Ett elektroniskt sjökort (ECDIS) används i hög utsträckning av dagens handelsfartyg. Detta är ett hjälpmedel för navigatören som visar bl.a. position, fart och kurs. Detta presenteras visuellt på ett sjökort med hjälp av satellitpositionering som t.ex. GPS.

Med ECDIS kan en ruttplan utföras med option att välja mellan loxodrom och storcirkel, detta eftersom ECDIS systemen använder samma sjökortsbas (WGS-84) som papperssjökorten. (Sjöfartsverket, 2017)

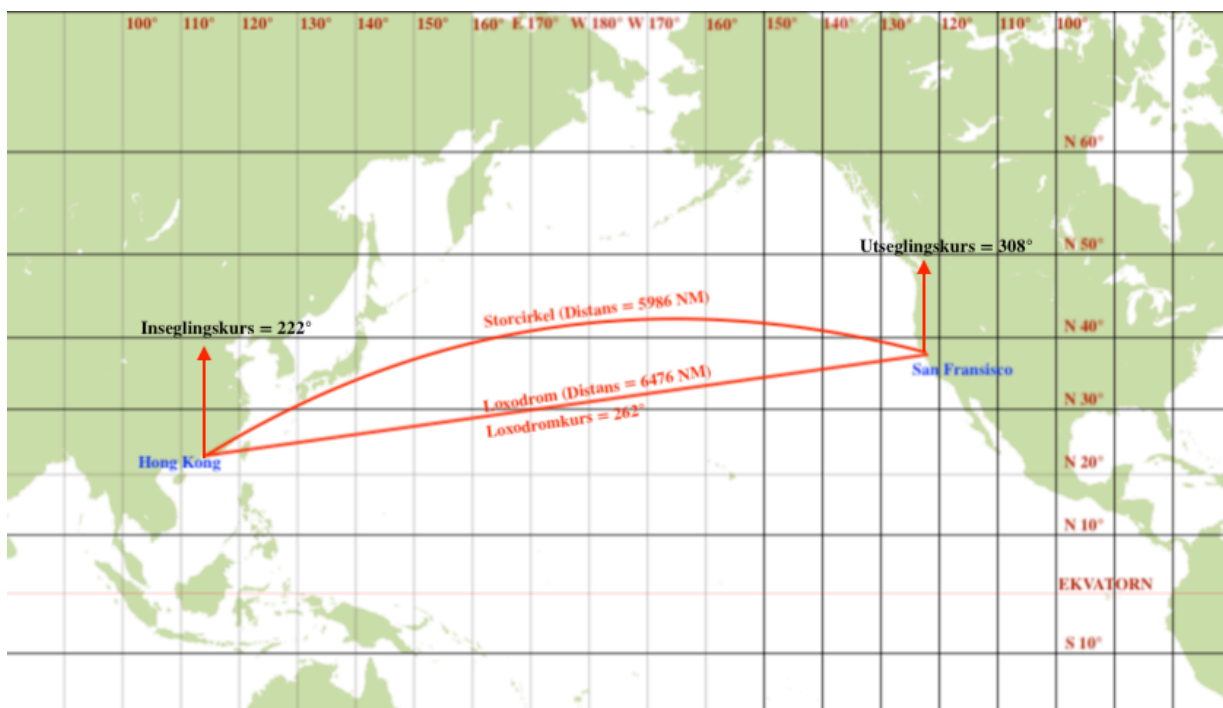
2.5 Autopilot

En autopilot är ett hjälpmedel ombord fartyg för att styra en konstant kurs som ställs in av navigatören. En autopilot hämtar data från andra navigationsinstrument och analyserar kursen. Sedan ger autopiloten korrektionsorder till rodet.

En autopilot har olika inställningar efter vilken den skall styra fartyget. Dessa tre kallas för 'Heading Mode', 'Course Mode' och 'Track Mode'. Vid Heading Mode följer autopiloten enbart en kurs som ställs in på förhand. När man använder 'Course Mode' korrigerar autopiloten för avdrift av ström och vind. Vid inställningen 'Track Mode' håller autopiloten fartyget på en rutt som man har lagt in på förhand med ECDIS. Man kan ställa in marginaler som autopiloten skall hålla sig innanför. När ett kursbyte närmar sig begär autopiloten ett godkännande av navigatören innan den ger order att gira. (Wallin, 2014)

2.6 Storcirkelnavigering

Vanligtvis använder man loxodromkursen inom sjöfarten. Detta p.g.a. att det är lättare att ruttplanera i sjökorten och att elektroniska sjökort baserar sig på Mercators projektion. Loxodrom betyder att kursen skär meridianerna under samma vinkel. Detta är dock inte verklighet om man drar ett rakt streck på en jordglob. (Ekman, 2015). I figur 4 ses en storcirkel och en loxodrom utdragna i ett Mercator-sjökort.



Figur 4. Skillnaden att köra storcirkel alternativt loxodrom över en ocean. (Bruce Jones Design, 2004-2017)

Drar man ett streck mellan två punkter i ett vanligt sjökort med Mercators projektion är detta inte kortaste distans. Söker man den kortaste vägen används storcirkeln som ger den kortaste distansen mellan två punkter. Ser vi på en jordglob är det ganska klart vilket som är kortaste distansen. Överför man nu koordinaterna till ett vanligt sjökort så är sträckan inte rak längre, den är böjd mot polen, dvs. norr om loxodromen på norra halvklotet och söder om loxodromen på södra halvklotet. (Ekman, 2015)

Drar man en rak linje på ett sjökort kallar man detta för loxodrom. Skillnaden i distansen mellan loxodromen och storcirkeln är liten på korta sträckor men behöver man tillryggalägga en längre sträcka (vanligtvis oceanpassage) så lönar det sig att använda storcirkeln p.g.a. besparing i både bränsle och tid. (Ekman, 2015)

Som ett exempel på detta har vi i vårt kalkylblad lagt in koordinater för San Fransisco och Hong Kong samt simulerat en resa mellan dessa städer. Vinsten i nautiska mil på resan mellan San Fransisco och Hong Kong blir 490. Ett fartyg som kör 15 knop sparar alltså 1 dygn 8 timmar på att köra storcirkel.

Använder man sig av storcirkeln, behöver man ändå ett vanligt sjökort för att navigera eftersom alla system är byggda på basen av Mercators sjökort (WGS-84). Eftersom kurslinjen då är böjd mot polen måste man ändra kurs efterhand för att följa denna. Detta gör man med hjälp av kordakurser, vilket innebär att man drar loxodromer på insidan av cirkelbågen.

3. METOD

I detta avsnitt kommer vi att beskriva valet av program samt hur vi har byggt upp en intervju för att få tillgång till praktisk erfarenhet av navigering med storcirkeln. Vi valde att utveckla ett kalkylblad för storcirkelnavigering med Microsoft Excel eftersom vi jobbat mycket med Excel under studietiden. Det är relativt enkelt att utföra beräkningar i Excel och presentera svaren på ett överskådligt sätt. De flesta datorer har tillgång till programmet Excel.

Som grund till Excelkalkylbladet använde vi den nautiska formelsamling som vi har använt oss av under hela vår utbildning. I denna hittar man alla formler samt instruktioner om hur man skall hantera vinklar inom en sfärisk triangel. Under tiden vi utvecklade programmet kontrollerade vi att vi fick korrekt resultat med hjälp av uppgifter inom storcirkelnavigering med facit som vi har fått under kursen Navigation 4.

På ett blad i dokumentet ser man vilka uträkningar och formler vi har använt för just den uträkningen. Det kan verka oöversiktligt vid första ögonkastet pga att formlerna innehåller ett antal olika värden som sätts in i celler som sedan används för beräkningarna. Detta måste göras eftersom Excel enbart räknar i radianer och inte i grader.

3.2 Intervju

Ingen av oss har varit ombord under en oceanpassage. Det intresserar oss mycket och under utvecklingen av programmet har frågor väckts. Vi undrade helt enkelt hur navigeringen går till i arbetslivet och när man använder storcirkelnavigering ombord på fartyg.

Vi bestämde oss för att göra en strukturerad intervju och valde att göra den via e-post med frågor som vi förbestämt. Vi var medvetna om de etiska principerna och beaktade dessa. Intervjun gjordes frivilligt och personen har rätt att vara anonym. Personen blev informerad om vad intervjun skulle användas till. Vi valde en person som arbetar ombord på ett oceangående fartyg och använder sig av storcirkelnavigation. Vi skickade 6 frågor angående storcirkelnavigering för att ta reda på hur ruttplanering över längre distanser ser ut idag. Frågorna finns i bilaga 1.

4. RESULTAT

I detta avsnitt redogör vi resultatet av vårt arbete. Vi redovisar hur kalkylbladet fungerar och vilka begränsningar det har. Vi förklarar även hur storcirkelnavigering används ombord på fartyg idag.

Det finns många olika funktioner i programmet Microsoft Excel som man kan använda sig av vid utveckling av ett kalkylblad. Eftersom Excel enbart räknar vinklar i radianer behöver man omvandla grader till radianer för att funktionen överhuvudtaget skall fungera. Omvandlingen sker med funktionerna:

- Radianer() vilket omvandlar grader till radianer och
- Grader() vilket omvandlar radianer tillbaka till grader.

Utvecklingen av vårt kalkylblad krävde mest de matematiska grundformler som ingår i trigonometri. Dessa är:

- Sinusfunktionen ”sin ()”
- Cosinusfunktionen ”cos ()”
- Tangensfunktionen ”tan ()”

samt deras inverterade funktioner

- Arcussinus ”arcsin ()”
- Arcuscosinus ”arccos ()”
- Arcustangens ”arctan ()”

Alla dessa funktioner finns förprogrammerade i Excel och kan användas enkelt genom inmatning i cellerna. Vissa beräkningar i Excel kräver att man enbart använder det positiva (absoluta) värdet av ett tal. För att omvandla talet till ett positivt tal kan man använda funktionen

- ”abs ()”.

För att beräkna loxodromen måste man först beräkna skillnaden i meridionaldelar. I denna formel ingår en logaritm. För att beräkna logaritm i Excel används funktionen

- LOG ()

Eftersom det finns villkor för formler om hur man skall hantera vissa vinklar i sfärisk trigonometri behöver resultatet ofta vara villkorsturt. Det är i princip ett logiskt test som kan ge två olika värden beroende på om villkoren stämmer eller inte. Detta görs med funktionen:

- Om(logisk test; värde_om_sant; värde_om_falskt)

Man kan även kombinera flera OM-satser i en cell för att styra flera villkor i en formel. Dessa funktioner är väldigt invecklade.

Programmet är ett bra hjälpmedel till ruttplanering av en storcirkelresa eftersom man inte behöver beräkna all grunddata för hand som tidigare. Loxodromberäkningarna finns med eftersom det är av intresse att jämföra dessa emot storcirkelberäkningarna.

Några begränsningar bör man dock ta i beaktande. Programmet beräknar storcirkeln baserad på positionerna man slår in i kalkylbladet. I verkligheten bör man kontrollera om det finns öppet vatten mellan dessa positioner och huruvida man vill följa vindar och strömmar på vissa ställen på världshaven. Vårt kalkylblad är ett matematiskt sätt att få ut data till storcirkelnavigation. Vill man använda sig av storcirkeln för att navigera mellan två positioner kan man använda sig av kalkylbladet.

Kalkylbladet är ett bra hjälpmedel för lärare som undervisar storcirkelnavigering. Med detta kalkylblad kan man enkelt och snabbt kontrollera sina uträkningar.

4.1 Instruktion för storcirkelnavigering i kalkylblad

Här följer en instruktion till hur man använder kalkylbladet som vi har utformat i Excel. Syftet är att både lärare, elever och intresserade enkelt skall kunna nyttja programmet vid behov. Programmet heter ”Storcirkelnavigering” och fungerar för både Windows och MAC.

1. Ladda ner och öppna ”Storcirkelnavigering”
2. I de ”blå” cellerna skall du föra in dina koordinater. Utgångspositionen till vänster och destinationens position till höger. OBS! Var noga med att fylla i N/S samt E/W för positionerna.

För in utgångspositionen			För in destinationens position		
	N/S Grad ° Min '			N/S Grad ° Min '	
ϕ UT/F	N	27 47	ϕ IN/T	S	33 51
λ UT/F	W	122 29	λ IN/T	E	151 22
	E/W			E/W	

Figur 5. Positionsinmatning

3. I rutan RESULTAT finner du svaren på dina beräkningar. Dessa celler är låsta. Vill du veta vilka formler som används eller hur kalkylbladet är uppbyggt, vänligen kontakta bladets skapare.

Resultat	
Storcirkel Kurs UT	237,95
Storcirkel Kurs IN	244,54
Storcirkeldistans (Dsc)	6128,43
Loxodrom Kurs	233,15
Loxodrom Distans	6166,88
Storcirkeldistansvinst	38,46

Figur 6. Resultatdel

4.2 Praktisk utförande av storcirkelnavigation

Det som nedan följer är ett resultat av en intervju vi har hållt med ett aktivt sjöbefäl på ett oceangående fartyg.

När man idag utför en ruttplanering ombord finns det faktorer som avgör om man bör köra längs storcirkeln eller loxodrom. Avståndet är den största faktorn vid bedömning av vilken metod som skall användas. Även andra faktorer som t.ex. förekommande av land, vilka hav man navigerar över, strömmar och väderförhållanden ingår i bedömningen.

Ruttplaneringen görs sedan av förste styrman tillsammans med befälhavaren. Nuförtiden utförs den ofta från början till slut med hjälp av ECDIS men även storskaliga översiktssjökort och ”seglingsbeskrivningar” kan vara till god hjälp. I regel använder man sig av storcirkelnavigering om avståndet mellan startposition och slutposition överskrider 300NM.

”Man kan säga att storcirkelnavigering används bara över större hav”

Som tidigare nämnt visas storcirkelns kurslinje som en båge på ett sjökort och är svårt att följa manuellt i praktiken. Då använder man istället loxodromkurser som är raka kurslinjer på storcirkelbågen. Man följer en kurslinje under en tid och sedan byter man till nästa loxodromkurs.

”Man kör oftast med Radius Control och tittar/följer samtidigt fartygets position och den planerade rutten på ECDIS skärmen”.

Det finns även avancerad navigationsutrustning som har möjlighet att följa en kurslinje automatiskt som är inprogrammerad i navigationssystemet.

”Andra alternativet är att sätta Track Mode, och då styr ECDIS fartyget enligt rutten hela tiden”

Vid inställningen Track Mode beräknar en dator kontinuerligt nya kursen beroende på fartygets position och ändrar kontinuerligt kursen enligt nya beräkningar.

5. DISKUSSION

Under arbetets gång har vi fått en god inblick i grunderna inom storcirkelnavigation och vilken betydelse detta har för oceangående fartyg. Vi har även efter vår intervju fått inblick hur navigation med storcirkel går till i praktiken. Det visade sig att man från början till slut använder sig av ECDIS vilket vi även hade teorier om.

Enligt respondenten används storcirkeln vid sträckor längre än 300 NM. När vi har beräknat distansskillnaden vid sträckor som är runt 300 NM blir skillnaden så liten att vi tycker att man inte skulle behöva använda storcirkeln. Sedan beror det på var man befinner sig. På högre latituder kan samma sträcka ha större distansskillnader på grund av projektionens utsträckning mot polerna. Vid teoretiska beräkningar använder man sig av kordakurser vilket är loxodromkurser som ligger på insidan av storcirkeln. Av respondentens svar kan man tolka att man ändrar kurs vartefter storcirkelkurser förändras i ECDIS. Detta betyder att rutten går längs utsidan av storcirkeln vilket betyder att den styrda kursen är tangenten av storcirkeln.

Vår första version som vi skapade var oöversiktlig för en ovan användare och man måste veta var man hittar rätt svar. Detta har vi ändrat i vårt nya program. Det nya programmet ger nu svar på en sammanfattningssida och alla uträkningar sker på en skild sida. Detta medför att man lätt kan hitta relevant fakta. Det gamla programmet hade brister i situationer som t.ex. passage över datumgränsen. Detta har vi ändrat så att programmet fungerar i alla tänkbara situationer och ger korrekt svar.

Allt eftersom vi har utvecklat vårt kalkylblad i Excel, har vi upptäckt att de första tankarna om programmets innehåll blivit allt för omfattande. De första planerarna var att presentera fler resultat inom storcirkelnavigeringen t.ex. kordakurser, ”waypoints”, ”vertexpunkt” etc. Det finns flera specialfall där formler ur formelsamlingen saknar villkor för korrekt beräkning.

Vi valde istället att utforma ett samlingsblad i Exceldokumentet för att göra det så lättförståeligt som möjligt. Detta eftersom kalkylbladet till största delen kommer att användas av lärare och studerande för att beräkna grundvärden inom storcirkelnavigation, som vanligtvis är långa och tidskrävande. Oceangående fartyg idag har i regel avancerad navigationsutrustning som beräknar detta (ECDIS).

Efter mycket arbete med att bearbeta formler i Excel fick vi till slut fram ett kalkylblad som fungerar felritt på alla övningsuppgifter vi har tillgång till. Eftersom vi har valt att sammanställa resultaten på ett samlingsblad är det både översiktligt och enkelt att använda. Det enda man som användare behöver göra är att föra in en utgångsposition och en slutposition. Sedan visas resultaten av beräkningarna direkt.

KÄLLOR

Bruce Jones Design. (2004-2017, 1 1). World mercator map 3 North america centered. *World projection and globes*. Norwood, USA: Bruce Jones Design Inc.

Ekman, M. (2015). *Var är vi och vart ska vi?* Mariehamn, Åland, Finland: Sjöfartsgeofysiska sällskapet.

Granlund, B. (1999). Nautisk Formelsamling. *Nautisk Formelsamling*. Mariehamn: Examensarbete, Högskolan på Åland.

Master educate. (2005, 1 1). *Storcirkel*. From <http://www.mastereducate.com/artiklar/terrester/Storcirkel.pdf>

Nyberg, K.-A. (u.å.). Nautisk Matematik. In K.-A. Nyberg, *Nautisk Matematik* (p. 38). Bonniers.

Sjöfartsverket. (2017, 10 11). *Sjöfartsverket ENC/ECDIS*. From <http://www.sjofartsverket.se/sv/Batliv/Sjokort/Elektroniska-sjokort/>

Ståhl, B. B. (1986). *Navigation 1. Terrester navigation*. Stockholm, Sverige: Marinen.

Trafiksäkerhetsverket Finland. (2011, September 26). *Ruttplanering på fartyg*. Retrieved 11 2, 2017 from Finlex.fi: http://www.finlex.fi/data/normit/37801/TRAFI_12134_03_04_01_00_2011_SE_Reittisuunnittelu.pdf

Wallin, B. (2014). *Navigation i teori och praktik*. Stockholm: Jure förlag AB.

BILAGOR

BILAGA 1. Frågor i intervju

1. När används storcirkelnavigering och vad avgör om det skall användas?
2. Vid vilken distans är det praktiskt möjligt att använda storcirkel?
3. Hur görs en ruttplanering?
4. Vem utför ruttplaneringen?
5. Hur följer man kursen i praktiken? Dvs. Hur ofta byts kurs?
6. Vilka instrument är inblandade vid planering av rutten?