



AKADEMIN FÖR TEKNIK OCH MILJÖ
Avdelningen för datavetenskap och samhällsbyggnad

Visualisering av referensstationsrörelser

En applikation för Swepos

Krister Sundlöf

2019

Examensarbete, Grundnivå (kandidatexamen), 15 hp
Datavetenskap
Dataingenjörsprogrammet

Handledare: Ann-Sofie Östberg
Examinator: Carina Pettersson

Förord

Rapporten redovisar examensarbetet på Dataingenjörsprogrammet på Högskolan i Gävle. Jag vill tacka min handledare på Swepos, Martin Sundlöf för bra stöd under arbetets gång och min handledare från skolan Ann-Sofie Östberg.

Sammanfattning

Lantmäteriet har ett referenssystem som heter Swepos med ca 400st referensstationer som täcker hela Sveriges yta. Detta system och stationer möjliggör mätning ner till millimeternivå beroende på mätteknik. Dessa stationer kan variera lite i kvalitet beroende på yttre påverkningar vilket kan leda till att stationernas position varierar och avviker från stationens egentliga position. Swepos användare har efterfrågat en möjlighet att se dessa avvikelser över tid.

Syftet med arbetet var att ta fram en webbapplikation till Swepos användare som ska visualisera rörelser av Swepos referensstationer över tid. Det här arbetet ska leda fram till och svara på frågeställningen hur stationsrörelser och avvikelser ska visualiseras för att undvika dåliga mätresultat?

Med ett agilt arbetssätt tillsammans med Swepos har en applikation utvecklats. Med hjälp av en litteraturstudie och omvärldsanalys som underlag för hur den här typen av data normalt visas och utifrån kundens krav som är Swepos har ett resultat uppnåtts i form av en fungerande applikation. Applikationen visar stationsrörelser över tid på ett både översiktligt och mer detaljerat sätt genom olika funktioner.

Det finns utvecklingspotential för applikationen och dessa finns presenterade i slutsatsen. Nästa steg för Swepos vore att ta in feedback från användarna för vidare utveckling.

Abstract

Lantmäteriet has a reference system called Swepos with approximately 400 reference stations covering the entire area of Sweden. This system and stations enable measurement down to millimeter level depending on the measurement technique. These stations may vary slightly in quality due to external influences, which may lead to the stations position varying and deviating from the station's actual position. Swepos users have requested an opportunity to see these deviations over time.

The purpose of the work was to develop a web application for Swepos users who will visualize movements of Swepos reference stations over time. This work should lead to and answer the question of how station movements and deviations should be visualized in order to avoid poor measurement results?

With an agile way of working together with Swepos, an application has been developed. With the help of a literature study and external analysis as a basis for how this type of data is normally displayed and based on the customer's requirements which is Swepos, a result has been achieved in a functioning application. The application shows stationary movements over time in both a general and more detailed manner through various functions.

There is development potential for the application and these are presented in the conclusion. The next step for Swepos would be to get feedback from users for further development.

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----|
| Förord..... | i |
| Sammanfattning | iii |
| Abstract..... | v |
| 1 Introduktion | 1 |
| 1.1 Global Navigation Satellite Systems | 1 |
| 1.2 Swepos | 1 |
| 1.2.1 Efterberäkning | 1 |
| 1.3 European Reference Frame Permanent GNSS Network | 2 |
| 1.4 Bakgrund..... | 2 |
| 1.5 Syfte..... | 2 |
| 1.6 Problemformulering | 3 |
| 1.7 Avgränsning | 3 |
| 2 Teori | 4 |
| 2.1 Litteraturstudie | 4 |
| 3 Metodbeskrivning..... | 7 |
| 3.1 Krav från kund | 7 |
| 4 Process och resultat..... | 8 |
| 4.1 Genomförande | 8 |
| 4.1.1 Första prototyp | 10 |
| 4.2 Resultat..... | 11 |
| 4.2.1 Applikationen | 11 |
| 5 Diskussion | 14 |
| 6 Slutsatser | 16 |
| Referenser..... | 17 |
| Bilaga A1..... | A1 |
| Bilaga A2..... | A2 |
| Bilaga A3..... | A3 |

1 Introduktion

1.1 Global Navigation Satellite Systems

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) är ett samlingsnamn för de satellitsystem som används för globala navigerings- och positioneringsändamål. GNSS omfattar amerikanska GPS, ryska GLONASS, europeiska Galileo-systemet samt det kinesiska COMPASS/BeiDou-2 [1].

GNSS-mätning sker genom avståndsmätning mellan GNSS-satelliter och GNSS-mottagare, mottagarna är de som tar in signalerna och bearbetar dessa för att få ut en exakt position med hjälp av korrektionsdata från stationerna. Mättekniken är passiv, det betyder att användaren tar emot signaler från satelliterna. Dessa GNSS-satelliter har för varje tidpunkt en position i ett globalt referenssystem. Användaren kan få ut en position i samma referenssystem genom att mäta avståndet till ett antal GNSS-satelliter. Om användaren även använder sig av t.ex Swepos som stödsystem för GNSS (i Sverige), kan då användaren bestämma sin position med en mycket hög precision. De flesta nya GNSS-mottagare som finns idag på marknaden kan ta emot och kombinera signaler från de tidigare nämnde satellitsystemen GPS, GLONASS, Galileo och BeiDou. Mottagarna kan vara avancerade produktionsutrustning för exakt mätning eller enklare mottagare som finns i smartphones [2].

1.2 Swepos

Lantmäteriet har ett nationellt nät med fasta referensstationer för GNSS (Global Navigation Satellite Systems) i Sverige som kallas för Swepos. Tjänsten levererar data från GNSS-satelliter för olika tillämpningar. Det innefattar positionsbestämning med centimeter- till meternoggrannhet i realtid för bland annat navigering och datainsamling för databaser med lägesbunden information, positionsbestämning med millimeter- till centimeternoggrannhet genom efterberäkning [2].

1.2.1 Efterberäkning

Efterberäkning fungerar på så sätt att användaren skickar in mätdata med FTP till Swepos beräkningstjänst, som sedan beräknar koordinaterna med data från omkringliggande Sweposstationer (referensstationer). Beroende på kvaliteten och längden på observationstiden för mätningen producerar beräkningstjänsten koordinater med millimeter- till centimeternoggrannhet [2].

1.3 European Reference Frame Permanent GNSS Network

European Reference Frame permanenta nätverk (EPN) är en frivillig union med över 100 självfinansierande organ, universitet och forskningsinstitut i 30 europeiska länder där också Lantmäteriet och Swepos ingår. De arbetar tillsammans för att upprätthålla det europeiska markbundna referenssystemet (ETRS89) som är det europeiska standardiserade samordnade referenssystemet som antagits av Europeiska kommissionen. ETRS89 realiseras under EUREF-paraplyet genom att offentligt tillhandahålla de exakta ETRS89-koordinaterna och GNSS-observationsdata för ett nätverk innehåller över 200 permanent fungerande GNSS-observationsstationer (referensstationer) fördelade på den europeiska kontinenten. Utöver sin nyckelroll i underhållet av ETRS89 används EPN-data också av vetenskapliga tillämpningar som övervakning av markdeformationer, havsnivå, rymdväder och numerisk väderprognos [3].

1.4 Bakgrund

Swepos är en del av Lantmäteriet som är de som hanterar bland annat Lantmäteriets referenssystem för GNSS i Sverige som också heter just Swepos. För mätning och positionsbestämning med decimeter- och centimeternoggrannhet krävs ett referenssystem. Det har under en tid funnits ett behov och önskan från Swepos kunder att få tillgång till tidsserier över referensstationernas kvalitet. Det är något som många andra motsvarigheter till Swepos i andra länder har att erbjuda till sina användare. Det här arbetet försöka att utveckla ett program som ska lösa detta på ett fördelaktigt sätt.

1.5 Syfte

Syftet med detta arbete har varit att ta fram en webbapplikation som kommer ge användarna möjlighet att se kvaliteten för referensstationerna hos Swepos och på så sätt välja station beroende på kvalitet istället för bara avstånd som idag. Applikationen har som syfte att visa en förändring av stationsrörelser över tid och kommer att vara till störst användning för efterberäkningstjänsten.

1.6 Problemformulering

Referensstationerna som idag är ca:400 st rör på sig på grund av yttre påverkan som rörelser i marken eller störningar av signalerna i luften kan göra att koordinaterna ändras i Swepostjänsten. Detta är en bidragande orsak till att mätningarna kan få varierande resultat. Det finns inget sätt idag som detta visas för användarna. Det leder till att när en användare ska välja omkringliggande referensstationer har de ingen möjlighet att välja endast bra presterande stationer, då de inte har någon möjlighet att se sådant data. Det betyder att eventuella störningar gör att koordinaterna för stationen blir inkorrekta vilket ger mätningen felaktigt korrektionsdata.

Utifrån det problemet som finns leder det fram till följande problemformulering:

Hur ska stationsrörelser och avvikelser visualiseras för att undvika dåliga mätresultat?

1.7 Avgränsning

Det här arbetet har som mål att utveckla en applikation som ska bli ett tillägg på Swepos hemsida, vilket deras användare kan dra nytta av. Arbetet kommer därför att fokusera på att ta fram slutprodukten genom att utifrån tidigare studier och teorier skapa en applikation optimerad för den här typen av data. Utvecklingen kommer att koncentrera sig på grafen med visualiseringen av stationsrörelserna, design och utseende på övriga delar kommer endast att inrikta sig på att vara lättanvända. För önskat utseende för användning på Swepos webb kommer det gå enkelt att utvecklas med html kunskap.

2 Teori

2.1 Litteraturstudie

Studien kommer att börja fokusera på hur data på bäst sätt visas för att upptäcka avvikelser över tid genom litteratursökning och omvärldsanalys inom området, i det här fallet för GNSS-stationer. Många branscher använder sig av tidsserier för att hitta avvikelser och vad som kontrolleras spelar ingen större roll så länge det finns ett basvärde att mäta mot. För att på ett korrekt sätt övervaka rörelser av referensstationerna krävs det en normalkurva som jämförelsereferens, vilket underlättar för de som inte vet hur ett normalfall ser ut. I Japan används en liknande metod för övervakning, men då används denna för att upptäcka eventuella jordbävningar genom att mäta förändringar på bestämda punkter och sedan jämföra dessa mot en baslinje [3].

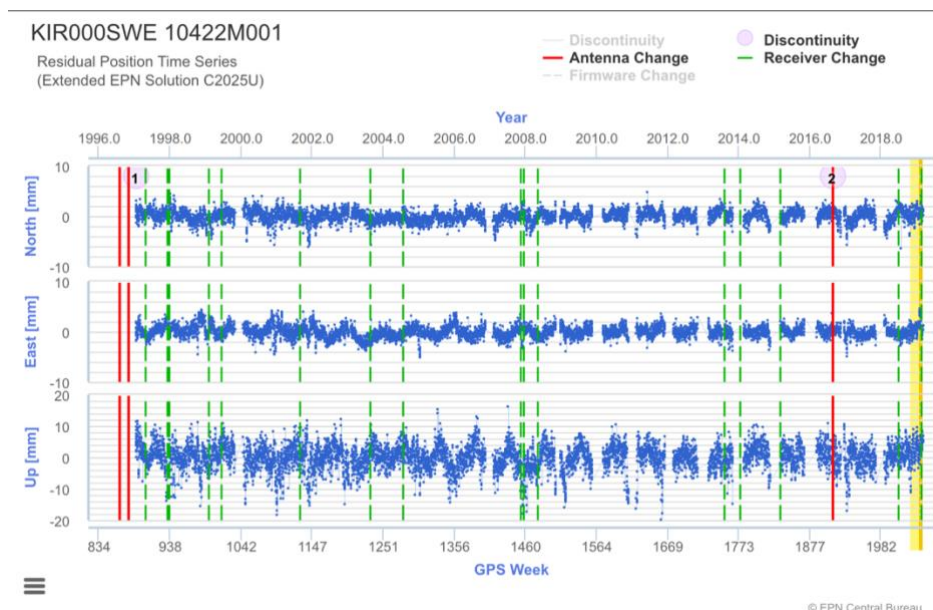
För att behandla all data och på ett bra sätt visualisera detta krävs det att en bra visualiseringsteknik används. Visualisering har som syfte att på olika sätt presentera och visa mätbara siffror. Det finns många olika sätt att göra detta på, vanliga exempel är diagram och tabeller som båda klarar av att visa och ge en uppfattning om innehållet. I grunden handlar oftast visualisering av data att ge en förståelse av innehållet vilket ska leda till enklare beslut för användarna av verktyget [4].

Flera olika sätt att representera data på och olika sätt är bäst lämpade för vissa typer av data. Huvuduppgiften för en visualisering är oftast att hantera ett stort dataset samt att tillhandahålla funktionalitet för att interaktivt utforska dem. För detta har olika metoder för visualisering av strukturer tagits fram, det finns hieratiska strategier och mer generella grafer [5]. Det finns en hel del olika applikationsbibliotek såsom JUNG, JGRAPH och CHARTJS [6] [7] [8]. För dessa ligger fokuset på att optimera mer generella statistiska och medelstora grafer än på interaktivitet eller tillhandahålla flera visningar på olika detaljnivåer [5].

Att välja rätt teknik kan vara svårt eftersom det har utvecklats många olika, men eftersom de har olika egenskaper går det att hitta de som är bäst lämpade för det data som ska visas. Valet av grafer är väldigt viktigt för att grafen ska vara till någon användning för användarna. Skulle det bli att valet av graf inte är genomtänkt kan det göra att hela applikationen blir oanvändbar då den inte ger användaren någon information den har någon nytta av. Det ska finnas ett syfte vid val av graf och färger, då graferna är skapade och bäst lämpade för att visa en viss typ av dataset och färgernas syfte är att göra grafen tydligare [9].

För att visa rörelser för koordinaterna i tre olika plan kräver det en visualisering för alla dessa tre plan. Det går att visa detta i 2D-grafer eller 3D-grafer. Som tidigare nämnt är valet av graf mycket viktigt för att all data ska visas på ett förståeligt sätt. För att visa data för koordinater är det i huvudsak så kallade "Time series" (tidsserier) som används och vid ämnen rörande GNSS går de under namnet GNSS position time series [10]. Tidsserier visualiseras ofta med hjälp av linjetyper där en enda linje eller kurva representerar progressionen eller ändringen av en datapunkt över tiden. Det går att använda sig av endimensionella koordinater eller parallella koordinater för att visualisera tidsserier [11]. Genom att använda sig av flera parallella koordinater gör det möjligt att lägga till ytterligare variabler till en tidsaxel för att visa hur de förändras över tid. För att visa förändringar för positionen av Swepos referensstationer är det variablerna Norr, Öst och Upp som kommer att visas. För att förtydliga grafen ytterligare och för att ge användarna fler möjligheter går det att lägga till fler variabler som kan vara förklarande händelser för stora avvikelser.

Det går att använda alla tre i en och samma tidsserie eller dela upp dessa i tre olika tidsserier. På EUREFs hemsida finns det ett verktyg för övervakning av stationsrörelser och händelser som har studerats [3]. Där går det att se att de använder sig av separata tidsserier för Norr, Öst och Upp, se Figur 1. Det kan göra att det lättare går att se om det skett förändring i någon riktning.



Figur 1. Tidsserie för en referensstation i Kiruna som är hämtad från EUREFs hemsida.

I figur 1 är det inte bara stationsrörelser som visar i tidsserien, det är även annan information som går att se. Till exempel går det att se när en antenn på stationen är bytt eller när en mottagare är bytt. En mottagare är den apparaten som tar in signalerna från satelliterna och lagrar dessa i Swepos datasystem. Det som påverkar en referensstation mest är då en antenn får nedsatt funktion och med hjälp av dess positionering jämfört med den egentliga positioneringen (baslinjen) kan detta upptäckas [12]. Ibland krävs det att antennen byts ut på dessa referensstationer och ett sådant byte kan också göra att positioneringen ändras och då måste en ny koordinatberäkning göras. Inom EPN är det oftast antennbyten som gör att det blir dessa skillnader och därför är det antennbyten som är viktigast att ta med i en visualisering [13]. För att göra detta visuellt för användare då något sådant byte sker eller har skett kan dessa läggas in som vertikala linjer i grafen, vilket som tidigare nämnt går att se i figur 1 (röda linjer).

3 Metodbeskrivning

Arbetet kommer främst att fokusera på produkten som ska tas fram utifrån krav från kund, litteraturstudie och omvärldsanalys hur visualisering lämpar sig bäst för den här typen av data. Arbetet startar med en litteraturstudie för att genom tidigare forskning, material och en omvärldsanalys komma fram till vilket sätt som lämpar sig bäst att visualisera allt data för användaren.

Senare under arbetets gång när produkten börjar färdigställas för användning kommer ett antal personer att testa produkten. Testet som kommer att ske är att en testperson som ska ut och mäta in en punkt någonstans ska använda sig av detta verktyg för att på så sätt välja vilken/vilka referensstationer denna vill ha med i sin efterberäkning. Resultatet kommer sedan att jämföras med samma mätning utan detta verktyg, genom detta kan det ge en förbättring om en referensstation vid denna tidpunkt inte kan ge bra kvalitet på sin data.

3.1 Krav från kund

Vid uppstarten av arbetat togs en kravbild fram från Swepos tillsammans med handledare. Huvudkravet är en applikation som ska kunna visa stationsrörelser över tid, som ska ligga som ett tillägg på deras hemsida. Det ska gå att välja vilken referensstation som ska visa sina rörelser som är lagrade i en databas hos Swepos. Det kan som beskrivet tidigare vara ett visst intervall som är av intresse och därför är ett krav att kunna filtrera på datum eller datumintervall. Ett önskemål är också att lägga in händelser i tidslinjen och då framförallt utrustningsbyten på stationen. Prioritet är antennbyten som har störst inverkan på stationens positionering. Inga andra krav har mottagits och det finns inga restriktioner i det här läget på utseende och storlek.

4 Process och resultat

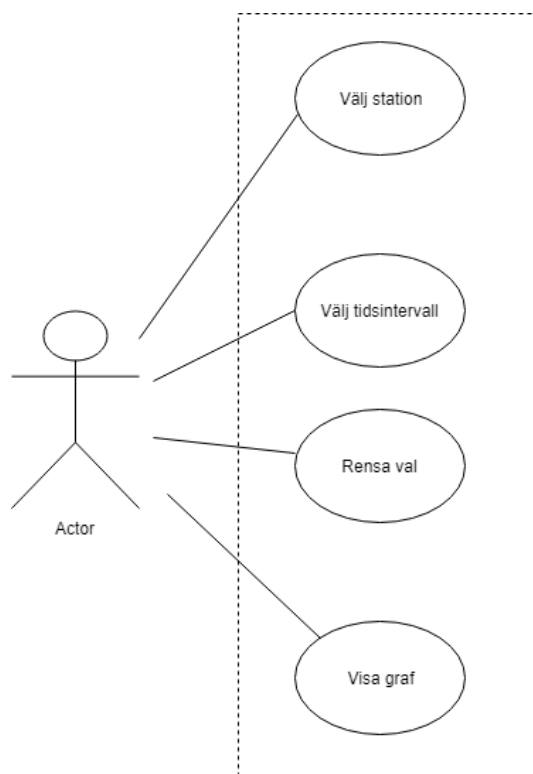
4.1 Genomförande

Arbetet började med en genomgång med min handledare från Swepos av hela deras system och vad som används i dagsläget. I dagsläget är det planer på att uppdatera webben som idag inte är uppdaterad på några år. Därför finns det just nu ingen exakt plats var den här applikationen kommer ligga på hemsidan, det kan bli att den till en början hamnar i ett eget fönster som öppnas vid ett klick. Tanken är att på den nya webben ska den ha en egen plats som går att förstora för den som vill det när den ska användas.

Efter genomgången mottogs en del material att använda för att skapa applikationen. Allt data som kommer att användas är idag sparade till filer, senare kommer applikationen att arbeta direkt mot SQL-databaser. För detta krävs det senare att sökvägar skrivs om i koden. Varje referensstation har exakta koordinater i Norr, Öst och Upp enligt Swepos koordinatsystem och stationen har en unik markering. Alla stationer lagrar hela tiden sin position till databasen, dessa värden ska sedan i applikationen jämföras med dess egentliga position. Detta ska ge en tidsserie med massa positioner runt 0 som är den egentliga positionen beroende på avvikelser. Dessa avvikelser behöver inte betyda att referensstationen rör på sig rent fysiskt utan det är störningar som kan gör att det skiljer lite i position. Enligt litteraturstudien och en omvärldsanalys för att visualisera denna typ av data är det GNSS position time series (tidsserier) som används. Det ger en tydlig bild av förändring i position över tid i alla tre plan. Kraven för applikationen blir då enkla, det ska gå att välja station, visa förändringar i position över tid och även välja tidsintervall för detta.

Utvecklingen startade med att sätta sig in i Visual studios och Asp.net som är ramverket för webbapplikationer. För att hitta ett bra verktyg att använda sig av för att bygga upp dessa tidsserier gjordes en genomgång på hemsidor och forum. Eftersom det redan finns många färdiga bibliotek för att skapa grafer kommer inget nytt att skapas utan ett tillgängligt bibliotek kommer att användas. Valet landade på Chart.js som är ett grafbibliotek för Javascript. Det är i Javascript som koden på klientsidan kommer att skrivas i och på serversidan är det C#. Verktygen för att länka samman dessa är Visual studio och ASP.net. Det är mycket användbart för att göra postbacks från klientsidan till serversidan. Anledningen till att utvecklingen kommer att ske i denna miljö är på grund av att hela Swepos system idag är uppbyggt i Visual studios. Det blir bara krångligt att byta till något annat då det kan kräva andra licenser och integrationen mellan olika komponenter kan förhindras.

Efter att kraven och tillgång av material från kund färdigställts började utvecklingsarbetet. Ett use-case diagram togs fram för att få en bild över hur applikationen ska användas och hur den ska integreras med serversidan.



Figur 2. Use-case diagram

Användaren ska som tidigare nämnt kunna välja referensstation efter markering och eventuellt välja tidsintervall. Sedan ska en graf visas i form av en tidsserie med punkter som visar stationsrörelser över tid jämfört mot en 0-punkt som är stationens riktiga position.

Det första som gjordes var att göra metoder för att hämta data till serversidan. Det som behövs är att ladda in alla markeringar för att kunna hämta rätt markering och dess koordinater. Sedan ska alla lagrade positioner laddas in från den valda markeringen. Den filen innehåller väldigt många olika koordinater som alla jämförs med den egentliga positionen och på så sätt hamnar den med en spridning runt 0-punkten när grafen senare ritas ut, se bilaga A1 och A2 för exempel på hur dessa filer kan se ut. Flera metoder skapades för att kunna filtrera på tidsintervall och för att rensa val av tid och station.

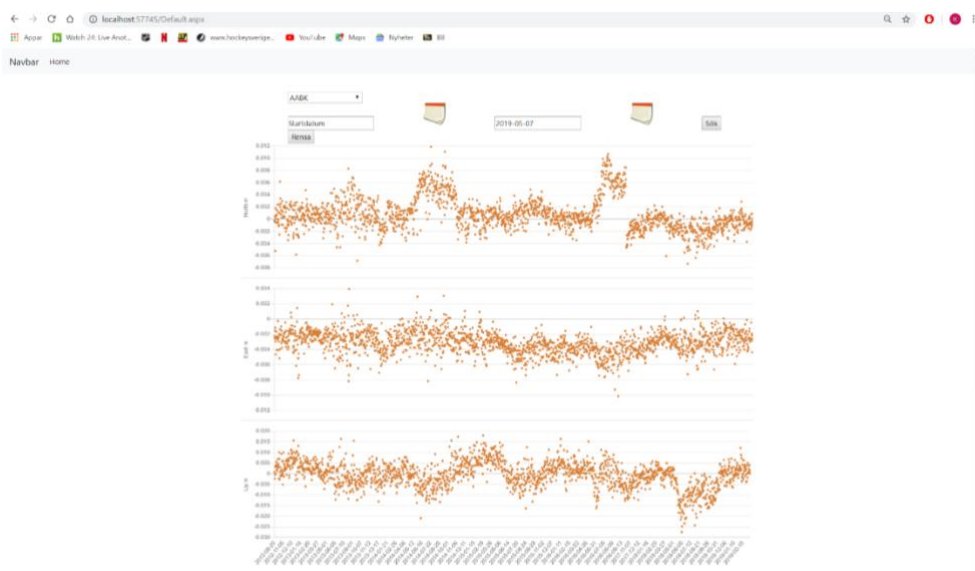
Sedan krävdes en konvertering av datumen som i databasen visas i decimalform, se bilaga A1 och A2. Dessa måste konverteras för att göra graferna lättare att förstå. I X-axeln kommer datum att presenteras och i Y-axeln kommer avvikelser från baslinjen att presenteras i enheten meter. Sedan ska det presenteras på ett bra sätt och designen blir viktig för att göra verktygen lätt och användbart, detta jobbades fram i samråd med personer från Swepos.

En önskan från början var att även kunna visa ytterligare en variabel, utrustningsbyten och det implementerades men endast för antennbyten. Alla antennbyten finns även de presenterade i en fil som innehåller markering och datum, se bilaga A3. Dessa konverterades precis som för tidigare för att hamna rätt i grafen.

Alla metoder och funktioner i koden är namnsatta för att vara lätta att förstå vad de gör och det ska senare underlätta vidare utveckling av programmet.

4.1.1 Första prototyp

Det upptäcktes tidigt att tidsserier är ett gemensamt sätt att visualisera denna typ av data på. Det gjorde valet enkelt för hur allt data i det här fallet skulle presenteras. Genom litteraturstudien upptäcktes det att presentationen av data kunde ha lite olika former. Det har gjorts både genom att separera Norr, Öst och Upp i olika grafer och genom att lägga ihop alla tre i samma graf för att visa avvikelserna i positionering mot baslinjen. Från början var det separerade grafer som valdes att använda enligt figur 3.



Figur 3. Första lösningen för webbapplikationen med markering AABK

4.2 Resultat

Arbetet har resulterat i en applikation utifrån kraven från kunden som är ställda. Syftet med arbetet var att ta fram ett verktyg till Swepos användare för att se kvaliteten på referensstationerna och detta ledde in på frågeställningen hur stationsrörelser och avvikelser ska visualiseras för att undvika dåliga mätresultat? Detta löstes genom litteratursökning och omvärldsanalys inom området för att hitta bäst lämpade sätt att utveckla en sådan applikation. Med arbetets resulterande applikation för webben kommer användarna att kunna se kvaliteten i form av tidsserier för önskad referensstation. Dessa tidsserier visas senare på ett sådant sätt som enligt litteraturstudien ska ge användarna tydlighet för kvaliteten på Swepos referensstationer vilket i sin tur ska kunna leda till att dåliga mätresultat kan undvikas.

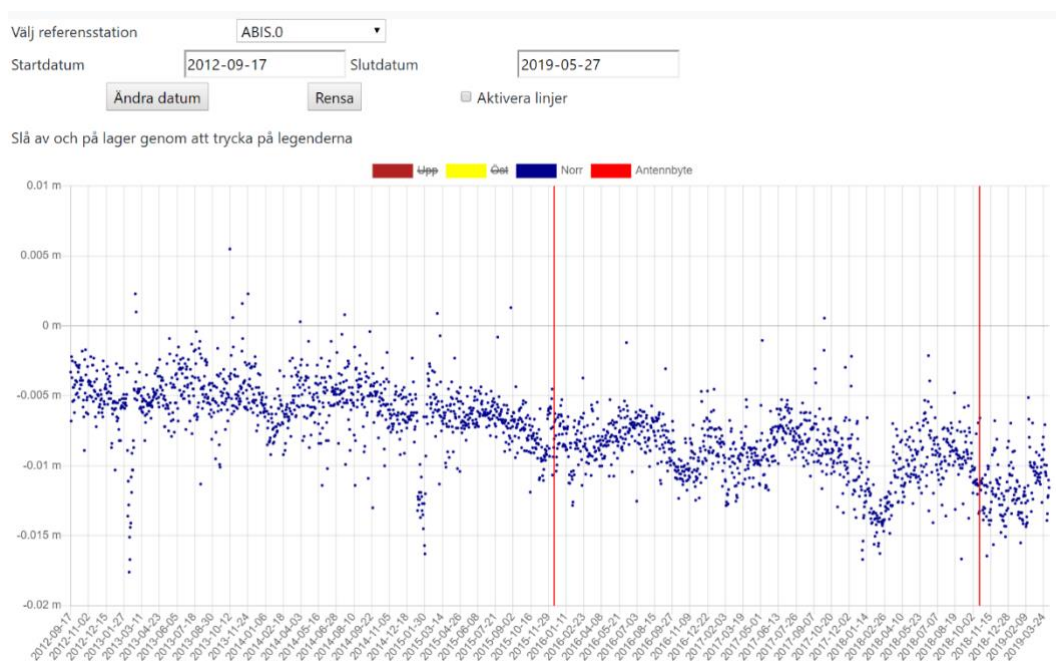
4.2.1 Applikationen

För att välja station har liknande lösningar inom samma område studerats och EUREF är en organisation som har en liknande lösning som går att se i figur 1. Där är alla markeringar inlagda i en dropdown-lista och en liknande lösning har tillämpats i den här applikationen. Den listan går att nå genom just en dropdown-lista. Där går det att scrolla sig fram till önskad markering. Det som händer när en markering är vald är att ett antal metoder körs på serversidan och skickar tillbaka ett dataset som då kommer att visas enligt Figur 4 nedan där markeringen ABIS.0 är vald.



Figur 4. Webbapplikationen med markering ABIS.0

För att förtydliga denna graf för endast ett lager går det att slå av och på punkterna för Norr, Öst och Upp, se figur 5.



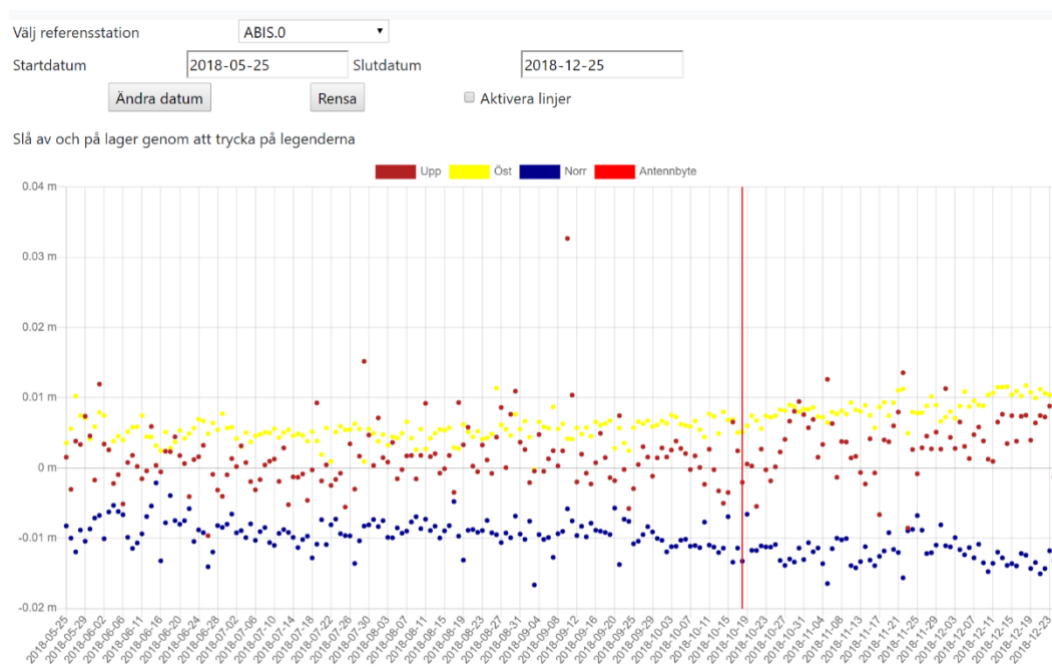
Figur 5. Endast ett lager tänt, Norr i det här fallet

En lång tidslinje gör det svårt att urskilja eventuella avvikelser av stationens positioner jämfört med dess baslinje för en kortare period. Med tanke på att det också var ett krav från kunden att filtrera på datum lades det till i form av två fält med start och slutdatum som alternativ. Valen kan antingen göras med manuell inmatning eller med hjälp av ett vanligt kalenderalternativ. En ytterligare funktion som lagt till för att förtydliga referensstationernas rörelser är att lägga till linjer mellan punkterna, vilket ger tydligare grafer över tid. Det är ett väldigt vanligt sätt att använda sig av när det gäller alla typer av tidsserier [14]. För den här lösningen finns funktionen att slå av och på denna linje eftersom precis som tidigare nämnts blir det väldigt plottrigt för längre tidslinjer och vid de tillfällena gör linjerna mer skada än nytta. För kortare tidsserier är det istället väldigt fördelaktigt med en linje som går att se i figur 5 och i figur 6 är samma tidsserie men utan linjen. Där går det tydligt att se fördelen med den inlagda linjen då det tydligare visar förändringen över tid.

Som tidigare nämnts kommer förmodligen inte den här lösningen att presenteras på den nuvarande webben utan den kommer istället att lanseras i samband med att den nya webben lanseras för Swepos. Utseendeförändringar kan då göras ytterligare för att smälta in snyggt i hemsidan.



Figur 6. Applikation med markering ABIS.0 med linjer på ett valt intervall



Figur 7. Applikation med ABIS.0 utan linjer på ett valt intervall

5 Diskussion

Samarbetet med Swepos och handledaren som assisterat under arbetet har fungerat mycket bra. Under hela arbetsgången har ett agilt arbetssätt används för att komma fram till en bra lösning som till slut uppfyller kundens krav.

Tack vare litteraturstudien gav det kunskap om hur den här sortens data vanligtvis visas och därför har det varit lättare att uppfylla kraven och förväntningarna på utseendet av visualiseringen. Det tog lång tid att komma fram till hur utseendet skulle se ut för applikationen. Från början var det en uppdelad graf med de tre olika planen var för sig. Det kändes som det skulle ge bra tydlighet i presentationen av data, men en nackdel var då att det tar upp väldigt mycket plats på en webbsida och det blir med en sådan nästan helt tvunget att ha den på en egen sida. Det går att se hur det skulle kunna se ut enligt figur 1.

En bit in i utvecklingen togs det fram en ny lösning där alla tre lager skulle presenteras i samma graf, se figur 3. Detta sätt valdes senare att frångå eftersom en uppdelad lösning tar mer plats och det går även att få nästan samma funktionalitet om de ligger i samma graf. Även på grund ut av att alla tre använder sig av samma axlar kändes det naturligt att lägga de i samma graf även om det kan ha varit en fördel att dela upp de för att se avvikelser var för sig, men detta löstes senare på annat sätt. För att istället urskilja punkterna ifrån varandra ändrades istället färgen. Det gör att det lätt går att urskilja de tre riktningarna från varandra och resultatet visar att det sker på ett tydligt sätt.

Efter utveckling av denna resulterade det som går att se i figur 4, 5 och 6 i en graf där ytterligare funktionalitet byggdes in för att förbättra applikationen. Dessa funktioner som beskrivs i resultatdelen där det går att slå av och på lager och att lägga till linjer för att förtydliga graferna ytterligare och ge användaren mer möjligheter att filtrera ut exakt det som söks. Det kan ses som en styrka hos applikationen eftersom det kan ge en större översikt och mer detaljerad vy för kortare intervall. Det går även att se vart i tidsserien byten av antenner har gjorts vilket visas med röda vertikala linjer som går att se ibland annat figur 6. Just på den bilden är det inte tydligt att det bidragit till någon större avvikelse. Det syns inte heller något avbrott i tidsserien men det beror på att det är dygnsfiler som läses in och för att se kortare avbrott hade det behövts kortare tidsintervall mellan filerna. Men som presenterat i resultatdelen förtydligar linjen förändringen över tid i tidsserien vilket var syftet med arbetet och det har leder även fram till ett bättre svar på frågeställningen, Hur ska stationsrörelser och avvikelser visualiseras för att undvika dåliga mätresultat?

För att på ett tydligt sätt visa avvikelserna visade det sig i litteraturstudien att en baslinje kan vara bra att använda för att förtydliga ett normalt stadium. Efter en del tester i hur funktionen kan se ut har det valts att inte ta med i den här applikationen. Anledningen till det är att det inte ger en tydligare bild för hur avvikelser. Eftersom det enligt graferna som används ofta är relativt tydligt ungefär vart i grafen som är en normal avvikelse från nollpunkten kan en sådan linje vara mer vilseledande än hjälpande. I och med att 0 punkten är väl synlig i grafen, som representerar baslinjen, behöver inte denna förtydligas ytterligare.

I litteraturstudien uppmärksammades det vertikala linjer för att visa eventuella utrustningsförändringar som kan ha påverkan på referensstationernas positionering. Dessa presenteras med röda respektive gröna vertikala linjer i grafen för att både se när dessa gjorts och om det bidragit till några större avvikelser i positioneringen för referensstationen. En sådan lösning har även lagts till i denna applikation och det är antennbyten som visualiseras i form av en röd linje, se exempel på det i figur 4 där två antennbyten är gjorda 2015-12-14 och 2018-10-19 för ABIS.0 som är markeringen för Abisko. Endast antennbyten har valts att ta med just nu eftersom det oftast har störst inverkan på positionen.

Möjligheten att slå av och på lager i grafen, ger samma tydlighet som om de är uppdelade. Skillnaden är att det då endast går att se en åt gången, jämfört med prototypen där det går att se alla samtidigt se figur 3.

I metodvalet från början var tanken att intervjuer skulle användas för att komma fram till ett bra sätt att presentera data. Det valdes alltså bort på grund av litteraturstudien och samarbetet med anställda på Swepos som provkört applikationen. Det visade att det inte var nödvändigt att lägga tid på, främst på grund ut av att anställda på Swepos med utbildning inom ämnet tyckte applikationen var bra och uppfyllde de krav som fanns på den.

Som för all programutveckling kan en produkt alltid utvecklas och förbättras senare när den blivit testad. När det gäller utseendet av applikationen kommer det att justeras senare för att passa in i den nya webben. Designen idag har endast syftet att innehålla önskade funktioner och det uppfyller den. Knappar, fält och placeringar kan som sagt enkelt justeras senare av någon med html-kunskaper.

I framtiden vore det intressant att höra från Swepos användare om de använder applikationen, hur de upplever den och den hjälpt till i deras mätningar.

6 Slutsatser

Resultatet för arbetet kan anses som lyckat eftersom det har besvarat frågan som låg till grund för hela arbetet:

- Hur ska stationsrörelser och avvikelser visualiseras för att undvika dåliga mätresultat?

Arbetet har genom en litteraturstudie gått igenom tidigare studier och lösningar för liknande problem hos andra inom samma bransch genom en omvärldsanalys. Genom detta och agilt arbetssätt med Swepos har det legat som underlag för det verktyg som tagits fram för webben. Personer som fått se resultaten från Swepos har varit positiva och anser att den kommer att vara användbar för användarna. Från början var tanken att göra tester med hjälp av mättingenjörer, detta valdes senare bort på grund ut av att det endast är professionella mättingenjörer som är målgruppen för denna applikation. I och med det och att resultatet grundar sig i litteraturstudien som tittat på andra liknande lösningar ansågs det tillsammans med Swepos att tester av applikationen inom Swepos räckte i det här fallet.

I figur 4, 5, 6 och 7 under Resultat går det att se resultatet av arbetet. Verktygen som utvecklats ger en god översikt för en referensstations förändring över tid och kan även genom att begränsa tidsintervallet få mer detaljerad vy. Det går även att släcka önskade lager och lägga dit en linje mellan punkterna för att förtydliga ytterligare för användarna och ge dem möjligheten att se precis vad de önskar.

För vidare utveckling innan den kan lanseras hos Swepos kräver det att sökvägar till filerna ändras om och går mot deras databaser istället för mot filer som används i det här fallet. Sedan finns det även utvecklingsmöjligheter när det gäller designen och utseendet för verktyget då det inte varit prioritet i det här arbetet mer än att den hade krav på sig att vara lätt att förstå och använda. Utöver vertikala linjer för antennbyten går det även att utveckla ytterligare för att lägga till information om mottagarbyten, i ett sådant fall går det att återanvända koden som redan finns för antennbyten.

Referenser

- [1] A. E. & L. J. Christina Lilje, "Introduktion till GNSS," Lanmäteriet, Gävle, 2007.
- [2] Lanmäteriet, "Swepos," 2019. [Online]. Available: https://swepos.lantmateriet.se/kurserochinfo/dokument/infoblad/om_swepos.pdf. [Använd 05 03 2019].
- [3] EUREF, "EUREF Permanent GNSS Network," EUREF, 2019. [Online]. Available: http://www.epncb.oma.be/_productsservices/timeseries/index.php?station=KIR000SWE&update. [Använd 01 03 2019].
- [4] S. Few, Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data, Sebastopol: O'Reilly, 2006.
- [5] H.-J. Schulz och H. Schumann, "Visualizing Graphs - A Generalized View," *Tenth International Conference on Information Visualisation*, 2006.
- [6] JUNG, "Java Universal Network/Graph Framework," Java Universal Network/Graph Framework, 2019. [Online]. Available: <http://jung.sourceforge.net/>. [Använd 10 03 2019].
- [7] JGRAPH, "Build interactive web diagramming apps," JGRAPH, 2019. [Online]. Available: <https://www.jgraph.com/>. [Använd 10 03 2019].
- [8] CHARTJS, "Open source HTML5 Charts for your website," CHARTJS, 2019. [Online]. Available: <https://www.chartjs.org/>. [Använd 10 03 2019].
- [9] S. Wexler, J. Shaffer och A. Cotgreave, The Big Book Of Dashboards – Visualizing Your Data Using Real-World Business Scenarios., New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2017.
- [10] K. Dmitrieva, P. Segall och A. Bradley, "Effects of linear trends on estimation of noise in GNSS position time-series," *Geophysical Journal International*, 2017.
- [11] J. Heinrich, "Visualization Techniques for Parallel Coordinates," University of Stuttgart, Stuttgart, 2013.
- [12] L. Wanninger, "Correction of apparent position shifts caused by GNSS antenna changes," *GPS Solutions, The Journal of Global Navigation Satellite Systems*, vol. 13, pp. 133-139, Mars 2009.
- [13] C. B. A. Kenyeres, "EPN coordinate time series monitoring for reference frame maintenance," *GPS Solutions, The Journal of Global Navigation Satellite Systems*, nr 8, December 2004.
- [14] P. J. Brockwell och R. A. Davis, Time Series: Theory and Methods, 2:a red., New York: Springer-Vlg, 1991, p. 20.
- [15] Y. H. T. Y. a. B. M. Atsushi Yamagiwa, "Real-time capability of GEONET system and its application to crust monitoring," *Bulletin of the Geographical Survey Institute*,, March 2006.

Bilaga A1

Data från en referensstation med ett fåtal positioneringar under 2013.

| <i>Date</i> | <i>North</i> | <i>East</i> | <i>Up</i> |
|------------------|--------------|-------------|-----------|
| 13.0013698630137 | 6719817.8774 | 623689.0472 | 75.3704 |
| 13.0041095890411 | 6719817.8761 | 623689.0460 | 75.3663 |
| 13.0068493150685 | 6719817.8761 | 623689.0469 | 75.3695 |
| 13.0095890410959 | 6719817.8755 | 623689.0478 | 75.3685 |
| 13.0123287671233 | 6719817.8756 | 623689.0468 | 75.3701 |
| 13.0150684931507 | 6719817.8742 | 623689.0466 | 75.3695 |
| 13.0178082191781 | 6719817.8744 | 623689.0467 | 75.3680 |
| 13.0205479452055 | 6719817.8755 | 623689.0472 | 75.3694 |
| 13.0232876712329 | 6719817.8757 | 623689.0474 | 75.3681 |
| 13.0260273972603 | 6719817.8755 | 623689.0466 | 75.3665 |
| 13.0287671232877 | 6719817.8743 | 623689.0470 | 75.3664 |
| 13.0315068493151 | 6719817.8744 | 623689.0464 | 75.3665 |
| 13.0342465753425 | 6719817.8751 | 623689.0461 | 75.3719 |
| 13.0369863013699 | 6719817.8753 | 623689.0463 | 75.3687 |
| 13.0397260273973 | 6719817.8768 | 623689.0461 | 75.3699 |
| 13.0424657534247 | 6719817.8747 | 623689.0467 | 75.3600 |
| 13.0452054794521 | 6719817.8745 | 623689.0475 | 75.3599 |
| 13.0479452054795 | 6719817.8742 | 623689.0471 | 75.3647 |
| 13.0506849315068 | 6719817.8741 | 623689.0481 | 75.3661 |
| 13.0534246575342 | 6719817.8748 | 623689.0483 | 75.3612 |
| 13.0561643835616 | 6719817.8750 | 623689.0476 | 75.3623 |

Bilaga A2

Ett antal utvalda referensstationer med tillhörande exakta koordinater.

| <i>Markering</i> | <i>North</i> | <i>East</i> | <i>Up</i> | |
|------------------|---------------|--------------|-----------|-----------|
| <i>LOFS.0</i> | 6890093.99790 | 410072.74105 | 860.84379 | <i>D</i> |
| <i>LONC</i> | 7402171.78000 | 520432.69636 | 528.28405 | <i>D</i> |
| <i>LOVO.0</i> | 6581085.10785 | 660901.39309 | 79.60267 | <i>SK</i> |
| <i>LOVO.6</i> | 6581095.15202 | 660901.23007 | 79.54423 | <i>D</i> |
| <i>LUGN.1</i> | 6500943.89654 | 424114.00304 | 95.82477 | <i>D</i> |
| <i>LULE.0</i> | 7289441.37153 | 832590.64201 | 47.53665 | <i>D</i> |
| <i>LUMS.0</i> | 6731101.34206 | 568265.04842 | 234.12138 | <i>D</i> |
| <i>LYCK.1</i> | 7171985.83636 | 675261.65488 | 259.46560 | <i>D</i> |
| <i>MALA.0</i> | 7234662.50279 | 675914.05694 | 359.40425 | <i>D</i> |
| <i>MALB.0</i> | 7464317.91710 | 746180.26551 | 526.53165 | <i>D</i> |
| <i>MALK.0</i> | 6556513.81330 | 598468.69500 | 89.34805 | <i>D</i> |
| <i>MALM.1</i> | 6163448.76715 | 375870.62917 | 82.27409 | <i>D</i> |
| <i>MALU.0</i> | 6728534.89277 | 430390.10300 | 349.04391 | <i>D</i> |
| <i>MARI.1</i> | 6571284.38526 | 626853.21332 | 37.96254 | <i>D</i> |
| <i>MART.6</i> | 6719817.87411 | 623689.04812 | 75.37294 | <i>SK</i> |
| <i>MART.7</i> | 6719807.82397 | 623684.91441 | 74.25902 | <i>D</i> |
| <i>MART.8</i> | 6719805.45055 | 623696.43959 | 74.75115 | <i>D</i> |
| <i>MATF.0</i> | 6916526.10239 | 602412.00576 | 115.57509 | <i>D</i> |
| <i>MEBC</i> | 7017076.11995 | 300757.37439 | 253.58951 | <i>D</i> |
| <i>MEDL.0</i> | 7191383.24237 | 769888.87568 | 112.86818 | <i>D</i> |

Bilaga A3

Ett antal antennbyten på några referensstationer

| <i>Markering</i> | <i>Datum</i> | <i>Dacimalår</i> |
|------------------|-------------------|------------------|
| <i>ABIS.0</i> | <i>2015-12-14</i> | <i>15.950684</i> |
| <i>ABIS.0</i> | <i>2018-10-19</i> | <i>18.797260</i> |
| <i>ABY_.0</i> | <i>2015-04-24</i> | <i>15.309589</i> |
| <i>AHUS.0</i> | <i>2000-09-05</i> | <i>0.677595</i> |
| <i>AKER.0</i> | <i>2010-08-25</i> | <i>10.646575</i> |
| <i>ALBA.0</i> | <i>2015-12-14</i> | <i>15.950684</i> |
| <i>ALFT.0</i> | <i>2005-11-15</i> | <i>5.871232</i> |
| <i>ALFT.0</i> | <i>2007-05-07</i> | <i>7.345205</i> |
| <i>ALFT.0</i> | <i>2009-10-12</i> | <i>9.778082</i> |
| <i>ALIN.0</i> | <i>2011-01-26</i> | <i>11.068493</i> |
| <i>ALMU.0</i> | <i>2002-01-15</i> | <i>2.038356</i> |
| <i>ALMU.0</i> | <i>2007-07-23</i> | <i>7.556164</i> |