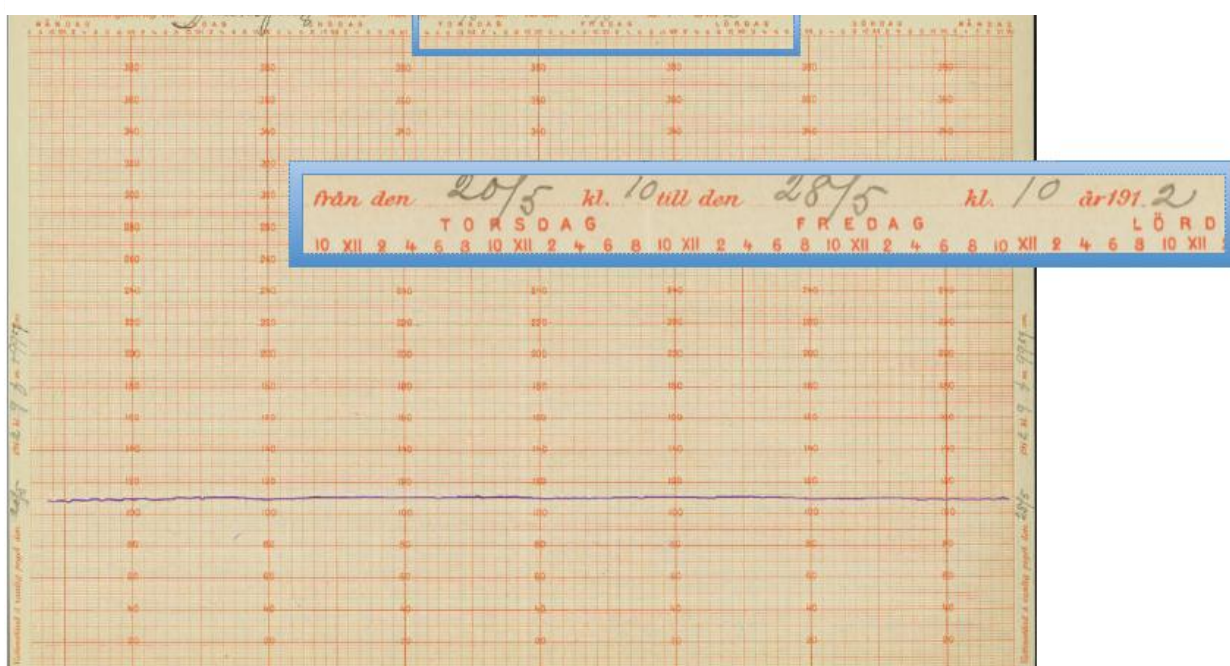


Nr 2: 2015

DIGITALISERING AV PEGELDIAGRAM AV VATTENSTÅND I VÄTTERN 1910



VÄTTERNFAKTA utgörs av en digital publikations-serie innehållande fakta som berör Vättern

 Vätternvårdsförbundet

FAKTA från Vätternvårdsförbundet

Fakta-serien från Vätternvårdsförbundet instiftades 2012 och utgörs av dokument med beröring till sjön som förtjänat att tillgängliggöras för en bredare krets. Ofta berör innehållet begränsad fråga. Faktaserien kompletterar därmed Rapportserien och ges endast ut digitalt.

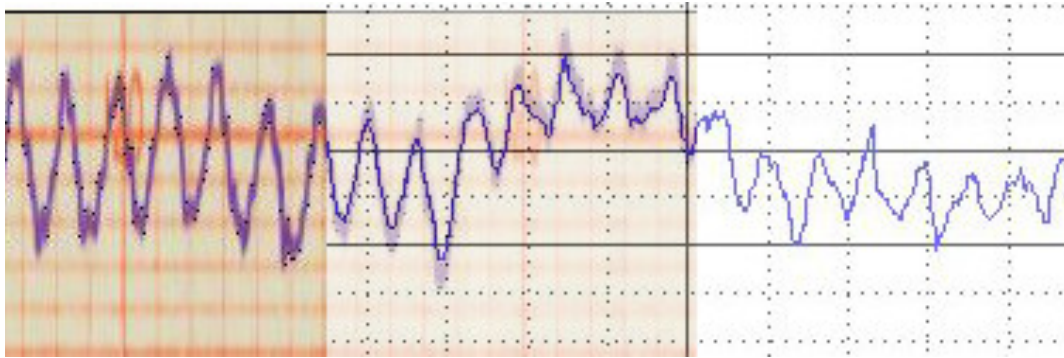
| | |
|---------------|--|
| Nr | 2:2015 |
| Framsida | Pegeldiagram. |
| Utgivare | Måns Lindell (red), mars 2015. |
| Kontaktperson | Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings län telefon 010-223 63 66, |
| E-post: | ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se |
| Webbplats | www.vattern.org |
| Författare | Josefina Almén, projektarbete Göteborgs Universitet 2014. |

©Vätternvårdsförbundet 2015

DIGITALISERING AV PEGELDIAGRAM

Av: Josefina Almén, Göteborgs universitet
gusalmenjo@student.gu.se
2014-07-04

Reviderad 2014-12-29



ABSTRACT

Den hydrologiska tjänsten i Sverige är över 100 år gammal. Då arbetet började inhämtades vattenståndsmätningar med hjälp av peger. Tekniken utvecklades så småningom till att innefatta självregistrerande peger. Denna rapport syftar till att utveckla en teknik som kan digitalisera diagram från självregistrerande peger och därmed bevara informationen i framtiden. 1912 års mätningar valdes ut ur SMHIs arkiv över vattenstånd i Vättern tagna från Jönköping för att digitaliseras. Några förekomster av oregelbundenhet, med avseende på bland annat dateringar av de analoga veckodiagrammen, kunde hittas men bedömdes hanterbara och i linje med att kunna användas för rapportens ändamål. Med hjälp av MATLAB har rutiner skapats i detta projekt för att avläsa kurvorna från 53 skannade veckodiagram på papper till digitaliserad data. Rutinerna var mycket framgångsrika i att återspegla informationen i pappersarken. En variansanalys utfördes även på den digitaliserade datan för att studera betydelsen av en 3-timmars fluktuation på vattenståndet. Slutsatsen är att betydelsen av perioder upp till 3 timmar under året 1912 kan skilja sig mycket från vecka till vecka. De kan bidra med ca 50 % av variansen i vattenståndet under en vecka i mars till så lite som ca 2 % i en vecka i juli.

Nyckelord: digitalisering; pegel; pixel; seiche; MATLAB; matrix laboratory; variansanalys

FÖRORD

Denna rapport är resultatet av projektkursen GVN075 Geovetenskapligt projektarbete med 7.5 högskolepoäng på Geovetenskapliga institutionen på Göteborgs universitet.

Jag vill tacka alla som bidragit till denna rapport. Stort tack till Måns Lindell och Vätternvårdsförbundet som finansierat resorna till Norrköping. Speciellt tack till de på SMHI Norrköping som hjälpte mig, däribland Gunnar Larsson och Peter Ragge som visade mig runt och gav feedback. Stort tack till min handledare Anders Stigebrandt som tog initiativet till projektet och som trodde starkt på mina förmågor.

| | |
|--|-----------|
| ABSTRACT | 2 |
| FÖRORD | 3 |
| 1 INLEDNING | 5 |
| 2 VÄTTERN | 6 |
| 2.1 Topografi..... | 6 |
| 2.2 Seicher..... | 6 |
| 3 OM SJÄLVREGISTRERANDE PEGLAR | 6 |
| 4 MATERIALET FRÅN JÖNKÖPING | 7 |
| 5 TIDIGA FÖRSÖK | 8 |
| 5.1 Signalhantering-Mörkaste pixeln | 8 |
| 5.2 Signalhantering-Kontrast | 9 |
| 6 DEN KONTINUERLIGA PROCESSEN, WORKFLOW | 9 |
| 6.1 Skanning | 9 |
| 6.2 Retuschering | 9 |
| 6.3 Överföring till MATLAB | 9 |
| 6.4 Roterung..... | 10 |
| 6.5 Digitaliseringsband..... | 10 |
| 6.6 Filtrering | 10 |
| 6.7 Digitalisering..... | 10 |
| 7 TVETYDIGHET I DEN ANALOGA DATAN | 11 |
| 7.1 Datum | 11 |
| 7.2 Korta kurvor | 11 |
| 7.3 Drift i signalen..... | 12 |
| 8 VARIANSANALYS | 12 |
| 9 RESULTAT OCH DISKUSSION | 13 |
| 9.1 Förbättring av digitaliseringstekniken..... | 15 |
| KÄLLOR | 16 |
| APPENDIX | 17 |

I INLEDNING

Den hydrologiska tjänsten i Sverige sköts idag av Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI. De tidigaste mätningarna på föregångaren Hydrografiska byrån togs av lokala arbetare med hjälp av manuell avläsning på pegel. Allt eftersom har tekniken uppdaterats till självregistrerande peglar som skriver ut mätningar på diagrampapper. Precis som med all teknik har informationen i dessa diagram en viss livslängd. Rapporten syftar till att utveckla en teknik för att digitalisera denna typ av diagram för att kunna bevara och använda informationen i framtiden. I MATLAB (Matrix laboratory) har befintliga och nya rutiner använts för att avläsa kurvor över vattenstånd från år 1912 och överföra informationen från skannade orginaldiagram till digitaliserad data. Huvuddelen av denna rapport beskriver hur detta arbete utvecklats och vilka principer som använts i programmeringen av rutinerna. Vattenståndets fluktuation visar den sammanlagda effekten av de faktorer som verkar på vattenytan. Faktorerna kan ha olika cykler eller perioder. En variansanalys utförs för att studera betydelsen av en 0-3 timmars period på vattenståndet.

2 VÄTTERN

2.1 Topografi

Vättern är Sveriges näst största sjö med en area på 1886 km². Dess maxdjup är 120 m, medan medeldjupet är 39,5 m. Dess totala volym är $73,5 \cdot 10^9$ m³, (SMHI Vattenwebb 2014). I Bergstens artikel (Bergsten, 1926) delas Vättern in i sektioner vinkelräta mot den longitudinella sträckningen av sjön. Den huvudsakliga bassängen sträcker sig 124 km från Jönköping i en nordostlig riktning mot Bastedalen och Askersund. Den bredaste sektionen av sjön är strax söder om Motala och 94,8 km från Jönköping. Där är Vättern 28,5 km bred (Bergsten, 1926). Vättern har ett utflöde till Motala ström och faller under huvudavrinningsområde 67 i Svenskt vattenarkivs (SVAR) databas över Sveriges sjöar. Vättern har många små tillflöden där de största är Forsviksån och Huskvarnaån (Lindell, 2009).

2.2 Seicher

Seicher, eller stående vågor, kan hittas i flera typer av vatten i allt från badkar till sjöar och fjordar. Likt de vågor man själv kan sätta igång i ett badkar som oscillerar regelbundet fram och tillbaka längs karetts längdaxel, kan även sjöars vattenyta oscillera periodiskt. Oscillationen kan uppkomma på grund av en rad olika faktorer så som seismiska störningar, vind, förändringar i atmosfäriskt tryck, interna vågor samt ut- och inflöden till systemet (Steele, 2001). Bergsten diskuterar vind som en sekundär påverkan på seicher i djupa sjöar och menar att variationer i det barometriska trycket orsakat av lokala förändringar i atmosfären skulle ha en större inverkan på dessa. Då Vättern har ett medeldjup på ca 40 m och en relativt stor yta, vilket gör sjön jämförelsevis grund, påpekar han vikten av vindens förmåga att ge en avvikelse i vattennivån. Bergsten menar att avvikelsen i förhållande till djupet kan vara betydande i just Vättern (Bergsten, 1926). I sin sammanfattning kommer Bergsten även där fram till att [...there seems to be no doubt that the energy necessary for the generation of the waves of the greatest magnitudes is produced, as a rule, by the tangential pressure of the wind against the surface of the Lake.] (1926, sid 63) Bergsten föreslår tidigare i sin artikel att perioden för den uninodala seichen är 180 minuter, vilken är den period som kommer bli undersökt senare i denna rapport.

3 OM SJÄLVREGISTRERANDE PEGLAR

Den självregistrerande pegeln, eller limnigrafen, består av ett skyddat hus som ofta sitter över en

brunn eller dylikt. En flytanordning står i förbindelse med en arm på en analog skrivare som registrerar vattenståndet på en roterande trumma med diagramblad (Fig. 1).

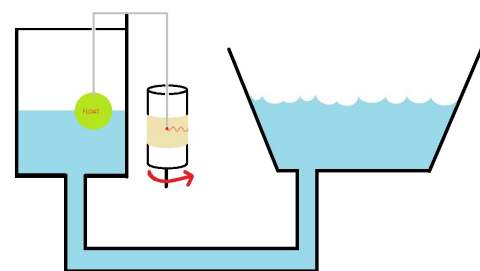


Fig. 1 Principskiss för självregistrerande pegel. Flötet känner endast av fluktuationer fria från slumpmässiga faktorer.

4 MATERIALET FRÅN JÖNKÖPING

I SMHIs arkiv från Jönköpings pegelmätningar fanns totalt 13 pärmar, varav en innehållande veckodiagram för åren 1910-1913. Arken var av storlek 325*216 mm (Gunnar Larsson, 2014). Där fanns även en pärm innehållande ark med månadsvis information om högsta och lägsta vattenstånd samt vattenstånd vid ett klockslag per dag för åren 1908-1957. Resterande 12 pärmar innehöll stora rullar (ca 30 cm höga) gällande åren 1913-1921. I stort sett innehöll varje pärm 13 rullar.

Den högsta tidsupplösningen kunde hittas på de stora rullarna (Fig. 2) där en sträcka på ca 3 cm representerade 60 minuter. Diagramytan på dessa rullar bestod av kurvan för vattenståndsmätningar med skala 1:1

(Bergsten, 1926) tillsammans med vad som verkar vara en horisontell referenslinje till synes registrerad av pegeln. Referenslinjen var streckad för hand med en timmas mellanrum. Rullarna var vidare inte tydligt datummärkta. Det kan dock utläsas från arkivförteckningen att ett års mätningar innefattas i två pärmar, alltså 26 rullar, vilket innebär att en rulle borde vara ca 10 meter lång och spänna över två veckor. Pappret på rullarna var tunt och skört varför vissa av rullarna var spruckna i kanterna.

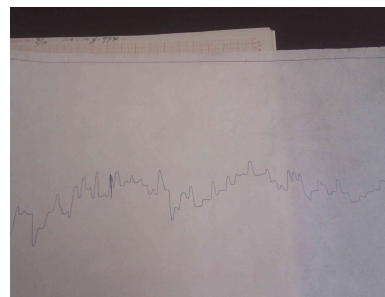


Fig. 2 Diagram på rulle

Materialet för åren 1910-1913 bestod av tjocka beigea ark där diagramytan bestod av en lila kurva för vattenstånd och något som verkar vara ett senare pålagt rutnät av rosa färg för tids- och höjdskala. De vertikala strecken låg 1 mm isär. Arken innehöll start- och slutvärden för vattenståndet på varje ark och även klockslag då mätningar startat och slutat. Med några undantag innehöll ett veckodiagram vattenståndsmätningar från en 7 dagarsperiod från måndag klockan 10.00 till nästkommande måndag klockan 10.00. Skalan var 1:20 (Bergsten, sid 3). Figur 3 visar ett exempel på ett veckodiagram.

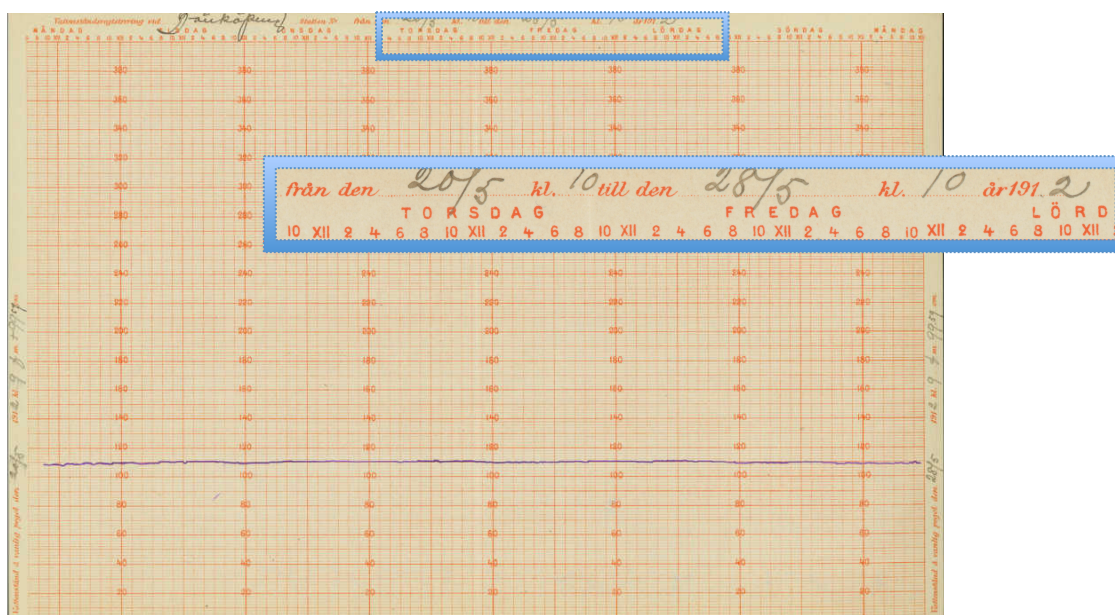


Fig. 3 Exempel på veckodiagram med för sent slutdatum. Antecknad tidsperiod är 20/5 klockan 10.00 till 28/5 klockan 10.00, medan mätningar sträcker sig över 7 dygn.

5 TIDIGA FÖRSÖK

De ursprungliga försöken till en digitaliseringsrutin gjordes på ett förhållandevis lågupplöst inskannat exemplar av ett veckodiagram. Vid ett besök på SMHI visade arkivarie Gunnar Larsson och hydrolog Peter Ragge upp SMHIs arkiv och deras avdelning för digitalisering där de löpande behandlar material av liknande form som veckodiagrammen. Möjligheterna undersöktes för att använda de högupplösta rullarna för digitalisering. Då tiden var begränsad och det var intressant att få in ytterligare diagram för att testa rutinen på lades fokus på att skanna veckodiagram. I slutet av besöket gjordes ytterligare några försök att skanna rullarna dels i SMHIs laserskannrar och dels i deras kopiator, då papprets tjocklek gav problem i ljussättning i laserskanner. En tydligare bild erhöles i kopiatorn, men vid försöket att läsa av diagramytan med det isländska digitaliseringsprogrammet Skur 3 var det tydligt att en teknik för att få graferna läsbara i det programmet skulle i detta tidsperspektiv ta alltför lång tid at utveckla. Programmeringsmässigt kan man betrakta en färg i en bild som resultatet av värden i tre kanaler. Den första, andra och tredje kanalen innehåller värden för de tre grundfärgerna röd, grön respektive blå där värdena i varje kanal kan spänna mellan värdena 0 och 256. Har alla tre kanalerna värdet noll blir pixeln svart, har alla kanaler värdet 256 är pixeln vit.

5.1 Signalhantering-Mörkaste pixeln

För att ta reda på vilken typ av signal vattenståndskurvan skulle ge ifrån sig utfördes en rad experiment. I det tidiga skedet av projektet bestod experimenten av att plotta värdena för varje färgkanal i en kolumn av bilden. På detta sätt visualiserades hur signalen från kurvan såg ut i de tre kanalerna. Figur 4 visar resultatet av ett sådant experiment. De element av kolumnen som linjen går igenom ger lägre värden i alla kanaler. Det är dock tydligt från figur 4 att den blå och den gröna kanalen även ger ifrån sig låga värden i övrigt i bilden. Den pixel som gav ifrån sig det lägsta värdet, d.v.s. den

mörkaste pixeln, valdes ut att representera linjens position. Pixelns position i bilden (pixelhöjd) gjordes om till vattenstånd med hjälp av koefficienten *mpp* (meters per pixel) (se ekv (1)) som beskrivs närmare i avsnitt 6.7 Digitalisering. På så sätt erhöles tre vektorer innehållande var sin representation av linjen beroende på färg. Problem uppstod då det rosa rutnät som låg över kurvan hade mörka pixlar samtidigt som den lila linjen var svag. Då registrerades rutnätet i stället för linjen och felvärden uppstod. Det togs fram en rutin som kunde hantera ställen i vektorn där enstaka extremvärden ersattes med ett interpolerat värde. Då felvärdena tenderade att komma i grupper fanns behov av att göra en mer generell metod för att eliminera dessa grupper av felvärden. Det fanns även en variation för vilken pixel som var mörkast inom linjen vilken gav upphov till högfrekventa svängningar inom linjens tjocklek. Tidigt i projektet märktes en fördel med att endast ägna sig åt den röda kanalen då den verkar

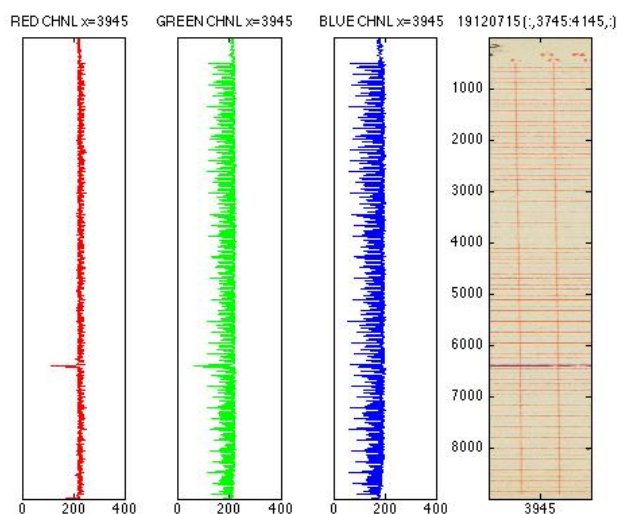


Fig. 4 Signal från linjen i en kolumn av ett veckodiagram. X-axel anger elementens värde i respektive kanal.

ge relativt jämna utslag i bilden förutom på kurvan, vilket är en fördel i sökandet av just kurvan.

5.2 Signalhantering-Kontrast

Ett smidigt verktyg inom bildhantering är att använda gaussian eller median blur för att minska avvikelsen mellan kanalvärden inom ett område och därmed reducera enstaka pixlars extrema värden i förhållande till närliggande pixlar (Laplacian/Laplacian of Gaussian, 2014). Genom att skapa ett predefinerat 2D filter med hjälp av MATLABs rutin `fspecial` kunde brus från rutnätet och variation inom linjen minskas. Eftersom gaussian blur och median blur bevarar kontraster ganska bra föddes idén med att hitta konturerna av linjen i stället för den mörkaste pixeln inom digitaliseringsbandet. På detta sätt kunde pixeln mellan övre och undre konturen väljas ut och variationen i pixelhöjd från en kolumn till en annan minskades drastiskt. Rutinen som skapades hittade den starkast negativa (övre konturen av linjen) och starkast positiva (nedre konturen av linjen) gradienten i vektorn som innehöll elementens värden i varje kolumn av bilden. Sedan valdes punkten mellan dessa två element som pixelhöjd.

6 DEN KONTINUERLIGA PROCESSEN, WORKFLOW

6.1 Skanning

Trots att den bästa tidsupplösningen kunde hittas på diagramrullarna var dessa av dålig kvalité och hade en otydlig datummärkning, något som kunde förhindra en smidig bearbetning av bilderna och bokföringen av mätningar. Veckodiagrammen gällande perioden 15 januari 1912 till 20 januari 1913 valdes ut för att göras digitala. De skannades in i SMHI Norrköpings lokaler med en Microtek 1000XL ScanMaker. Notis om start- och slutvärde på vattenståndet och start- och slutdatum togs i en csv-fil. Då det upptäcktes att tidsperioden på vissa ark mellan start- och slutdatumet visade sig vara 24 timmar längre än vad diagrammet faktiskt visade (fig. 3) fick ytterligare information om hur lång tidsperiod som markerades av linjen skrivas upp i csv-filen. Vid inskanning hölls diagrambladen på plats med hjälp av en plastmatta. Upplösningen på bilderna var 13527×8990 pixlar vilket motsvarar ca 1 057,2 pixlar per tum eller 416,2 pixlar per cm.

6.2 Retuschering

Alla bilder öppnades i bildhanteringsprogrammet GIMP (GNU Image Manipulating Program). Det största behovet av retuschering fanns där kurvan korsats av blyertsanteckningar. Där användes Color Picker Tool för att efterlikna bakgrundsfärg och editera ut strecken. Därefter valdes linjens färg med samma verktyg för att fylla i den delen av linjen som färgats grå av blyerts. Vid försöken att hitta en mörkaste pixel behjälptes problemet som en svag linje i kombination med ett mörkt rutnät innebar genom att i GIMP även fylla i dessa sektioner av linjen. Trots att behovet av detta minskade då gaussian blur filtret lagts på och linjen hittats baserat på kontrast fick de ifyllda linjerna förbli ifyllda. Bilderna exporterades sedan som jpeg-filer.

6.3 Överföring till MATLAB

Bilderna laddades in i MATLABs "workspace" som matriser där varje element har tre kanaler. Indexeringen i bilden är för vissa konstraintuitivt. Då bilden A måste betraktas som en

matris ges inte indexeringen i ett (x,y) format utan snarare som $A(m,n,z)$ vilket leder till att de värden man får genom t.ex MATLABs befintliga rutin `ginput` på bilden måste kastas om; y-värdet är raden och x-värdet är kolumnen i bilden. Följaktligen anges alltså den översta raden i bilden A som $A(1,:)$.

6.4 Rotering

Trots en gedigen noggrannhet vid inskanning lyckades några av bilderna hamna snett och fick därför roteras med MATLABs befintliga rutin `imrotate(A,angle,method,bbox)` där `angle` anger hur många grader bilden A roteras och `method` anger vilken interpoleringsmetod som används i roteringen. Bildens slutgiltiga storlek bestäms av `bbox`. Metoden valdes till `bilinear` och `bbox` till `crop` (beskär) vilken bevarar bildens storlek för att förhindra olikstora bilder.

6.5 Digitaliseringsband

För att eliminera en stor del av felvärdena som uppkom från rutnätet begränsades området av bilden som skulle utsättas för digitalisering. Detta gjordes med hjälp av MATLABs rutin `ginput`. Utdatan blev en vektor med två element; övre och undre gräns, med andra ord, de rader som programmet skall leta efter linjen på. Samma funktion användes för att bestämma två vertikala gränser som motsvarar start-och slutvärdena, det vill säga, vilka kolumner som motsvarar klockslaget för start och-slutskede av mätningarna. Det område av bilden, begränsat av de vertikala och horisontella gränserna inom vilka digitaliseringen sker, kallas för digitaliseringsband. Gränserna lades till csv-filen tillsammans med informationen om start - och stoppvärden.

6.6 Filtrering

Den filteringsmetod som i försöken gav minst felvärden var gaussian blur. Ett prov på vad gaussian blur gör för avläsningen kan betraktas i figur A i appendix. För filtreringen byggdes en egen funktion $[Ag]=\text{gimage}(A,hsiz,sigma)$ i vilken användaren kan välja bild A och storlek `hsiz` och styrka `sigma` på filtret. Därefter skapar funktionen ett gaussian blur filter med hjälp av MATLABs funktion `fspecial` och detta appliceras sedan på bilden A. Alla bilder fick ett filter som hade storlek 20 och `sigma` 6.

6.7 Digitalisering

Information om starttid, sluttid, startvärde, slutvärde och horisontell och vertikal begränsning av avläsning, lades i en csv-fil med en rad för varje bild. En första digitalisering genomfördes med rutinen `Digit6` som anropade rutinen `findpix7` som gick igenom bilden av grafen, en kolumn i taget och hittade linjens mittenpixel i vald kolumn och dess förhållande till den första pixeln. Därefter räknades skillnaden om till vattenstånd med skalningsfaktorn *mpp*. Den togs fram enligt:

$$mpp = \frac{h_{pa}}{h_{pix}} * s \quad (1)$$

Där h_{pa} är papprets höjd, h_{pix} är pixelhöjden på pappret och *s* är originaldiagrammets skalningsfaktor. `Digit6` tillät användaren att granska den digitaliserade kurvan tillsammans med digitaliseringsbandet. Trots filtrering, rad -och kolumnbegränsning och kontrastteknik kunde en del felvärden fortfarande uppkomma om programmet hittat högre kontraster mellan rutnätet och bakgrunden. Detta hände oftast vid en svag linje i kombination med ett starkt rutnät. Om extremvärden kunde hittas fanns ett val för användaren att ange ett intervall av kolumner som skulle interpoleras i stället. Totalt kunde 20 intervall hittas fördelat på 13

veckodiagram. Dessa intervall som var ca 20 pixlar breda sparades i csv-filen och interpoleras automatiskt i nästkommande digitaliseringar med programmet Digit7. Samlingen information i csv-filen som vuxit under arbetets gång gör det möjligt för användaren att ha en överblick på bilderna och dess egenskaper samt att på ett smidigt sätt göra ändringar och felsökningar. BigDigit3 står för koordinationen av digitalisering. Den anropar rutinen Digit7 som i sin tur anropar findpix8 som gör själva letandet efter linjen i varje kolumn av bilden. Därefter anropas changeMnl som automatiskt tar hand om problemintervallen. Digit7 sparar digitaliseringsbandet, tidsvektorn, en vektor innehållande de pixlar som hittas av programmet och vattenståndsvektorn i en separat mat-fil men skickar även vektorerna till BigDigit3 som sammanfogar alla veckors vattenstånd och tidsvektorer. Detta för att få en bild av vattenståndet över året (se Appendix Figur 2).

7 TVETYDIGHET I DEN ANALOGA DATAN

Då tvetydighet i datan har upptäckts och kunskapen om vad som get upphov till detta är mycket begränsad krävdes en princip för åtgärder. I den mån som är möjligt har principen varit att det som är antecknat i bladen är sant och den digitaliserade datan ska reflektera vad som står i bladen.

7.1 Datum

6 av de 53 ark som valdes ut för denna studie visade sig ha felaktigt antecknat slutdatum (se fig 3) d.v.s. mätningarna varar från en måndag till nästkommande måndag enligt tidsskalan, medan det antecknade slutdatumet i diagrammets rubrik infaller på en tisdag. Det är uteslutande slutdatumet som är satt en dag för sent. Orsaken till detta är oklart men det påverkar endast en vecka i taget. I detta fall lades till i att linjens utbredning på tidsskalan stämmer och därför fick den sista datapunkten från det bladet ett nytt slutdatum i digitaliseringen som stämmer över ens med veckodagen. Nästkommande vecka är rätt daterad och gäller från föregående veckas antecknade slutdatum till nästkommande måndag, vilket innebär att diagrambladet efter ett feldaterat blad endast visar 6 dagar från en tisdag till en måndag. En sammanställning av diagrammen och dess antecknade och antagna start -och slutdatum finns i tabell 1 i appendix.

7.2 Korta kurvor

Det fanns även ett fåtal bilder som liknar exemplet i figur 5, vars start -och slutdatum var korrekt, men vars linje inte nått fram till sista vertikala gridlinjen. En teori om orsaken till detta lilla glapp på ca 30 minuter i datan är att bladet tagits från trummans i ett för tidigt skede. En möjlighet är att trummans rotation varit beroende av ett mekaniskt maskineri, kanske en snurra som vevats upp och som sedan kunnat lämnas. I så fall är det rimligt att hastigheten kunnat sjunka aningen i en linjär form under registreringens gång. Då skulle vattenståndet för hela perioden faktiskt varit registrerat med den befintliga linjen, men den förmodade perioden på vattenytans svängningar är något förkortad. Den befintliga linjen användes oförändrad och start och sluttid sattes enligt diagrammens anteckningar.

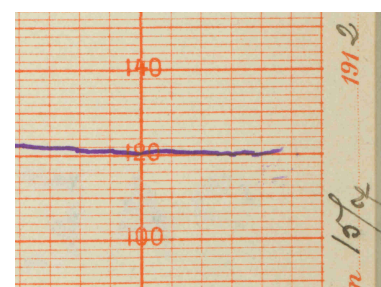


Fig. 5 Diagram med kort kurva

7.3 Drift i signalen

Det problem som varit svårast att handskas med har varit en förmodad drift i den analoga registreringen. Fenomenet är uppenbart i diagram där det antecknade slutvärdet är högre än det antecknade startvärdet samtidigt som linjen under veckans gång vandrat till en lägre position än vad den startade på (fig. 6). Utan att kunna inspektera den självregistrerande pegeln är det omöjligt att veta hur driften uppkommit, men det finns i alla fall två möjligheter. Antingen kommer driften från pegelns tendens att dra åt ett håll, i vilket fall borde driften rimligtvis gå åt samma håll på alla papper.

Detta är inte vad som verkar ha hänt. Det finns både diagram där linjen slutat högre trots att dess antecknade slutvärde varit lägre och vice versa. Det finns en annan möjlighet; att pappret har kunnat hamna snett i monteringen på trumman. I så fall skulle det förklara varför det inte finns ett tydligt mönster i att linjen drivit åt ett och samma håll. För att undvika dessa hack i datan beräknades skillnaden mellan det digitala slutvärdet d.v.s. programmets slutvärde, och det antecknade slutvärdet på alla diagram. Denna skillnad lades på vattenståndsvektorn linjärt från starten. Korrektionen för driften gick alltså från 0 i veckans början till hela skillnaden i slutet av veckan.

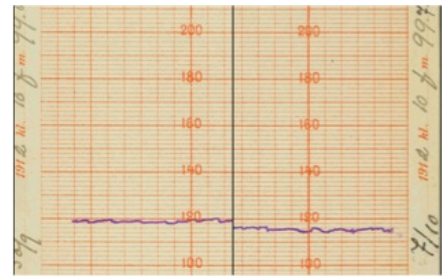


Fig. 6 Exempel på veckodiagram med drift där linjens position är lägre trots att det antecknade slutvärdet är högre än startvärdet.

8 VARIANSANALYS

För att studera betydelsen av en 3-timmars fluktuation i vattenståndet utfördes en variansanalys på den digitaliserade datan. Analysen genomfördes genom uppdelning i periodband. Denna metod beskrivs djupare i Stigebrandts artikel från 1984. Vattenståndet noteras med r_{ij} som representerar den i :te datapunkten för vattenståndet i den j :te veckan från grunddataserien R_j .

För varje vecka beräknades ett medelvärde r_j för R_j med MATLABs rutin `mean`. Därefter beräknades variansen för varje vecka med

$$var_j = \frac{1}{N_j} \sum (r_j - r_{ij})^2 \quad (2)$$

där N_j är antalet element i serien.

Sedan skapades en medelvärdesbildad tidsserie R_j' med medelvärden över 3 timmar (vilken är den period som Bergsten menade är prominent i vattenståndets uninodala fluktuation).

Därefter beräknas variansen med

$$var_j' = \frac{1}{N_j'} \sum (r_j - r_{ij}')^2 \quad (3)$$

där N_j' är antalet element i den medelvärdesbildade serien.

Genom att medelvärdesbilda över tre timmar har variansen med bidrag från perioder upp till 3 timmar eliminerats. Skillnaden i varians mellan R_j och R_j' borde representeras av bidrag från perioder kortare än 3 timmar.

9 RESULTAT OCH DISKUSSION

I figur 7 visas ett exempel på digitalisering av en veckas mätningar. Antalet svängningar stämmer mycket bra med vad som visas i den analoga versionen. Amplituden stämmer med vad som visas på bilden där skalan som sagt är 1:20 och avståndet mellan linjerna 1 mm. Våghöjderna, som ligger runt maximalt 8 cm, är betydligt lägre än de våghöjder som påvisas i mer detaljerade studier kring våghöjden i svängningarna där våghöjder på ca 15 cm kunde hittas (Bergsten, 1926). Då de digitala värdena för amplituden stämmer bra med vad som visas på bilderna, men mindre bra med de amplituder som Bergsten påvisat, väcks frågan om det finns någon slags strypning i tillflödet av vatten till pegelhuset. Det skulle även kunna finnas en strypning i det utslag pennan noterat på pappret. Orsaken till detta är svår att spåra.

Faktumet att den finns en genomsnittlig linjär ökning på ungefär 40 cm över året (figur 8) skulle kunna styrka teorin om att det finns någon slags drift i den mekaniska registreringen av diagrammet. 1912 års mönster skiljer sig kraftigt från det utseende man kan hitta på SMHIs mätningar (Vattenstånd i de stora sjöarna, 2014) Trots att vattenståndet inte nödvändigtvis måste starta och sluta på exakt samma nivå ett år måste ändå en 40 cm skillnad i jämförelse med 2006 års skillnad på 20 cm (Vattenstånden i de stora sjöarna, 2014) noteras som relativt högt. Ökningen är dock i enlighet med de start- och stoppvärden som anges på pappersarken.

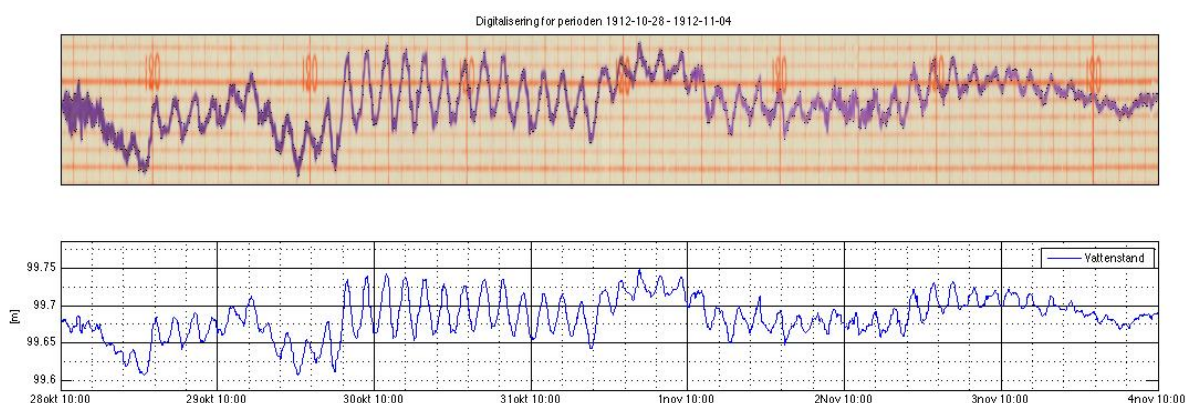


Fig. 7 Exempel på analog (övre) och digitaliserad (undre) version av samma tidsperiod.

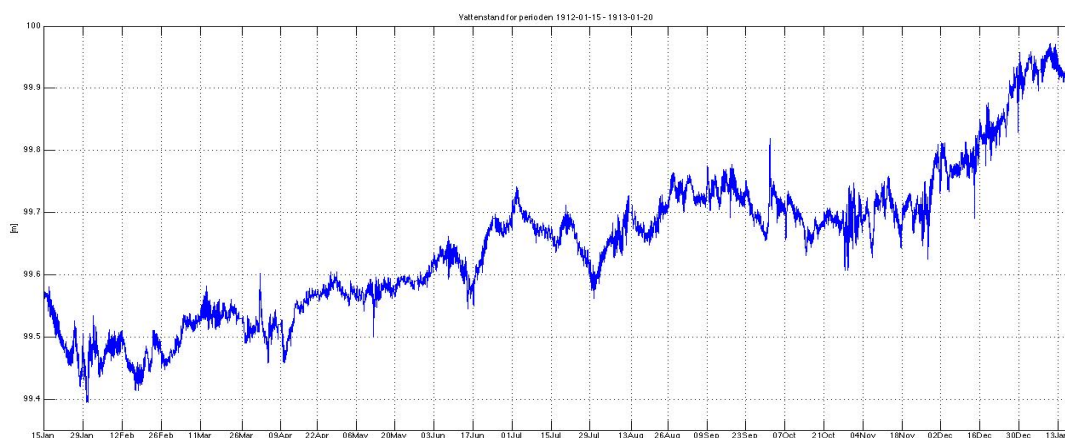


Fig. 8 Årssammanställning av vattenståndet 1912

I figur 9 som visar resultatet av variansanalysen är det tydligt att mycket av variansen finns kvar trots medelvärdesbildning över 3 timmar. Figuren visar hur stor andel variansen från perioder på 0-3 timmar utgör av den totala variansen. Figur 11 och figur 12 visar vattenståndet för de veckor där variansen från perioder på 0-3 timmar utgör störst respektive minst del av

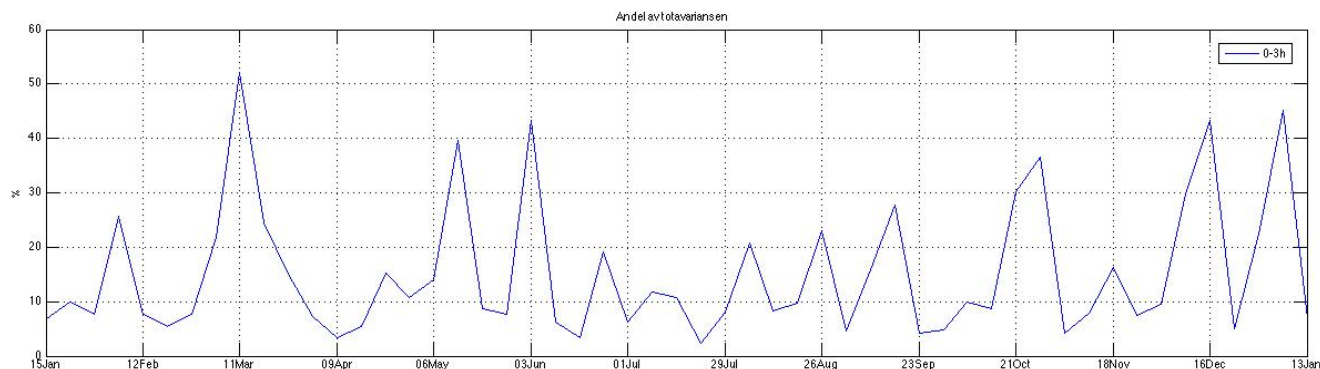


Fig. 9 Resultat av variansanalys, procentandel av totala varians som kommer från perioder med 0-3 h.

totalvariansen. Enligt figur 9 är det märkbart att det finns en stor skillnad från vecka till vecka i hur stor betydelse perioderna på 0-3 timmar har på vattenståndet. I en vecka från mars utgör variansen från dessa perioder 52 % av den totala variansen medan samma andel för veckan i juli är 2 %. Figur 10 och figur 11 visar att utseendet för dessa två veckor är mycket olika. Det finns för veckan i juli en stark minskning i vattenstånd på ca 8 cm, och amplituden på de svängningar med perioder som närmar sig 3 timmar är någon enstaka cm. Naturligtvis kommer förändringen över denna vecka ha en större betydelse för vattenståndets variation än perioden kring 3 timmar. För veckan i mars märks ingen tydlig ned- eller uppgång över veckan. Där kan däremot amplituder som 5 cm med period 3 timmar hittas (se 13 mars.)

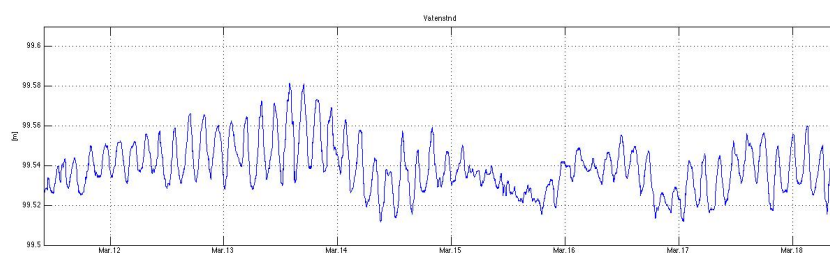


Fig. 10 Vattenstånd för en vecka med start 1912-03-11



Fig. 11 Vattenstånd för en vecka med start 1912-07-22

Om vi, som i denna rapport, studerar ett enda år är det svårt att avgöra om skillnaden i betydelse av 0-3 timmars perioder från vecka till vecka beror på ett för litet stickprov eller om

det faktiskt finns en naturlig skillnad mellan veckorna. Enligt teorin om att vind och atmosfärstryck, som har perioder på någon/några dagar, är viktiga för Vätterns vattenstånd är det troligt att det bland annat är den variansen som är kvar efter medelvärdesbildningen. Då skulle även denna analys påvisa vindens och atmosfärens betydelse för vattenståndets fluktuationer. Utan att ha isolerat just dessa periodband går det dock inte säga säkert.

9.1 Förbättring av digitaliseringstekniken

Kunskap om mätinstrumentet som insamlat vattenståndet saknas till stora delar och leder till svårigheter då felvärden och tvetydighet i datan uppkommer. Det är uppenbarligen också den mänskliga faktorn som haft påverkan på datummärkningen och därmed kontinuiteten av datan. Den mänskliga faktorn är oregelbunden och svårare att spåra än felaktigheter som kommer från hårdvara som i bästa fall är ett systematiskt fel.

En kod är i många meningar i ständig utveckling. Det finns alltid saker man kan förbättra med den. Genom att skapa ytterligare kriterium för valet av pixel innefattande exempelvis förhållandet mellan de tre kanalernas färger skulle felvärden från rutnätet antagligen elimineras på ett bättre sätt. Om det undersökta området dels skall ha en hög kontrast men även rätt kombination av färger skulle en felaktig pixel lättare elimineras i ett tidigare skede. Jag tror även det finns utrymme att utveckla filtreringstekniken, och göra fler försök med median blur som möjligtvis skulle kunna bevara linjens kontrast bättre samtidigt som den jämnar ut rutnätet.

Det finns en balans mellan kontroll och opartiskhet i digitaliseringen av data. I detta projekt fick kontrollen tas över de vertikala gränserna för digitaliseringen, vilket återigen öppnar upp för den mänskliga faktorns felande. Ett sätt att på ett mer opartiskt sätt hitta början och slutet av mätningarna skulle vara att använda samma kriterier på linjen fast radvis. Om väl starten kunde hittas skulle sedan programmet fortsätta leta kolumnvis efter linjen i vanlig ordning. Om det fanns en teknik för att skanna in de stora rullarna från SMHIs arkiv på ett bra sätt skulle digitaliseringen därifrån antagligen gå smidigare än med veckodiagrammen. Det finns inget grid som skulle ge ifrån sig falska signaler, och en möjlighet är att utrustningen byttes ut i samma veva som diagramformen. Då finns en chans att det instrumentet är i bättre skick att ge korrekta mätningar. Framför allt skulle en mer djupgående analys av vattenståndets svängningar kunna göras då upplösningen i vattenhöjd är 20 gånger bättre och upplösningen i tid är 15 gånger bättre.

Sammanfattningsvis är detta ett lyckat försök i att hitta en metod att digitalisera diagram. Som figur 7 visar representerar den digitaliserade versionen av den analoga kurvan informationen i diagrammen väl. För första gången har nu informationen från veckodiagrammen från 1912 i Jönköping information om vattenståndet kunnat sammanfogas och bli betraktad i sin helhet.

KÄLLOR

Bergsten, F. 1926. The sieches of lake Vetter. *Geografiska annaler*. 8, 1-73

Stigebrandt, A. 1984. Analysis of an 89-year-long sea level record from the Kattegatt with special reference to the barotropically driven water exchange between the Baltic and the sea. *Tellus*. 36 A, 401-408

Chapman, D.C., 2001. Seiches . In: J.H Steele, ed. 2001. *Encyclopedia of Ocean Sciences*. London: Academic Press., 2724-2730.

Bergström, S. Wennerberg, G. 2008. *Om 100 år Den svenska hydrologiska tjänsten 1908-2008*. Norrköping: Direkt offset i Norrköping AB

Lindell, M. 2009. Åtgärdsplan för fisk och fiske i Vätterns tillflöden. Rapport 104. Jönköping: Länsstyrelsen

Personlig korrespondens

Larsson, G. Arkivarie SMHI Norrköping 16 jun 2014.

Länkar

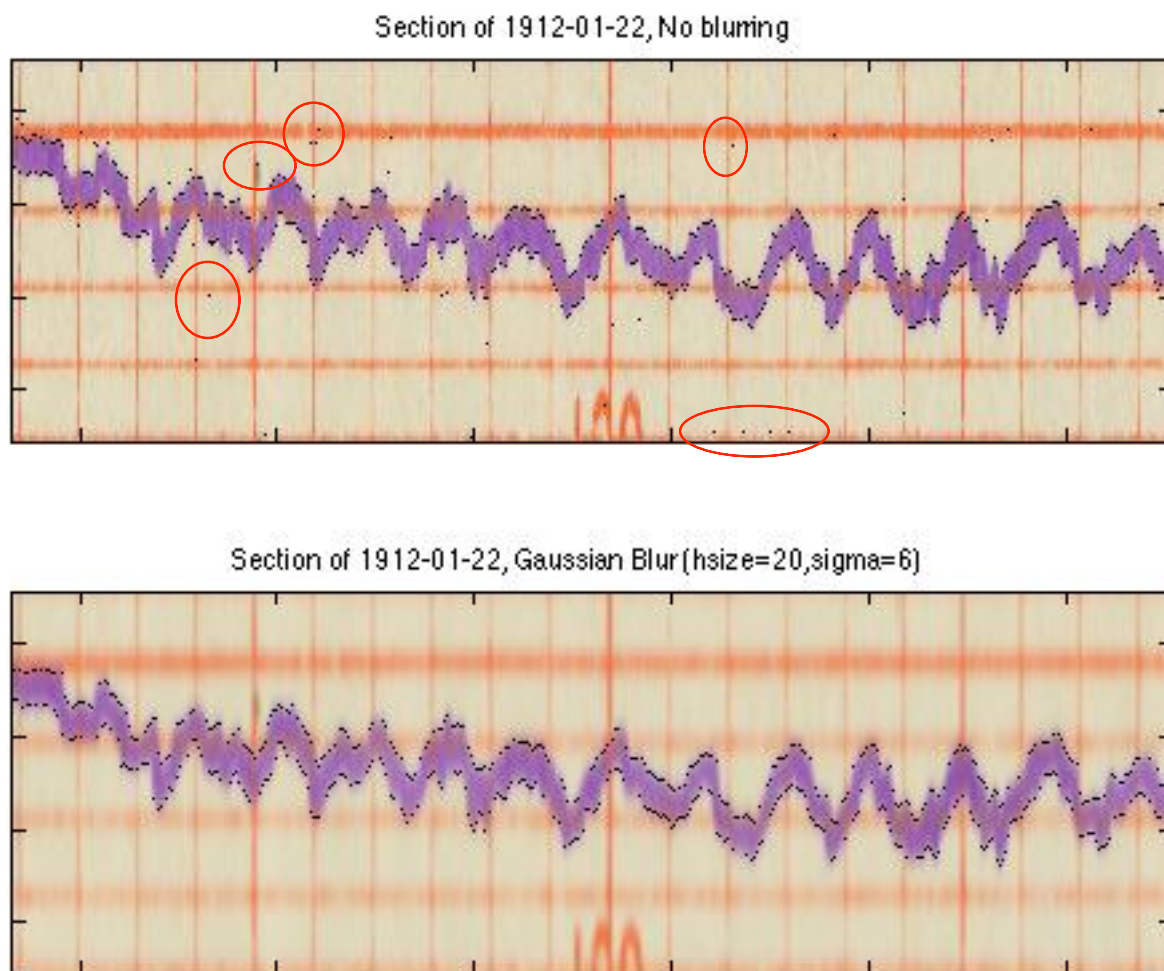
smhi.se. 2014. *SMHI Vattenwebb Information från SVAR* [Online]. Tillgänglig på: <http://vattenwebb.smhi.se/svarwebb/> [Hämtad 2 juli 2014]

smhi.se. 2014. *Vattenstånd i de stora sjöarna* [Online]. Tillgänglig på: <http://www.smhi.se/vadret/vadret-i-sverige/Vattenstand-i-de-stora-sjoarna> [Hämtad 2 juli 2014]

smhi.se. 2014. *Vattenstånden i de stora sjöarna* [Online] Tillgänglig på: http://bizmet.smhi.se/bizmet/prods/whl_vattenstand.php?vstyear=2006&id=32010&menu=0 [Hämtad 2 juli 2014]

Fisher, Perkins, Walker & Wolfart (2003). *Laplacian/Laplacian of Gaussian* [Online] Tillgänglig på: <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/log.htm> [Hämtad 2014-07-04]

APPENDIX

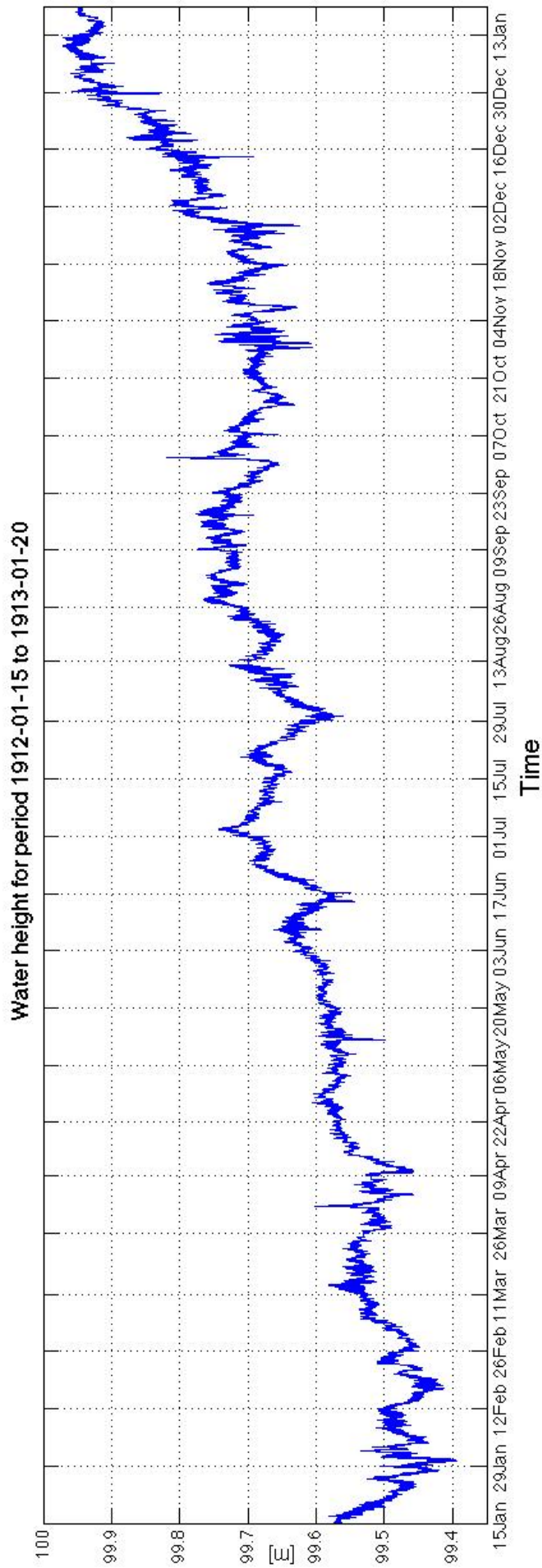


Figur 1. Konturdetektion före (överst) och efter (underst) gauss-filtrering. Svarta markeringar visar vart programmet hittat den starkaste konturen i området. Röda cirkelar visar några områden där programmet hittat konturer i felaktiga pixlar.

Tabell. 1 Översikt över veckodiagram. Veckodiagram som uppvisar tvetydig datuminformation är markerade röda.

| Antecknat startdatum | | | Ant. slutdat. | | | Visade dagar | Föreslaget startdat. | | | Föresl. Slutdat. | | |
|----------------------|----|----|---------------|----|----|--------------|----------------------|----|----|------------------|----|----|
| 1912 | 1 | 15 | 1912 | 1 | 22 | mon-mon | 1912 | 1 | 15 | 1912 | 1 | 22 |
| 1912 | 1 | 22 | 1912 | 1 | 29 | mon-mon | 1912 | 1 | 22 | 1912 | 1 | 29 |
| 1912 | 1 | 29 | 1912 | 2 | 5 | mon-mon | 1912 | 1 | 29 | 1912 | 2 | 5 |
| 1912 | 2 | 5 | 1912 | 2 | 12 | mon-mon | 1912 | 2 | 5 | 1912 | 2 | 12 |
| 1912 | 2 | 12 | 1912 | 2 | 19 | mon-mon | 1912 | 2 | 12 | 1912 | 2 | 19 |
| 1912 | 2 | 19 | 1912 | 2 | 26 | mon-mon | 1912 | 2 | 19 | 1912 | 2 | 26 |
| 1912 | 2 | 26 | 1912 | 3 | 4 | mon-mon | 1912 | 2 | 26 | 1912 | 3 | 4 |
| 1912 | 3 | 4 | 1912 | 3 | 11 | mon-mon | 1912 | 3 | 4 | 1912 | 3 | 11 |
| 1912 | 3 | 11 | 1912 | 3 | 18 | mon-mon | 1912 | 3 | 11 | 1912 | 3 | 18 |
| 1912 | 3 | 18 | 1912 | 3 | 26 | mon-mon | 1912 | 3 | 18 | 1912 | 3 | 25 |
| 1912 | 3 | 26 | 1912 | 4 | 1 | tue-mon | 1912 | 3 | 26 | 1912 | 4 | 1 |
| 1912 | 4 | 1 | 1912 | 4 | 9 | mon-mon | 1912 | 4 | 1 | 1912 | 4 | 8 |
| 1912 | 4 | 9 | 1912 | 4 | 15 | tue-mon | 1912 | 4 | 9 | 1912 | 4 | 15 |
| 1912 | 4 | 15 | 1912 | 4 | 22 | mon-mon | 1912 | 4 | 15 | 1912 | 4 | 22 |
| 1912 | 4 | 22 | 1912 | 4 | 29 | mon-mon | 1912 | 4 | 22 | 1912 | 4 | 29 |
| 1912 | 4 | 29 | 1912 | 5 | 6 | mon-mon | 1912 | 4 | 29 | 1912 | 5 | 6 |
| 1912 | 5 | 6 | 1912 | 5 | 13 | mon-mon | 1912 | 5 | 6 | 1912 | 5 | 13 |
| 1912 | 5 | 13 | 1912 | 5 | 20 | mon-mon | 1912 | 5 | 13 | 1912 | 5 | 20 |
| 1912 | 5 | 20 | 1912 | 5 | 28 | mon-mon | 1912 | 5 | 20 | 1912 | 5 | 27 |
| 1912 | 5 | 28 | 1912 | 6 | 3 | tue-mon | 1912 | 5 | 28 | 1912 | 6 | 3 |
| 1912 | 6 | 3 | 1912 | 6 | 10 | mon-mon | 1912 | 6 | 3 | 1912 | 6 | 10 |
| 1912 | 6 | 10 | 1912 | 6 | 17 | mon-mon | 1912 | 6 | 10 | 1912 | 6 | 17 |
| 1912 | 6 | 17 | 1912 | 6 | 25 | mon-mon | 1912 | 6 | 17 | 1912 | 6 | 24 |
| 1912 | 6 | 25 | 1912 | 7 | 1 | tue-mon | 1912 | 6 | 25 | 1912 | 7 | 1 |
| 1912 | 7 | 1 | 1912 | 7 | 8 | mon-mon | 1912 | 7 | 1 | 1912 | 7 | 8 |
| 1912 | 7 | 8 | 1912 | 7 | 15 | mon-mon | 1912 | 7 | 8 | 1912 | 7 | 15 |
| 1912 | 7 | 15 | 1912 | 7 | 22 | mon-mon | 1912 | 7 | 15 | 1912 | 7 | 22 |
| 1912 | 7 | 22 | 1912 | 7 | 29 | mon-mon | 1912 | 7 | 22 | 1912 | 7 | 29 |
| 1912 | 7 | 29 | 1912 | 8 | 5 | mon-mon | 1912 | 7 | 29 | 1912 | 8 | 5 |
| 1912 | 8 | 5 | 1912 | 8 | 13 | mon-mon | 1912 | 8 | 5 | 1912 | 8 | 12 |
| 1912 | 8 | 13 | 1912 | 8 | 19 | tue-mon | 1912 | 8 | 13 | 1912 | 8 | 19 |
| 1912 | 8 | 19 | 1912 | 8 | 26 | mon-mon | 1912 | 8 | 19 | 1912 | 8 | 26 |
| 1912 | 8 | 26 | 1912 | 9 | 2 | mon-mon | 1912 | 8 | 26 | 1912 | 9 | 2 |
| 1912 | 9 | 2 | 1912 | 9 | 9 | mon-mon | 1912 | 9 | 2 | 1912 | 9 | 9 |
| 1912 | 9 | 9 | 1912 | 9 | 16 | mon-mon | 1912 | 9 | 9 | 1912 | 9 | 16 |
| 1912 | 9 | 16 | 1912 | 9 | 23 | mon-mon | 1912 | 9 | 16 | 1912 | 9 | 23 |
| 1912 | 9 | 23 | 1912 | 9 | 30 | mon-mon | 1912 | 9 | 23 | 1912 | 9 | 30 |
| 1912 | 9 | 30 | 1912 | 10 | 7 | mon-mon | 1912 | 9 | 30 | 1912 | 10 | 7 |
| 1912 | 10 | 7 | 1912 | 10 | 14 | mon-mon | 1912 | 10 | 7 | 1912 | 10 | 14 |
| 1912 | 10 | 14 | 1912 | 10 | 21 | mon-mon | 1912 | 10 | 14 | 1912 | 10 | 21 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----|----|------|----|----|---------|------|----|----|------|----|----|
| 1912 | 10 | 21 | 1912 | 10 | 28 | mon-mon | 1912 | 10 | 21 | 1912 | 10 | 28 |
| 1912 | 10 | 28 | 1912 | 11 | 4 | mon-mon | 1912 | 10 | 28 | 1912 | 11 | 4 |
| 1912 | 11 | 4 | 1912 | 11 | 11 | mon-mon | 1912 | 11 | 4 | 1912 | 11 | 11 |
| 1912 | 11 | 11 | 1912 | 11 | 18 | mon-mon | 1912 | 11 | 11 | 1912 | 11 | 18 |
| 1912 | 11 | 18 | 1912 | 11 | 25 | mon-mon | 1912 | 11 | 18 | 1912 | 11 | 25 |
| 1912 | 11 | 25 | 1912 | 12 | 2 | mon-mon | 1912 | 11 | 25 | 1912 | 12 | 2 |
| 1912 | 12 | 2 | 1912 | 12 | 9 | mon-mon | 1912 | 12 | 2 | 1912 | 12 | 9 |
| 1912 | 12 | 9 | 1912 | 12 | 16 | mon-mon | 1912 | 12 | 9 | 1912 | 12 | 16 |
| 1912 | 12 | 16 | 1912 | 12 | 23 | mon-mon | 1912 | 12 | 16 | 1912 | 12 | 23 |
| 1912 | 12 | 23 | 1912 | 12 | 30 | mon-mon | 1912 | 12 | 23 | 1912 | 12 | 30 |
| 1912 | 12 | 30 | 1913 | 1 | 7 | mon-mon | 1912 | 12 | 30 | 1913 | 1 | 6 |
| 1912 | 1 | 7 | 1913 | 1 | 13 | tue-mon | 1913 | 1 | 7 | 1913 | 1 | 13 |
| 1912 | 1 | 13 | 1913 | 1 | 20 | mon-mon | 1913 | 1 | 13 | 1913 | 1 | 20 |



Figur 2. Sammanställning av vattenståndsinformation för tidsperioden 1912-01-15 till 1913-01-20