

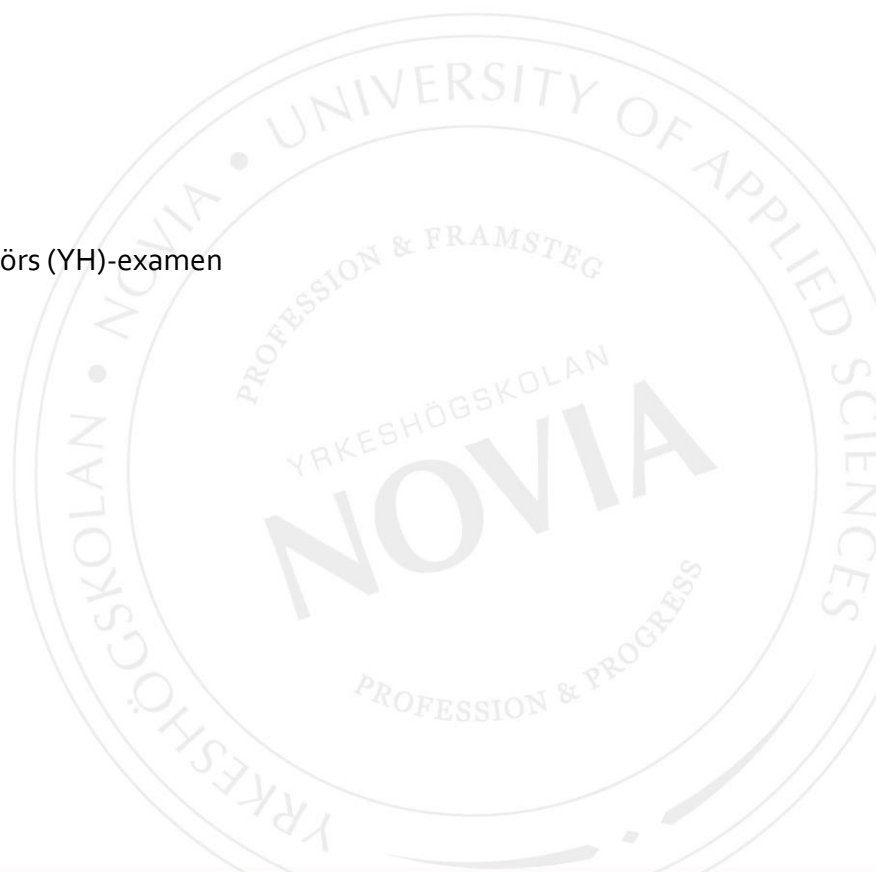
Analys av lägesosäkerheter på underjordiska ledningar

Jonas Perus

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Lantmäteriteknik

Vasa 2017



EXAMENSARBETE

Författare: Jonas Perus

Utbildning och ort: Lantmäteriteknik, Vasa

Handledare: Sem Timmerbacka

Titel: Analys av lägesosäkerheter på underjordiska ledningar

Datum 13.4.2017

Sidantal 29

Abstrakt

Detta examensarbete har utförts åt Närpes stad i syfte att analysera lägesosäkerheter på underjordiska kablar och ledningar. Arbetet tar upp olika kablar och ledningar i marken, olika tekniker för att mäta in dessa, digitalisering av analoga kartor samt en allmän analys av befintligt mätdata som staden har tillgång till. Problemet som examensarbetet försöker lösa är hur man kan bestämma lägesosäkerheten på olika ledningar baserat på inmätningssätt och ursprungsmaterial.

De berörda ledningarna finns i Närpes centrum och olika typer av ledningar behandlas. I detta arbete har elledning, vatten- och avloppsledningar, fjärrvärmeledningar, fiberkablar, telekablar och dagvattenledningar analyserats. Analysen grundar sig på uppgifter om hur och när materialet har blivit inmätt eller på uppgifter om hur det har digitaliserats. Grunderna i GNSS-tekniken, som är den vanligaste metoden för att mäta in underjordiska ledningar i dagens läge, behandlas. Teorin bakom digitaliseringsprocessen tas även upp. Ett test på hur man kunde visualisera olika ledningars lägesosäkerhet i ett GIS-program har även utförts

Resultatet är en visualisering av ledningarnas osäkerhet i programmet ArcMap. Lägesosäkerheten visualiseras med hjälp av en buffertzona runt ledningarna som symboliserar det område inom vilket ledningen borde befinna sig.

Språk: svenska

Nyckelord: ledningar, lägesosäkerhet, GNSS, digitalisering

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jonas Perus

Koulutus ja paikkakunta: Maanmittaustekniikka, Vaasa

Ohjaaja: Sem Timmerbacka

Nimike: Maakaapeleiden sijaintiepävarmuuden analysointi

Päivämäärä 13.4.2017

Sivumäärä 29

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Närpiön kaupungille ja sen tarkoitus on analysoida maakaapeleiden ja maanjohtojen mittausepävarmuuksia. Opinnäytetyössä esitellään erilaisia maanalaisia kaapeleita ja johtoja ja niiden mittausmenetelmiä. Analogisten karttojen digitalisointi ja kaupungin mittaustiedon yleinen analysointi ovat myös osa opinnäytetyötä. Opinnäytetyö yrittää ratkaista miten voidaan määrittää johtojen sijainnin epävarmuus mittaustavan ja lähdeaineiston perusteella.

Tarkastettavat johdot sijaitsevat Närpiön keskustassa. Alueella on sähkökaapeleita, vesi- ja viemärijohtoja, kaukolämpöjohtoja, valokuitukaapeleita, telekaapeleita ja hulevesijohtoja. Analyysi perustuu siihen millä tavalla ja milloin tiedot on mitattu tai millä tavalla materiaali on digitalisoitu. GNSS-tekniikan perusteet on myös esitetty, koska GNSS-mittaus on nykyään yleisin käytetty mittaustapa. Myös digitalisointiprosessi käydään läpi. Johtojen sijainnin epävarmuus visualisoidaan GIS-ohjelmassa.

Opinnäytetyön tulos on johtojen sijainnin epävarmuuden arvion visualisointi ArcMap-ohjelmassa. Epävarmuus on visualisoitu puskurivyöhykkeen avulla. Puskurivyöhykkeen leveys vastaa johtojen mahdollista sijaintia.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: johdot, sijaintiepävarmuus, GNSS, digitalisointi

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonas Perus

Degree Programme: Land Surveying

Supervisor: Sem Timmerbacka

Title: Analysis of Position Uncertainty in Underground Cables

Date April 13, 2017

Number of pages 29

Abstract

This thesis has been produced for Närpes city with the purpose of analyzing position uncertainty of underground pipes and cables. The thesis contains information about different pipes and cables in the ground, techniques for measuring these pipes and cables, digitalization of analog maps and an analysis of the measurement data that the city has access to. The problem this thesis tries to solve is how to determine the position uncertainty of different pipes and cables based on the type of measurement and original material.

The pipes and cables that have been a part of this thesis are located in the center of Närpes and different types of pipes and cables have been taken into account. Electricity cables, water and sewage pipes, district heating pipes, optical fiber cables, phone cables and storm water pipes have been analyzed. The analysis is based on information on when and how the data has been gathered or how the digitalization has been carried out. The basics of GNSS technology is a part of the thesis since this is the most usual way of measuring pipes and cables. The theory behind the digitalization process is another part of the thesis. A test on how to visualize the position uncertainty of different pipes has also been carried out.

The result of the thesis is a visualization of the position uncertainty of the pipes and cables in the program ArcMap. The insecurity of the measurement is shown by a buffer zone around the pipes which symbolizes the area in which the pipe could be placed.

Language: Swedish

Key words: Pipes, Position uncertainty, GNSS, Digitalization

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte	1
1.2	Metod	1
1.3	Avgränsning.....	2
2	Kablar och ledningar under marken.....	2
2.1	Elnät.....	2
2.2	Vatten- och avloppsnät	3
2.3	Fjärrvärmenät.....	3
2.4	Fibernet.....	4
2.5	Telefonnät	4
2.6	Dagvatten och dränering.....	4
3	Inmätningstekniker	5
3.1	GNSS	5
3.2	Positionsbestämning med GNSS.....	6
3.2.1	Nätverks-RTK.....	7
3.3	Maskinstyrning.....	8
3.4	Kabelsökning.....	8
3.5	Fotografier	9
4	Digitalisering av gamla kartor.....	9
4.1	Termer och begrepp inom digitalisering	9
4.2	Metoder för digitalisering.....	10
4.3	Registrering av attributdata.....	12
4.4	Noggrannhet vid digitalisering	12
5	Analys av mätdata.....	12
5.1	Elnät.....	13
5.2	Vatten- och avloppsnät	14
5.3	Fjärrvärme	15
5.4	Fibernet.....	16
5.5	Dagvatten.....	16
6	Visualisering.....	16
6.1	Visualiseringsprocessen	17
6.2	Slutprodukt.....	26
7	Resultat	29
8	Diskussion.....	29
9	Källförteckning.....	30

1 Inledning

Detta lärdomsprov är ett beställningsarbete från Närpes stads mätavdelning. Arbetet är indelat i sju delar och tar upp olika kablar och ledningar i marken, olika tekniker för att mäta in dessa, digitalisering av analoga kartor, en allmän analys av befintligt mätdata som staden har tillgång till samt ett test på hur man kunde visualisera olika ledningars lägesosäkerhet i ett GIS-program. Resultat och diskussion avrundar detta lärdomsprov.

I dagens läge finns det en stor mängd kablar och ledningar under marken, till exempel är vattenförsörjningen i landet beroende av underjordiska ledningar eftersom vattnet i ledningarna skulle frysa under vintern om de inte var nedgrävda. Att gräva ner kablar och ledningar har många fördelar men det finns även problem förknippat med detta.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att analysera befintligt mätdata på markkablar och markledningar inom Närpes stads områden. I nuläget finns en stor mängd mätdata på olika kablar och ledningar men noggrannheten och inmätningssättet på allt detta är inte känt. Förutom att analysera noggrannheten på mätdatat kommer jag även att fundera på hur man kunde visualisera ledningarna och deras noggrannhet på ett överskådligt sätt.

1.2 Metod

För att ta reda på hur olika ledningar mäts in och hur olika mätdata har samlats in har jag varit i kontakt med olika företag som har ledningar i staden och enligt denna information försökt analysera vilken noggrannhet olika mätdata har. För sådana ledningar där inmätningssättet inte gått att ta reda på samt för äldre material har istället metoden för digitaliseringen av materialet granskats. En del av mätdatat är känt från tidigare eftersom staden eller stadens vattenverk själva har skött om inmätningen av vissa ledningar. Teoristudier från böcker och artiklar har gjorts för att ta reda på hur olika ledningssystem är uppbyggda samt hur olika mätningstekniker fungerar och hur digitalisering av gamla kartor görs.

1.3 Avgränsning

Arbetet tar inte upp alla typer av ledningar och kablar som finns i marken utan fokuserar på de vanligaste typerna av ledningar och kablar samt de typer som Närpes stads mätavdelning har tillgängligt mätdata på. Geografiskt har området avgränsats till Närpes centrum för att kunna skapa en modell för visualiseringen av ledningarna.

2 Kablar och ledningar under marken

Fördelarna med underjordiska ledningar är att de är bättre skyddade mot väder och vind samt mot eventuell skadegörelse och ”tjuvkopplingar” än luftledningarna. En annan fördel är att de är dolda och inte påverkar landskapsbilden negativt. Problemet ligger också i att de inte syns förrän man gräver i marken och kan skadas vid andra grävningsarbeten om man inte har koll på ledningarnas position. Därför är det viktigt att man har dokumenterat ledningarnas läge innan man fyller ledningskanalen med jord samt att olika varningsskyltar och liknade visar rätt avstånd. Med dagens teknik är det varken svårt eller särskilt kostsamt att dokumentera nya ledningar, däremot kan äldre ledningar vara sämre eller rentav inte alls dokumenterade. Nedan följer ett urval av olika ledningstyper som är vanliga i marken i dessa trakter.

2.1 Elnät

Elnätet i Finland delas upp i stamnät, regionnät och distributionsnät. Stamnätet är ett huvudnät som binder samman kraftverken med regionnäten och även i vissa fall direkt med fabriker. Stamnätet omfattar 400kV, 200kV och 110kV ledningar. Stamledningarna i Finland är huvudsakligen luftledningarna på grund av de långa avstånden i landet. Regionnäten är 110kV ledningar som är kopplade till stamnätet och överför el till distributionsnäten. Distributionsnäten överför el till hushållen och spänningsnivån ligger på 0,4-110kv. Industrin och andra energikrävande elkonsumenter är anslutna till stam- region- eller distributionsnät beroende på situation (Fingrid).

I Närpes sköts eldistributionen till största delen av bolaget Caruna och till viss del av Vasa elnät (Syd-Österbotten, 10.1.2017). I maj 2015 sålde Caruna den del av affärsverksamheten som gällde projektövervakningen till konsultbolaget Rejlers Ab. Detta betyder att det är detta företag som sköter om övervakning, terrängsyner, kontroller, kvalitetssäkring samt säkerhets- och miljökoordinering vid samtliga av Carunas distributionsnätsområden (Caruna).

År 2013 trädde en ny elmarknadslag (588/2013) i kraft, lagens syfte är att säkerställa att den regionala, nationella och Europeiska unionens elmarknad skall fungera effektivt, säkert samt miljömässigt hållbart (§1). Vidare säger lagen att nätinnehavaren skall upprätthålla, driva och utveckla sitt elnät och förbindelserna för att garantera sina nätanvändare tillgång till el av tillräckligt god kvalitet (§19). För att förbättra leveranssäkerheten håller nätägare såsom Caruna för tillfället på att ersätta luftledningar som går genom skogsmark med jordkablar. Enligt Caruna investerar man år 2016 200 miljoner euro i utvecklingen av elnätet (Caruna).

2.2 Vatten- och avloppsnät

Enligt lagen om vattentjänster (9.2.2001/119) skall kommunen se till att åtgärder vidtas för inrättande av ett vattentjänstverk som motsvarar behovet för vattenförsörjning och avloppshantering (§6). Inom Närpes stad sköts vattenförsörjningen och avloppstjänsterna via Närpes Vatten Ab som ägs till 100 % av Närpes stad (Närpes stad). Närpes Vatten har verksamhet i hela Närpes förutom i byarna Pörtom och Övermark som själva sköter vattenförsörjningen via vattenandelslag, i dessa byar sköter dock Närpes Vatten om avloppstjänsterna (Närpes Vatten).

Vatten- och avloppsledningar byggs nuförtiden oftast av plastmaterial såsom polyeten (PE) och polyvinylklorid (PVC) och grävs ner ca 2 meter under marknivån. I Närpes varierar ledningsdiametrarna mellan 32 och 355 mm beroende på ledningstyp och användningsvolym. Äldre ledningar kan vara byggda av asbestcement, betong eller gjutjärn. En hel del av dessa har dock bytts ut genom relining med plaströr. Avloppsledningar byggs antingen som fallavlopp eller som tryckavlopp. I ett fallavloppssystem rinner avloppsvattnet neråt i ledningarna med hjälp av tyngdkraften medan ett tryckavloppssystem är beroende av avloppspumpar som skjuter fram avloppsvattnet med hjälp av trycket i ledningarna (personlig kommunikation med kartläggningsschef Magnus Näs vid Närpes Vatten 24.3.2017).

2.3 Fjärrvärmenät

Fjärrvärme baserar sig på varmt vatten som pumpas runt i nedgrävda välisolerade ledningar och värmer upp hus och lokaler. Vattnet värms upp i ett värmeverk som kan eldas med till exempel rester från skogsindustrin eller med avfall (Svensk fjärrvärme).

I Närpes finns aktiebolaget Närpes Fjärrvärme Ab som ägs till 93 % av staden och till 7 % av karosseriföretaget Närko Ab. Systemets huvudvärmecentral är belägen i Finby och drivs med BIO-bränslen. Ledningarna sträcker sig från Finby till Näsby och har en temperatur på 40-110 grader beroende på årstid och utomhustemperatur. I slutet av 2015 hade bolaget 117 kunder och en totalvolym på 1 277 770 m³. Ledningarnas totala längd var i slutet på 2015 22 262 m (Närpes fjärrvärme).

2.4 Fibernät

Fibernät används för att snabbt överföra elektriska impulser med hjälp av fiberoptik. Tekniken bygger på att en sändare skickar ut ljusstrålar genom tunna glaströr som sedan tolkas av en mottagare i andra ändan. Fiberkablar består av en ren glaskärna som leder ljuset, en skyddande mantel som också består av glas eller plast samt ett skyddande hölje som vanligtvis består av plast. Fibernätverk kan användas för olika ändamål såsom bredband, telefoni och TV. (Fiber Optic Valley). I Närpes grundades Dynamonet Ab år 2002 och har sedan dess arbetat med att bygga ut ett nätverk av fiberkablar i staden (Dynamonet).

2.5 Telefontät

På grund av att den mobila telefonin såsom 3G, 4G och så vidare till stor del har ersatt den traditionella trådtelefonen är det inte särskilt vanligt med nya investeringar inom det icke-trådlösa telefontätet, åtminstone vad gäller kopparledningar eftersom man idag gått över till att använda sig av fiberkablar eftersom dessa klarar av en högre belastning och har flera användningsmöjligheter. Antalet anslutningar i det fasta telefontätet har minskat årligen under många år. År 2005 fanns det 2 210 000 fasta anslutningar och år 2016 endast 493 000 anslutningar i Finland, av dessa var över hälften av anslutningarna ägda av företag (Kommunikationsverket).

2.6 Dagvatten och dränering

Dagvatten är regn och smältvatten som behöver ledas bort från byggnadsmark eller åkerområden till våtmarker. Dagvatten kan ledas bort i diken, täckdiken eller med hjälp av dagvattenledningar. I stadsmiljö används vanligen ett dagvattensystem som fungerar på så vis att regn- och smältvatten samlas upp i brunnar som är placerade på sådana ställen dit vattnet rinner längs med gator och trottoarer. Efter att vattnet hittat till brunnen leds det längs underjordiska ytvattenledningar till vattenområden.

Vid husbyggnad behövs dränering för att byggnaden inte skall skadas av fukt och vatten som samlas invid husgrunden. Vanligtvis fungerar dränering på så vis att stuprör samlar ihop regnvatten till en dräneringsbrunn varifrån vattnet leds bort via dräneringsrör till diken eller ytvattenledningar. Dräneringsrören är oftast gjorda av plast och har små hål i sig som tillåter att även övrigt vatten från marken tar sig in i röret och kan transporteras bort från huset tack vare ledningarnas lutning (dinbyggare.se)

3 Inmätningstekniker

GNSS-teknik är oftast det enklaste sättet att mäta in kablar och ledningar som finns under jorden. Eftersom byggandet av en ledning oftast utförs med grävmaskiner är det ofta fråga om relativt öppna områden som har god satellittäckning. Även om man gräver genom skogsområden krävs det att man röjer ett tillräckligt brett område för att maskinerna skall kunna utföra sitt arbete och detta gör att man oftast kan få in tillräckligt med satelliter för att utföra mätningar så länge som man har tillgång till en GNSS-mottagare med teleskopförlängare så att man kan höja upp mottagaren tillräckligt högt.

Även om det även vore möjligt att använda sig av takymetrar för att utföra mätningar av markledningar och – kablar så har detta arbete visat att man i dagens läge inte använder sig av denna teknik längre i dessa sammanhang eftersom GNSS-tekniken blivit noggrannare och är snabbare eftersom man inte behöver utgå från punkter med kända koordinater då man mäter med RTK-GNSS.

3.1 GNSS

GNSS (Global Navigation Satellite Systems) är en allmän term på satellitbaserade positioneringssystem som fungerar med hjälp av en eller flera satelliter, mottagare samt stödsystem. Det finns framför allt tre stycken satellitsystem som stöder GNSS-mätningar, GPS, GLONASS och Galileo (Engfeldt & Jivall, 2003, 4).

GPS är ett avgiftsfritt satellitsystem som gör det möjligt att göra positionsbestämningar i realtid över hela världen. Systemet är utvecklat av den amerikanska militären och blev färdigt 1995, för civila tillämpningar blev systemet klart redan 1993. GPS-positioner anges i referenssystemet WGS84 (Engfeldt & Jivall, 2003, 5).

GLONASS är en rysk motsvarighet till GPS. Även detta system utvecklades för militära tillämpningar men kan nu även användas för civila ändamål. GLONASS använder sig av referenssystemet PZ-90.02 men kombinerade mottagare för GPS/GLONASS-mätningar kan korrigera för detta och omvandla positionen i WGS-84 (Engfeldt & Jivall, 2003, 9-10). Satelliterna i GLONASS-systemet har en högre inklinations än satelliterna i GPS-systemet, vilket betyder att dessa rör sig nordligare och ger en något bättre täckning på våra breddgrader (Lantmäteriet).

Europeiska unionen och European Space Agency (ESA) har under många år jobbat för att starta upp ett eget GNSS, Galileo. I december 2016 blev detta system funktionsdugligt. Galileo är kompatibelt med både GPS och GLONASS och på så vis hjälper systemet till att förbättra satellittäckningen och användbarheten över hela världen. Eftersom GPS och GLONASS i första hand var framtagna för militärt bruk står dessa system sist och slutligen under USA:s respektive Rysslands kontroll, till exempel finns det en störningskod i GPS-signalerna som avsevärt kan minska noggrannheten i dessa om den slås på. Till skillnad från GPS och GLONASS är Galileo inte utvecklat för militära tillämpningar. Detta betyder att Galileo förbättrar säkerheten för de otaliga transport- och kommunikationssystem som är beroende av GNSS-teknik (EGSA).

3.2 Positionsbestämning med GNSS

Det finns flera olika alternativ för att bestämma positioner med hjälp av GNSS. Huvudprincipen är att man mäter avståndet till satelliten genom att mäta tiden det tar för en signal att färdas från satellit till mottagare. Eftersom positionen på satelliten är känd kan man genom inbindning i rymden bestämma mottagarens position (Engfeldt & Jivall, 2003, 13).

Man kan använda sig av två olika metoder för att bestämma avståndet till satelliten, kodmätning samt bärvågsmätning. Kodmätning baserar sig på att satelliten sänder ut en kod som mottagaren kopierar. Med hjälp av tidsmarkeringar i koden bestäms tidsskillnaden och man kan räkna ut avståndet eftersom signalens utbredningshastighet är lika med ljusets hastighet. Med denna metod kan precisionen uppskattas till några decimeter (Engfeldt & Jivall, 2003, 14). Vid bärvågsmätning räknas bärvågsperioder samt en del av en period på de bärvågor som satelliten skickar ut. Delen av en period bestäms genom fas-mätning. När mottagaren låst sig till satellitsignalen räknar den våglängderna och genom att observera flera satelliter under en tid beräknas satellitens avstånd till mottagaren (Engfeldt & Jivall, 2003, 15).

För att få en noggrannare positionsbestämning krävs att man kombinerar avståndsmätningarna med information om satelliternas position vid utsändningen av signalerna. Detta görs med absolut mätning eller relativ mätning. Absolut mätning sker med endast en mottagare och använder sig av kodmätningssmetoden. Det krävs minst 4 satelliter för att kunna bestämma en tredimensionell position genom en inbindning i rymden. Absolut mätning lämpar sig inte för noggranna mätningar. Vill man uppnå bättre noggrannhet bör man använda sig av relativ mätning. Vid relativ mätning bestäms positionen i förhållande till en känd punkt även känt som en basstation (Engfeldt & Jivall, 2003, 16-17).

De vanligaste typerna av relativ mätning är idag Real Time Kinematic (RTK) positionering samt statisk mätning. RTK-mätning innebär att man kan mäta i realtid och erhåller koordinater genast. Vid RTK mätning behövs en mottagare, en basstation med kända koordinater samt en datalänk mellan mottagaren och den kända punkten. Statisk mätning fungerar på ett liknande sätt men är den noggrannaste metoden och sker till skillnad från RTK genom efterberäkningar. En statisk mätning kan ta mellan 20 minuter upp till flera dygn beroende på mätareal. Statiska mätningar lämpar sig väl för mätning av fixpunktsnät (Lantmäteriverket)

3.2.1 Nätverks-RTK

Nätverks-RTK är antagligen det vanligaste inmätningssättet för sådana mätningar som är aktuella i detta arbete. Denna metod grundar sig på att man använder sig av ett nätverk av basstationer med kända koordinater för att etablera virtuella basstationer där man mäter. I Finland finns två VRS-nätverk (Virtual Reference System), Trimnet som upprätthålls av Geotrim och Smartnet som upprätthålls av Leica. Med hjälp av en GSM/GPRS-uppkoppling sänder mottagaren ut data om sin position till en VRS-datacentral som använder den närmaste kända basstationens observationsdata och skapar den virtuella basstationen vid mätplatsen, därefter sker RTK-mätningen med GNSS-mottagaren samt den virtuella basstationen. På detta vis blir noggrannheten bättre eftersom man nästan eliminerar felet som beror på avståndet mellan mottagare och basstation, dessutom hålls kostnaderna lägre eftersom man inte behöver upprätta en egen basstation (Lantmäteriverket).

3.3 Maskinstyrning

Maskinstyrning innebär att en eller flera entreprenadmaskiner använder sig av inbyggda sensorer, mätinstrument och datamodeller för att utföra arbetet. Detta minskar till exempel behovet av utsättning och gör det enklare för maskinförarna att veta var och hur de skall gräva. Maskinförarna slipper också vänta på att mätningar skall utföras mitt i arbetet och blir mera självständiga i sitt arbete. Detta sparar tid, material och bränsle. Med hjälp av maskinstyrning kan man också enkelt dokumentera vad man gjort, man kan till exempel spara koordinater på vattenledningar innan man fyller ledningskanalen (Novatron).

Man kan säga att det finns tre huvudsakliga typer av maskinstyrning, 1D, 2D och 3D. Med ett 1D system arbetar man endast med höjdskillnader och systemet använder sig av laser och sensorer för att registrera höjder. Ett sådant system kan användas till exempel vid grävning av fallavlopp eller dräneringar. Nackdelen är att man inte kan föra in egna ritningar eller spara några koordinater på var man grävt med denna typ av maskinstyrning. Ett 2D-system har utöver höjdsensorer också en riktningssensor vilket ger större flexibilitet och man kan jobba i olika riktningar. Ett 3D-system består av samma komponenter som 2D men har också en eller flera GNSS-mottagare vilket gör att man vet var på jorden maskinen befinner sig. I ett 3D-system kan man föra in ritningar i systemet och man vet hela tiden var i ritningen man befinner sig och hur man skall gräva (Scanlaser).

3.4 Kabelsökning

Den vanligaste metoden att utföra sökning av kablar under marken baseras på elektromagnetisk sökning. Sökningen sker genom att med hjälp av en sändare skapa ett magnetiskt växelfält runt en metallisk ledare, växelfältet mäts sedan av en mottagare med vilken man kan följa ledningen för att få reda på ledningens position. Ett annat sätt är att utnyttja ledningarnas naturliga magnetfält. Detta kallas för passiv sökning och detekterar det magnetfält som uppstår då det går ström eller radiosignaler i kablar. Vid denna metod behövs alltså ingen sändare och man behöver inte gräva fram ledningen för att placera en sändare. Elektromagnetisk sökning kan inte utföras direkt på icke-metalliska ledningar såsom ofta är fallet med vatten- eller dräneringsledningar. Det är dock möjligt att använda sig av en sändare som förs in i ledningen för att söka sådana ledningar men detta kan vara opraktiskt för längre sträckor. Ett annat alternativ är att använda sig av markradar för att hitta alla typer av ledningar, nackdelen med sådan teknik är att resultaten kan vara svåra att tolka och tekniken mindre praktisk (Kantec).

3.5 Fotografier

Att ta bilder på ledningarna och olika ledningskorsningar och kopplingar innan man fyller ledningskanalen med jord är ett bra sätt att dokumentera hur det verkligen ser ut under marken. Om man sedan skall gräva i närheten av ett ställe där man har tagit bilder kan man genom att titta på bilderna försäkra sig om att det inte finns övriga ledningar, kopplingsdelar som kan skadas eller andra överraskningar i marken.

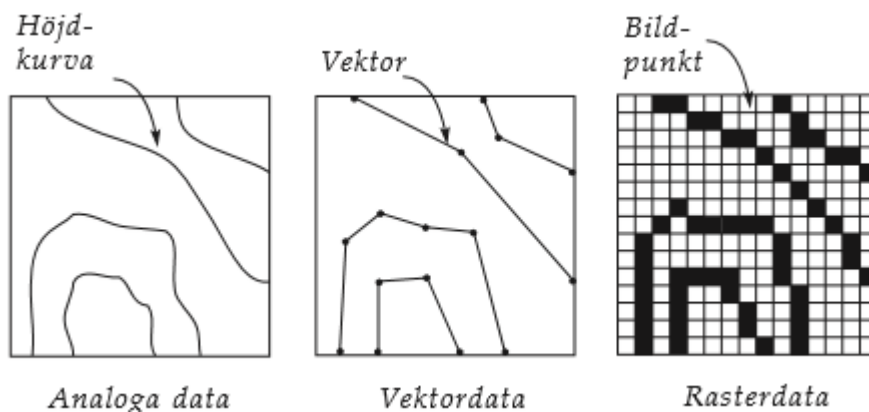
4 Digitalisering av gamla kartor

Digitalisering innebär att man överför analog information till ett digitaliserat format. Kartdigitalisering görs i dagens läge i huvudsak automatiskt men tidigare gjordes detta även manuellt vid digitaliseringsbord. Digitalisering av gamla kartor kan användas som komplement eller som alternativ till nyframställning vid uppbyggande av databaser till geografiska informationssystem (Lantmäteriet 1998, 3).

4.1 Termer och begrepp inom digitalisering

Kartor som finns i digitalt format består av data som kallas geografiskt data. Geografiskt data kan delas in i två huvudbeståndsdelar, geometriskt data och attributdata.

Geometriskt data innehåller information om läge, storlek och form och kan lagras i digitalt format som vektordata eller som rasterdata. Vektordata består av punkter med angivna koordinater samt sammanbundna linjer mellan dessa som tillsammans skapar olika geometriska formationer som punkter, linjer och ytor. Rasterdata fungerar genom att man bildar ett rutnät där varje ruta har ett eget läge genom rad- och kolumnnummer inom rutnätet. Förutom läge har varje ruta ett siffervärde som innehåller någon information såsom till exempel svärtningsnivå. Figur 1 visar ett exempel på de olika formaten (Lantmäteriet 1998, 4)



Figur 1. På detta vis åskådliggörs en höjd-kurva i vektor- samt rasterdata.

Geometriskt data samlas i en databas med olika objekttyper som till exempel hus, vägar och vatten. Fördelen med vektordata är att objektindelning sker naturligt på grund av dess struktur medan rasterdata inte skiljer på objekt på samma vis.

För att beskriva andra typer av data, till exempel vägbredd och byggnadsår, använder man sig av attributdata. Attributdata är uppgifter i form av numeriska värden eller text som beskriver olika objekt och deras egenskaper (Lantmäteriet 1998, 5).

4.2 Metoder för digitalisering

Digitalisering kan ske manuellt eller automatiskt, men den manuella digitaliseringen som sker via digitaliseringsbord kan numera anses vara en föråldrad metod att digitalisera kartor. Det tas dock upp i detta arbete eftersom metoden kan ha använts för att digitalisera sådant material som är aktuellt. Om man använder sig av ett digitaliseringsbord går proceduren till som så att man utgår från originalkartan som man lägger under digitaliseringsbordet och sedan för man en markör på bordet till olika platser på kartan och ritar av det man skall digitalisera. En dator känner av markörens position och beräknar koordinater för det som digitaliserats (Lantmäteriet 1998, 7-8).

Automatisk digitalisering kräver ingen operatör utan sker med hjälp av scannrar. Man använder sig av en så kallad rasterscanner som känner av bildpunkter i x- och y-led och skapar en digital rasterkarta. Rasterscannrar använder sig av en optisk-elektronisk sensor som känner av ljus som reflekteras från det dokument som scannas för att skapa geografiskt data (Lantmäteriet 1998, 9-11).

Automatisk digitalisering är ett snabbare sätt att utföra digitalisering av analogt material än manuell digitalisering men skapar i första hand data i rasterformat. I många fall är man dock intresserad av att ha materialet som vektorformat. Då kan man utföra vektorisering av materialet för att skapa vektordata. Vektorisering kan ske manuellt, halvautomatiskt eller automatiskt.

Manuell vektorisering sker genom att en operatör går igenom rasterdata i ett dataprogram och manuellt ritar in vektorer på ett liknande sätt som vid manuell digitalisering. Den halvautomatiska vektoriseringen kräver tillgång till ett skilt program där operatören märker ut början på en linje, programmet följer sedan linjen automatiskt till dess att det stöter på en förgrening i linjen varvid operatören skall välja vart vektorn skall fortsätta. Fördelen med halvautomatisk vektorisering är att noggrannheten blir bättre eftersom programmet utgår från det data som finns i rasterdatat samt att processen sker snabbare än manuell vektorisering. Automatisk vektorisering sker utan inblandning av operatör i ett dataprogram som konstruerar vektorer genom att söka centrum i pixelstråken eller gränser mellan svart och vitt. För att detta skall lyckas måste programmet först genomföra en så kallad skelettering vilket innebär att överflödiga pixlar i rasterdata rensas bort och linjer förtunnas till en bredd på en pixel. Efter att skeletteringen utförts kan man göra vektoriseringen. Efter att denna är klar har man ofta fler brytpunkter i vektorerna än man behöver vilket gör att man kan behöva filtrera materialet genom att ange olika gränsvärden, för att få mera lätthanterligt data. Detta kan dock resultera i en viss generalisering av linjerna (Lantmäteriet 1998, 12-15).



Figur 2. Före och efter skelettering.

4.3 Registrering av attributdata

Registrering av attributdata kan ske både manuellt och automatiskt. Manuellt kan man helt enkelt skriva in text och siffror för hand via tangentbord, antingen i samband med en manuell digitalisering av geografiskt data eller som ett separat moment. Automatisk registrering kan ske via optisk läsning av blanketter eller andra skrivna dokument. Det finns även möjlighet att använda rasterscannrar för att scanna textdokument. Vid den proceduren omvandlas texten till bildformat som sedan omvandlas till textdata via mönsterigenkänningsprogram. I vissa fall kan man även scanna textdata direkt från en rasterkarta men detta är en avancerad procedur som försvåras om texten korsas av andra linjer eller om det finns många olika texttyper och textstorlekar (Lantmäteriet 1998, 16-17).

4.4 Noggrannhet vid digitalisering

För att kunna uppskatta den totala noggrannheten i digitaliserat material borde man känna till flera olika faktorer såsom noggrannheten i den ursprungliga mätningen, noggrannheten i överföringen av mätdata till det analoga dokumentet, kartskalen samt noggrannheten vid digitaliseringen. Dessa faktorer räcker för att man matematiskt skall kunna räkna ut den totala standardavvikelsen (Lantmäteriet 1998, 21-22).

5 Analys av mätdata

I detta kapitel har jag försökt analysera delar av det material som jag fått av Närpes stads mätavdelning. Analysen av mätdata kommer att grunda sig på uppgifter om när mätdatat samlats in och i mån av möjlighet uppgifter om vilken metod som använts vid inmätningen. I allmänhet är det enklare att analysera nyare mätdata medan det har varit svårare eller omöjligt att analysera äldre material som det funnits begränsad information om.

Det skall också påpekas att det finns en del brister i en del av materialet. När Närpes stad har samlat in mätdata från olika källor har man till exempel fått olika lägesuppgifter på olika ledningar. Problemet blir då att man inte kan vara säker på om detta är en eller två eller till och med flera ledningar. Därför är det mycket möjligt att det finns dubletter av vissa ledningar i materialet.

I detta arbete kommer ledningarnas mätdata att analyseras främst i fråga om x- och y-position. Det exakta ledningsdjupet är ofta inte känt eftersom man ofta utfört mätningarna efter att ledningskanalen fyllts med jord, däremot grävs olika typer av ledningar ner till

ungefär samma djup alla gånger. Även om man skulle få mera exakta koordinater om man utförde mätningarna innan ledningskanalen fyllts saknar man åtminstone i Närpes de resurser som skulle krävas för att lyckas med detta. Eftersom Närpes dessutom är relativt glesbebyggt är det inte nödvändigt med en noggrannhet på några centimeter.

5.1 Elnät

Inom Närpes stads områden sköts eldistributionen av företagen Vasa elnät samt Caruna men eftersom området för detta arbete har avgränsats till Närpes centrum berörs endast Carunas ledningar av detta arbete. Från Carunas sida har man meddelat att 20kV kablar granskas med GPS medan 0,4kV kablar ritas in på kartan enligt utfört grävarbete (personlig kommunikation med Carunas kundtjänst 27.1.2017).

Enligt Bo-Göran Teir (personlig kommunikation 10.2.2017) som jobbar för planerings- och konsultfirman Rejlers som ansvarar för övervakningen av Carunas elnätsprojekt har man använt sig av GNSS-mätningar för att mäta in högspänningskablar sedan 2014-2015. Ledningarna mäts in efter att de tagits i bruk genom att man söker kablarna med elektromagnetisk kabelsökare och sedan mäter in dem med RTK-GNSS. Teir säger att man har bra mätdata på högspänningskablar och luftledningar medan man har sämre koll kablar med lägre spänning. Enligt Teir har äldre material digiterats enligt planeringskartor eller arbetskartor. Detta material kan ha väldigt dålig noggrannhet eftersom inga kontrollmätningar vanligtvis har gjorts efter att ledningarna tagits i bruk. Vid sådana situationer då ändringsarbeten gjorts eller man vid andra arbeten stött på ledningar som har haft dåliga koordinater har man ibland korrigerat ledningarnas position, hur detta har gjorts är ofta oklart och man kan anta att ledningarna flyttats godtyckligt eftersom man vanligtvis inte har använt sig av någon noggrann GNSS-teknik.

Teir tycker att arbetet med att dokumentera elledningar är under all kritik men påpekar även att det handlar om en kostnadsfråga för företagen. Han säger att det bästa vore om kommunen skulle fodra att företagen sköter detta arbete bättre och således vara tvungna att satsa större resurser på att kartlägga ledningarna.

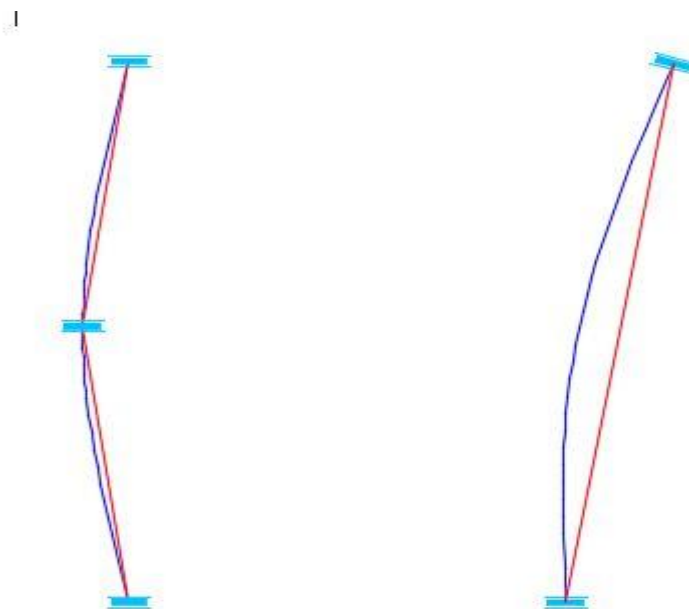
5.2 Vatten- och avloppsnät

Enligt kartläggningsschef Magnus Näs (personlig kommunikation 24.3.2017) har man mätt in nybyggda vatten- och avloppsledningarna med RTK-GNSS sedan någon gång runt 2005. Mellan 1998 och 2005 gjordes mätningar med takymeter samt ortogonal inmätning från rösen och andra kända punkter. Mätningarna har oftast gjorts efter att ledningskanalen fyllts med jord vilket kan ha ökat lägesosäkerheten i vissa fall. De ledningar som är byggda före 1998 har ritats in på papperskartor efter byggandet och sedan digiterats manuellt. I detta har man haft hjälp av flygbilder av brunnsock och ventiler samt kompletteringsmätningar med GNSS. Under senare tid har man även i vissa fall använt sig av maskinstyrning, alltså grävmaskiner utrustade med GNSS-teknik som själva mätt in koordinater på ledningarna vid själva ledningsgrävningen. Vid användandet av detta elimineras det potentiella fel som kan uppstå vid mätningar gjorda i efterhand.

För största delen av det material som samlats in 2005 och senare kan man alltså räkna med en noggrannhet på RTK-GNSS samt den lägesosäkerhet som beror på hur bra ledningens placering syns efter att ledningskanalen fyllts. Eftersom en RTK-GNSS som mäter i ett VRS-nätverk vanligtvis har en horisontell noggrannhet på högst några centimeter är denna osäkerhet i de flesta fall försumbar. Den största osäkerheten kommer från var man placerar mätinstrumentet på marken jämfört med var ledningen faktiskt ligger. Här har man hjälp av brunnar och avstängningsförlängare från ventiler som syns på markytan och så länge man mäter in relativt nybyggda ledningar syns ledningskanalerna oftast bra. Problem kan uppstå i sådana fall där man har grävt breda ledningskanaler eller där man gjort andra arbeten på samma gång, till exempel vid nybyggen där man fyllt gården med grus eller jord. I sådana fall kan man vara beroende av skisser från de montörer som närvarat vid grävningsarbetet eller av pålar som markerar var man har lagt ledningen. I de flesta fall kan man nog påstå att noggrannheten på vatten- och avloppsledningarna byggda 2005 eller senare är minst $\pm 0,5$ meter men i många fall är den nog ännu bättre. Speciellt i fråga om avloppsledningarna där man kunnat mäta in brunnsock. I praktiken räcker denna noggrannhet gott och väl till för att lokalisera ledningar om man har behov att gräva fram dem eller för planeringsändamål.

Lägesosäkerheten på ledningar som är byggda tidigare än 2005 kan variera mycket. Detta beror dels på hur bra dokumentationen gjorts från början och hur väl man lyckats vid digitaliseringen. Eftersom man använt sig av inmätta koordinater för ventiler och avluftningsbrunnar vid digitaliseringen är noggrannheten väldigt beroende av hur tätt avstånd det är mellan dessa. Har man en rak sträcka mellan två kända punkter kan man räkna

med att noggrannheten är bra på den ledningssträckan. Har man däremot har en böjning på ledningssträckan och långa avstånd utan några kända punkter kan noggrannheten vara väldigt dålig, uppemot några meter. Om man behöver utföra utpålning av ledningar i sådana områden är det viktigt att observera terrängen och inte lita allt för mycket på koordinaterna, samt att meddela beställaren av utpålningen om osäkerheten för ledningens position.



Figur 3. Den blå linjen visar den riktiga ledningspositionen och den röda visar ledningens position på kartan efter digitaliseringen. De blå punkterna är inmätta ventiler. På bilden till vänster är noggrannheten bättre medan bilden till höger illustrerar den eventuellt dåliga noggrannheten vid långa och böjda sträckor utan kända punkter.

I dagens läge finns samtliga vatten- och avloppsledningar införda i ett GIS-program vid Närpes Vatten och detta data ger man också till staden en gång per år så att även de har tillgång till relativt nytt mätdata på dessa ledningar. I detta GIS-program sparar man även bilder på olika avlopps- och vattenkopplingar som montörerna tagit innan ledningskanalen fyllts med jord. Dessa bilder är till stor hjälp när man skall rita in ledningarna i programmet.

5.3 Fjärrvärme

Fjärrvärmenätet togs i bruk 2006 och Närpes stads kartläggningsavdelning har själva skött om kartläggningen av fjärrvärmenätet i samband med byggandet med hjälp av RTK-GNSS i VRS-nätverk (personlig kommunikation med lantmäteritekniker Yngve Storsved, 24.3.2017). Eftersom fjärrvärmenätet är relativt nybyggt har man haft möjlighet att utnyttja modern teknik för kartläggning och dokumentering under hela byggnadsprocessen, vilket betyder att allt material har samma goda noggrannhet. För fjärrvärmenätet gäller inte samma

problematik som vid kartläggning av nya vatten- och avloppsledningar eftersom man har mätt in ledningarna före ledningskanalen fyllts. Detta gör att ledningarna har en noggrannhet på minst 0,05 meter.

5.4 Fibernät

Dynamonet började bygga ut fibernätet i Närpes 2002 och inledningsvis skötte Närpes stad om kartläggningen av detta med hjälp av RTK-GNSS. För tillfället sköts kartläggningen av en annan firma men med liknande utrustning. Även här är problematiken den samma som vid ovanstående mätningar. När man gräver fiberkablar behöver man inte gräva lika brett och djupt som när man bygger fjärrvärme och vatten- och avloppsledningar. Eftersom den fyllda ledningskanalen är smalare är den osäkerhet som beror på var man placerar mätutrustningen lite mindre, uppskattningsvis runt $\pm 0,2$ meter.

5.5 Dagvatten

I Närpes centrum finns ett dagvattensystem som samlar ihop regn- och smältvatten och leder det till Närpes å som löper öster om centrumområdet. Enligt lantmäteritekniker Yngve Storsved vid Närpes stad (personlig kommunikation, 9.3.2017) har man kartlagt ytvattensystemet på så vis att man mätt in ytvattensbrunnar med GNSS eller tidigare med hjälp av A- och B-mått från råer. Sedan har ledningarna ritats in som raka streck från brunn till brunn. Enligt Storsved har man bra koll på ledningar som är byggda år 2000 och senare medan äldre ledningar är inritade enligt plan och kan således avvika från hur de i verkligheten har byggts.

6 Visualisering

Visualiseringen består av ledningar med en buffertzoon runt sig som symboliserar den uppskattade noggrannheten av ledningens placering på kartan. Buffertzonen mäts enligt sin totala bredd, om buffertzonen är 1 meter betyder detta att noggrannheten på mätningen eller digitaliseringen varit 0,5 meter i alla riktningar. Visualiseringen har skett med material som fås från Närpes stad och Närpes vatten. Materialets format är dwg-filer som öppnats i AutoCad.

6.1 Visualiseringsprocessen

Första steget var att bestämma ett område tillsammans med beställaren. Detta gjordes för att det skulle vara möjligt att hinna gå igenom olika typer av ledningar och skapa en helhetsbild för ett område. Områdets som valde finns i södra delen av Näsby, runt Ringvägen och Kyrkvägen och visas i figur 4.



Figur 4. Området för visualiseringen.

Steg två blev att samman ställa en tabell där de specifika ledningar som finns på området beskrivs (se figur 5). Tabellen visar vilken typ av ledning det är fråga om och vem som har stått för insamlingen av mätdatat. Vidare visar tabellen även hur mätdatat har samlats in eller om detta är okänt visar den vilken typ av mätdata som levererats till Närpes stad av ledningsägaren. Tabellen visar även vilket år som mätdatat samlats in samt hur stor den uppskattade noggrannheten är, alltså hur bred buffertzonen skall vara. Nedan följer en förklaring av hur buffertzonen bestämts för respektive ledningstyp. Ledningarnas namn är de samma som i det ursprungliga materialet som fått av Närpes stad, förutom vatten- och avloppsledningarna som fått namnen V och A på grund av att detta material fått från Närpes Vatten.

- TEE-section (kraftledning) är den ledning som har störst buffertzonen, 8 meter. Detta beror på att både ledningens inmättningsätt samt vilken typ av mätdata som levererats till staden är okänt. Dessutom finns det en risk att vissa delar av ledningen finns med i ett annat lager som visar elledningar, men på dessa ställen skiljer sig ledningarnas position med 7-15 meter från varandra.
- MIT-LO (fjärrvärmeledning) har en buffertzonen på 0,4 meter. Fjärrvärmeledningen borde ha väldigt bra koordinater eftersom den är inmätt innan ledningskanalen fyllts med jord och således är noggrannheten på ledningen runt 0,05 meter. Men eftersom buffertzonen skall symbolisera området där ledningen skulle kunna vara har jag höjt buffertzonen till 0,4 meter på grund av att fjärrvärmeledningarnas storlek.
- Sonera_kablar (telekablar) har fått en buffertzonen på 1 meter. Detta material har fått av Sonera år 2015 i form av rastermaterial inritat på grundkarta. När detta material ritats in som dwg-fil har man inte kunnat få det mera exakt en 1 meter på grund av kartans skala och de ritade linjernas tjocklek.
- Fortum_maakaapelit (elkablar) har även fått en buffertzonen på 1 meter. Detta material har Närpes stad fått av Fortum någon gång mellan 2013 och 2014 som vektormaterial på grundkarta. Eftersom materialet funnits i vektorformat kan det ha varit enklare att rita in som dwg-fil men problematiken med kartans skala och linjetjocklekar gör fortfarande att buffertzonen uppskattas till 1 meter.

- MIT_SV_VESJUO (ytvattenledningar) har fått en buffertzona på 0,5 meter. Ledningarna har mätts in på så vis att man har mätt in brunnlocken på de brunnar man vetat om och sedan dragit raka sträck mellan brunnarna och antagit att ledningarna går mellan dessa. Brunnlocken har mätts in med GNSS och har således en noggrannhet på 0,05 meter men även om ledningarna går från brunn till brunn är det omöjligt att veta exakt hur rakt dessa ligger. En annan aspekt som detta arbete inte kan ta ställning till är att det inte är säkert att alla brunnar är inmätta och vissa ledningar kan således saknas helt från kartan.
- T_KAAPELIT (elkabler) är material som troligen fås av Fortum. Denna slutsats dras eftersom materialet till stor del överensstämmer med materialet i lagret Fortum_maakaapelit. Dessa lager avviker dock från varandra med ca 0,4-3 meter. Detta material är inmätt tidigast 2005, men troligen ofta ännu senare. Inmätningssättet torde vara A- och B-mått från råpunkter i terrängen. Hur detta sedan digitaliserats är oklart. På grund av dessa osäkerheter i materialet har dessa ledningar fått en buffertzona på 2 meter.
- T_DYNAMONET (fiberkabler) är Dynamonets fiberledning och denna har mätts in med GNSS efter att ledningskanalen fyllts med jord. På grund av detta har buffertzonen satts till 0,4 meter på grund av osäkerheten som uppstår i samband med var ledningen faktiskt ligger när man mäter den ovan jord. I ursprungsmaterialet finns även en brun linje som har namnet T_DYNAMONET. För denna linje gäller samma sak som för de övriga, skillnaden är endast att det är Närpes stad som byggt denna fiberkabel i egen regi. I detta arbete har denna linje lagts till i samma lager som de övriga fiberledningarna och syns därför inte som en skild linje.
- V_nya är vattenledningar som har kartlagts med GNSS eller takymeter, alltså ledningar byggda tidigare än 1998. Dessa ledningar har fått buffertzonen 0,5 meter eftersom de i likhet med fiberkablarna i huvudsak har kartlagts efter att ledningskanalen fyllts. Buffertzonen symboliserar alltså osäkerheten av GNSS samt osäkerheten på var ledningen faktiskt ligger under jorden.
- V_aldre är vattenledningar som inte har kartlagts med GNSS eller takymeter. Dessa ledningar har ritats in med hjälp av dokumentation från arbetsplatsen som funnits på arbetskort eller inritat på grundkarta. Ledningarnas koordinater har även kunnat förbättras i ett senare skede med hjälp av flygfotografering av avstängningsventiler samt vid sådana tillfällen där gamla ledningar dykt upp i samband med nya arbeten.

Dessa ledningar har fått buffertzonen 1 meter eftersom man i detta arbete inte kan veta vilka av ledningar som har förbättrade koordinater.

- A är avloppsledningar och dessa har fått en buffertzon på 0,4 meter. Avloppsledningarna har inte delats upp i nya och äldre eftersom det är troligt att båda har lika bra noggrannhet. Detta beror på att man i de flesta fall kan mäta in avloppsledningarna genom att mäta in brunnslocken på brunnarna som ledningen går igenom och sedan anta att ledningen går rakt mellan dessa. Eftersom brunnarna antingen mätts in med GNSS eller flygfotografering har jag valt att bedöma noggrannheten på alla avloppsledningar oavsett årtal som likvärdig.

Namn	Kabeltyp	Leverantör av mätdata	Inmätningssätt / Levererat data	Årtal	Buffertzon (m)
TEE-section	Kraftledning	Fortum	Okänt	okänt	8
MIT-LO	Fjärrvärme	Närpes stad	GNSS	2006 -->	0,4
Sonera-kablar	Telekablar	Sonera	Raster på grundkarta	2015	1
Fortum_maakaapelit	Elkablar	Fortum	Vektor på grundkarta	2013-2014	1
MIT_SV_VESJUO	Ytvatten	Närpes stad	GNSS vid brunnar	okänt	0,5
T_KAAPELIT	Elkablar	Fortum eller Sonera	Måttband från rå	< 2005	2
T_DYNAMONET	Fiberkablar	Närpes stad	GNSS	2002 -->	0,4
V(nya)	Vattenledningar	Närpes Vatten	GNSS/Takymeter	1998-->	0,5
V(aldre)	Vattenledningar	Närpes Vatten	Digitrat från grundkarta/arbetskort/flygfotografering	<1998	1
A	Avloppsledningar	Närpes Vatten	GNSS/Flyfotografering	2017	0,4

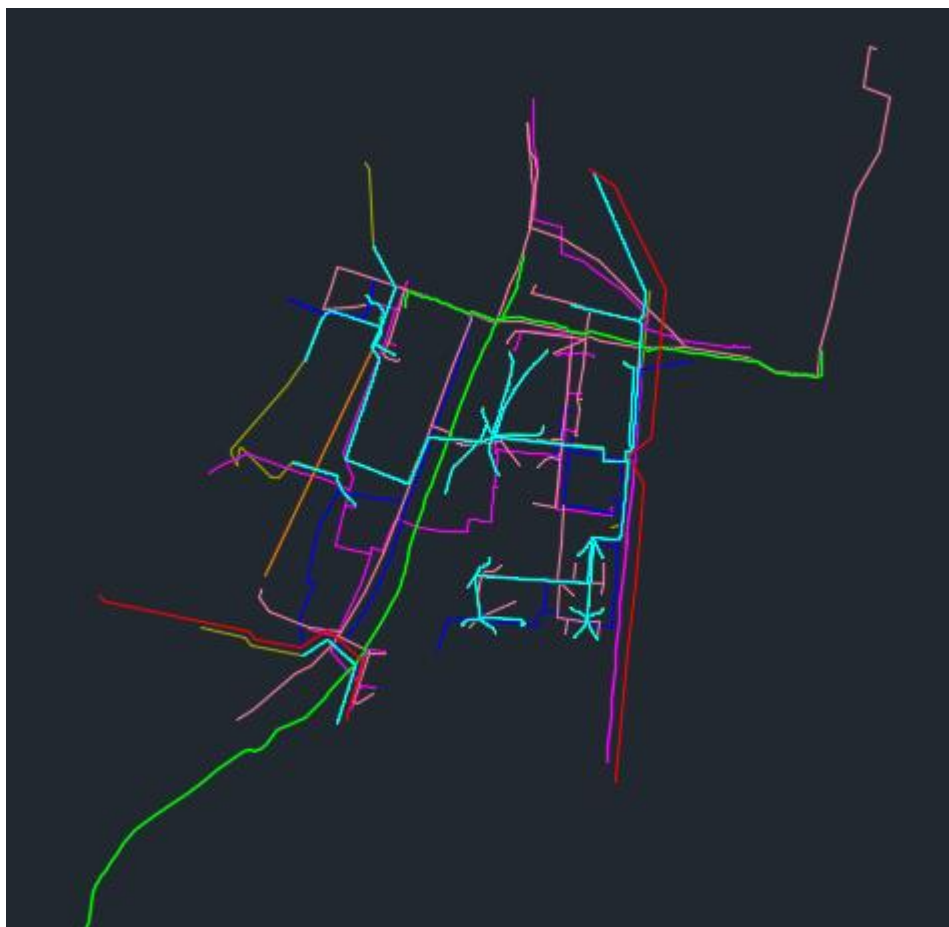
Figur 5. Tabell över ledningarna som visualiseras

Steg 3 var att föra över dwg-filerna till ArcMap för att kunna bygga upp buffertzoner i det programmet. Detta gjordes genom att öppna dwg-filerna i AutoCad. Varje skild ledningstyp fanns på skilda lager vilket betydde att man fick börja med att välja ut de lager som man hade intresse av. Dessutom fanns byggnader, fastighetsbeteckningar och fastighetsgränser med i filen och dessa var inte av intresse i detta skede (se figur 6).



Figur 6. Ursprungsmaterialet

De lager som behövdes kopierades sedan till en ny dwg-fil där man ställde in enheterna till meter och sparade sedan filen. Här beaktades noggrant att de rätta koordinaterna följde med till den nya filen. För att lättare kunna hantera ledningarna och få en enhetlig buffertzona runt hela lagret skapades ett skilt block för samtliga lager (se figur 7).



Figur 7. Ledningarna i AutoCad

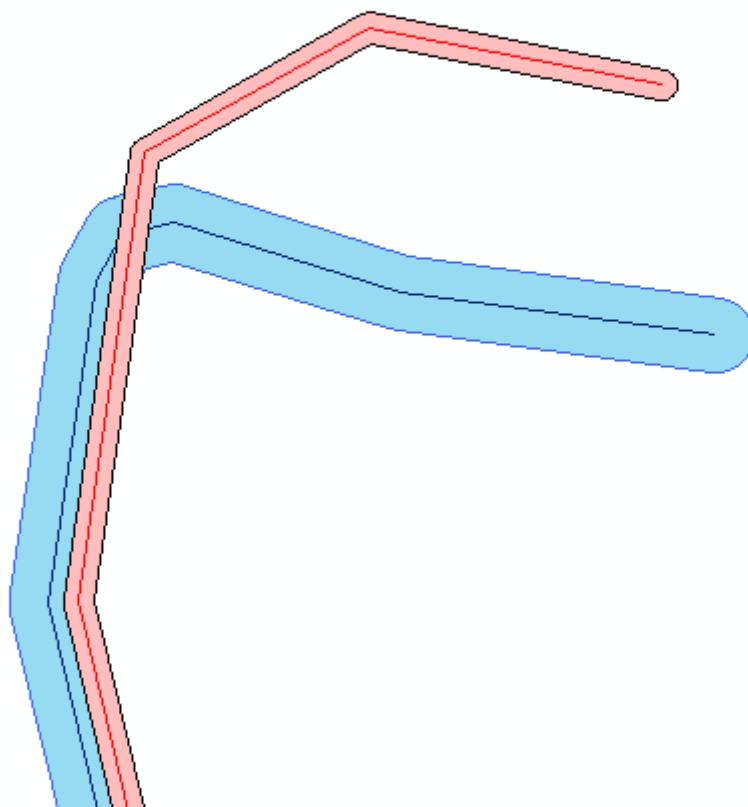
För att visa filen i ArcMap gick man helt enkelt via Add Data-funktionen och kunde välja att öppna filen i dwg-format och visa ledningarna som polylines. Nu fanns alla ledningarna som block i ArcMap. För att kunna bygga upp buffertzoner behövde linjerna göras om till en shapefil för samtliga olika ledningstyper. Detta gjordes genom att öppna lika många dwg-filer som det fanns ledningstyper och sedan släcka alla lager utom ett i samtliga filer. Genom att göra detta fanns det en skild fil för alla lager men med de andra lagren osynliga i bakgrunden. Genom att använda funktionen Export Data och ställa in programmet så att endast det som var synligt exporterades, skapades skilda shapefiler för samtliga ledningstyper.

Steg fyra var att skapa buffertzoner med hjälp av ArcMap. För att göra detta användes de shapefiler som skapats tidigare (se figur 8). Genom att använda verktyget Buffer skapades buffertzoner för var och en av shapefilerna. Buffertzonernas storlek går enligt tabellen i bilaga 2. För att få rätt storlek på buffertzonen dividerades måttet i tabellen med två eftersom programmet skapade buffertarna enligt avståndet från linjen. I figur 9 ser man ett exempel

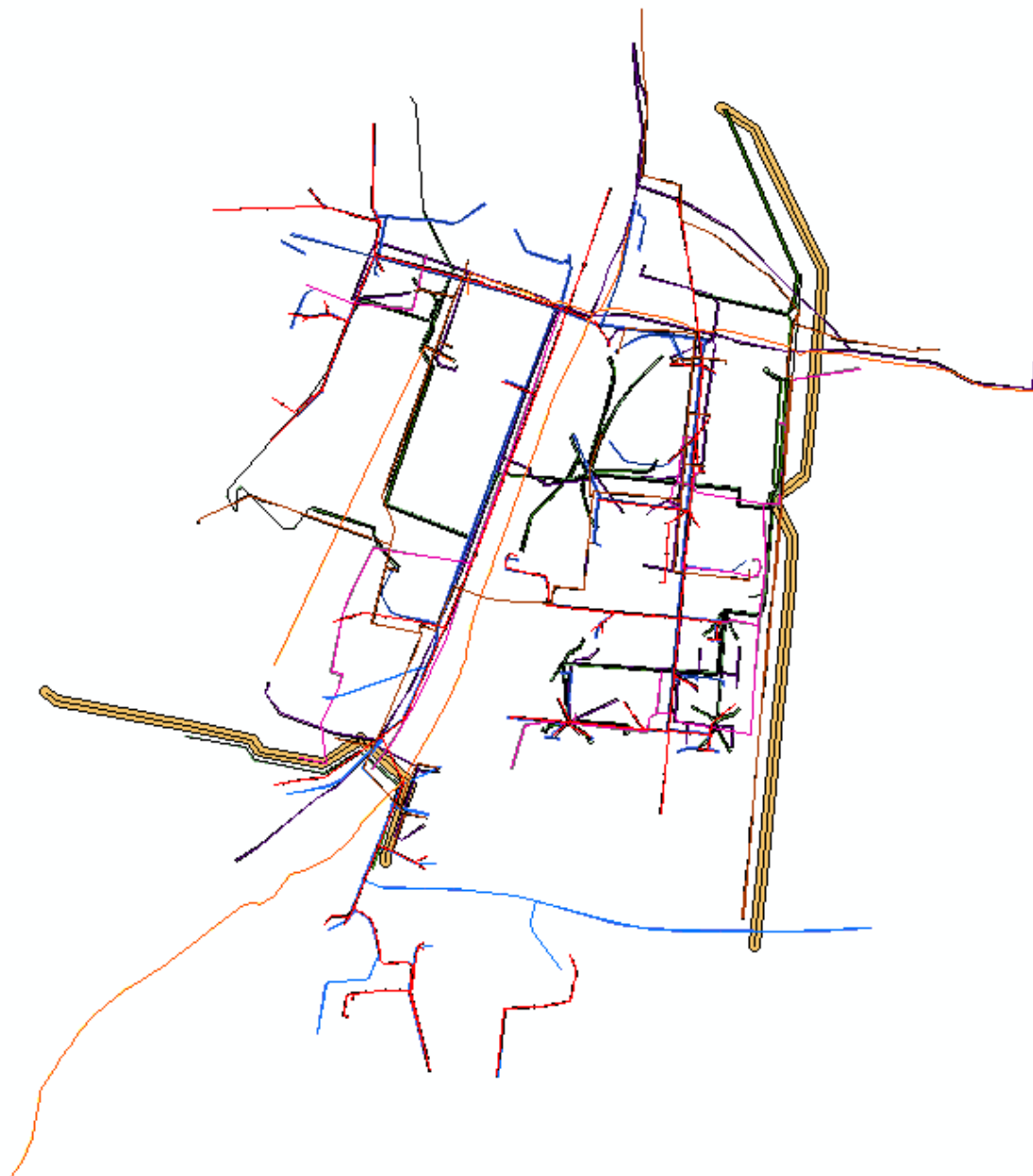
med två olika buffertzoner som visar en äldre vattenledning med buffertzonen 1 meter och en avloppsledning med buffertzonen 0,4 meter. Området som helhet med buffertzoner kan ses i figur 10. Eftersom området är relativt stort är det dock svårt att göra några analyser på området som helhet.



Figur 8. Shapefiler av ledningarna i ArcMap.



Figur 9. Exempel på buffertzoner.

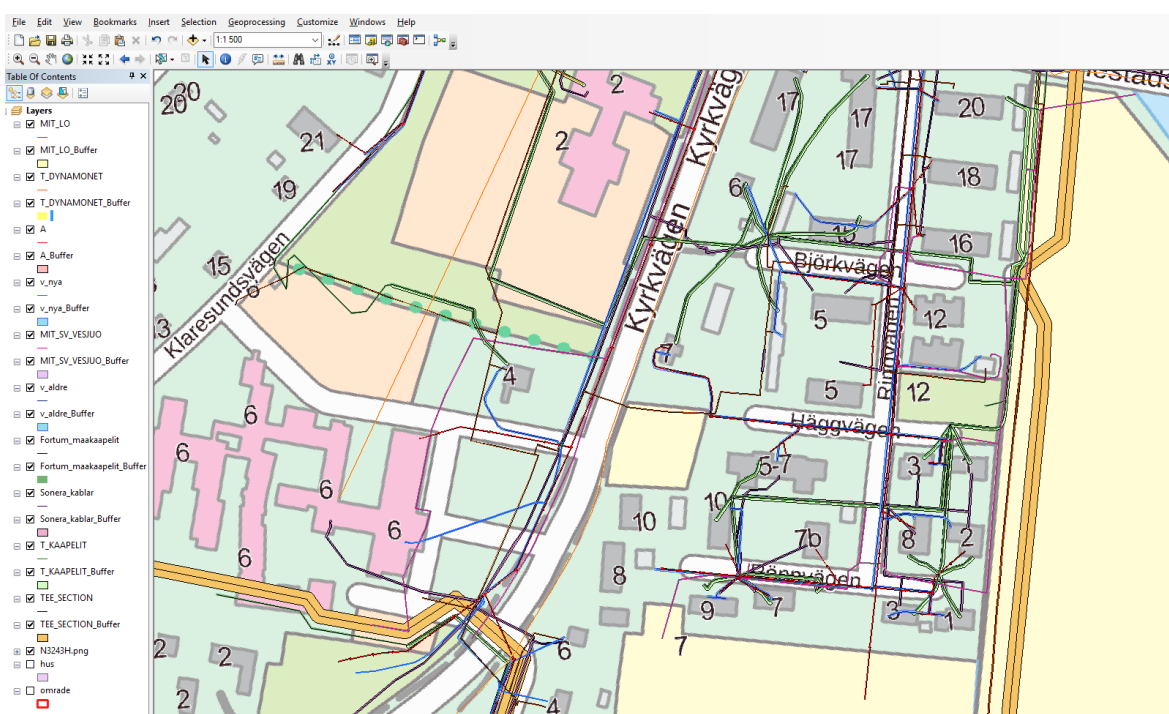


Figur 10. Hela området med buffertzoner.

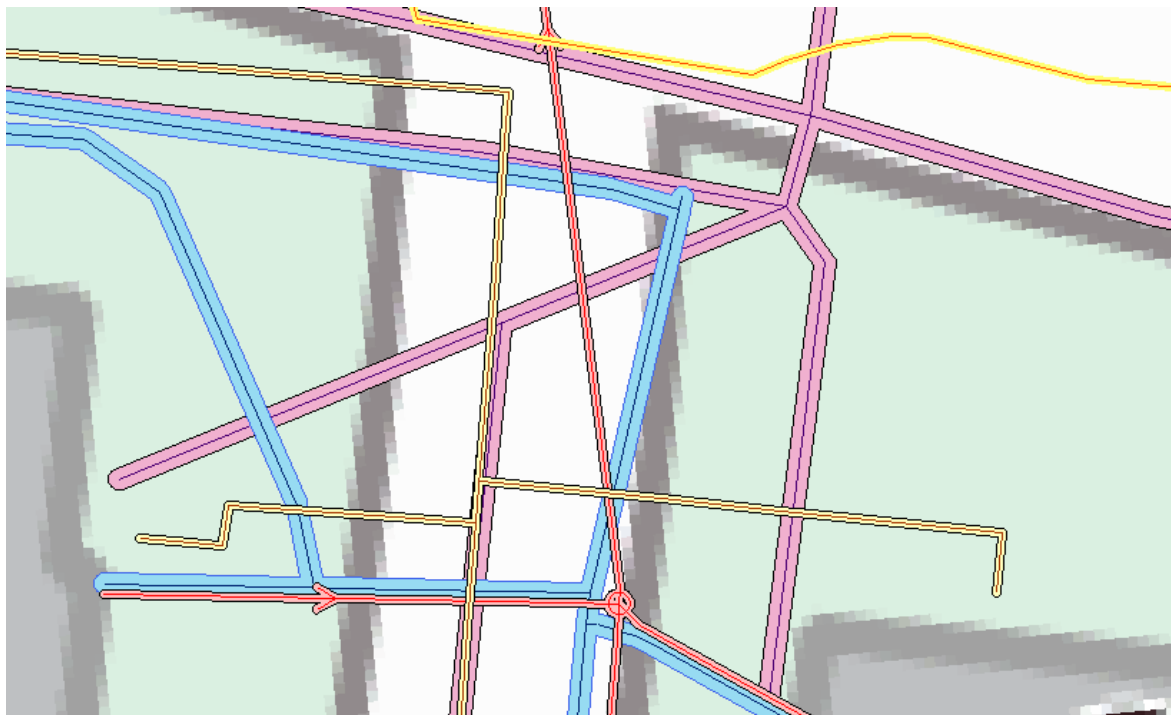
Steg fem var att placera en bakgrundskarta under materialet. Detta gjordes genom att ladda ner en bakgrundskarta över området i skalan 1:5000 från Lantmäteriverkets hemsida. Bilden togs sedan in i ArcMap och georefererades med hjälp av programmet. Georefereringen gjordes mot några hus som fanns i samma dwg-filer som ursprungsmaterialet. Dessa hus togs in i ArcMap på samma vis som ledningarna togs in i steg 3.

6.2 Slutprodukt

Slutprodukten av visualiseringsdelen i detta lärdomsprov är en ArcMap-fil där man kan se olika ledningar samt osäkerheten på inmätningen eller digitaliseringen av dessa (se figur 11). Tack vare bakgrundskartan är det enkelt att navigera runt området. Genom att zooma in på kartan blir det lättare att se olika ledningars buffertzoner (se figur 12) och det är även möjligt att släcka utvalda lager eller flytta lager ovanför varandra för att se olika saker. Viktigt att påpeka är att buffertzonerna endast är uppskattningar och att detta arbete inte kan garantera att ledningen befinner sig inom dessa på alla ställen. Bakgrundskartans syfte är att det skall vara lättare att navigera sig, den lämpar sig inte för mera exakta syften.



Figur 11. Slutprodukt.



Figur 12. Slutprodukt zoomad

6.3 Förslag till fortsättning på arbetet

Inom ramen för detta lärdomsprov har det inte funnits möjlighet att analysera och visualisera ledningar och kablar på hela stadens område. Ett förslag på fortsatt arbete är att noggrannare analysera olika typer av ledningar och mätdata så att alla stadens ledningar kunde visualiseras på ett liknande sätt som i detta arbete. Själva visualiseringsprocessen borde gå lika smidigt även med en större mängd material eftersom man skapar shape-filer av hela lager. Problemet är att det finns mycket material att gå igenom och att samma ledningar finns med i olika lager och med olika koordinater.

Om allt material skulle finnas i en liknande slutprodukt som i detta arbete finns det också skäl att fundera på hur man kunde använda sig av materialet i praktiken. I dagens läge fungerar det oftast på så vis att man från stadens sida ger ut materialet som ledningskartor, antingen i analogt format eller digitalt rasterformat. Med tanke på framtiden och nya arbetsmetoder där maskinstyrning blir en allt större del av jordbyggnadsbranschen borde man fundera mera på möjligheterna att ge ut material i sådant format som kan användas inom detta. Ett sätt att åstadkomma detta vore att exportera valda ledningar med deras buffertzoner

till dwg-filer. Genom att göra detta får man vektordata som behövs vid planering av 3D-modeller.

En annan möjlighet vore att publicera ledningarna samt buffertzoner i någon webbaserad karttjänst. Denna åtgärd skulle fungera mera som en riktgivande upplysning om ledningarnas position och kunde användas av intresserade parter i samband med mindre grävprojekt.

7 Jämförelse med andra städer

Kommunerna och städerna ger tillstånd för grävning på allmänna områden (Kaivulupa). Detta betyder att det är viktigt för kommunerna att veta var olika ledningar och kablar går. Eftersom alla städers ledningskartor som jag stött på i detta arbete har varit avgiftsbelagda har jag inte haft möjlighet att jämföra sådana kartor eller information mellan olika städer.

Det är dock viktigt att man har ett fungerande system för att kunna ansöka om grävstillstånd och vid behov markera kablar och ge ut kartor. Större städer såsom Helsingfors och Tammerfors har naturligtvis fler grävarbeten än mindre orter som Närpes men tillståndsprincipen är den samma. I Helsingfors finns JOPA (johtotietopalvelu) som upprätthåller en ledningskarta med kablar och ledningar samt anordningar som hör till dessa. Via elektroniska ansökningsblanketter kan man ansöka om att få ut kartor på detta som levereras i vektorformat och i önskat koordinatsystem. Dessutom har Helsingfors stad en e-tjänst där man kan registrera sig för att enkelt söka tillstånd och anmäla sig till olika kurser (Helsingfors stad).

Ett förslag till Närpes stad vore att automatisera processen för ansökan om grävstillstånd. Via stadens hemsidor kunde man fylla i nödvändiga blanketter och därefter kunde staden skicka ut ledningskartor över det berörda området i det format som beställaren önskar.

En annan sak som man i Närpes kunde fundera på är att starta en webbaserad karttjänst. Som tidigare nämnts kunde man där publicera de ledningar som man har mätt själva och deras buffertzoner, av rättighetsskäl kan det vara svårt att få tillstånd att publicera andra ledningar i en sådan tjänst. Även annan information kunde publiceras här, såsom tjänstepunkter, sevärdheter, restauranger och så vidare. Detaljplanerna i Närpes finns att tillgå på internet men dessa kunde förslagsvis även flyttas till samma karttjänst.

8 Resultat

Resultatet av detta lärdomsprov är till viss del det samma som slutprodukten av visualiseringen. Eftersom Närpes stad har tillgång till ArcMap kommer de att kunna se och använda slutprodukten i sin helhet och eventuellt ha användning av den. Även om området för visualiseringen inte var särskilt stort gäller samma principer för resten av centrumområdet.

Eftersom en del efterforskningar har krävts för att kunna utföra visualiseringen innehåller rapporten även en hel del annan information. Lärdomsprovet förklarar vilka ledningar som är vanliga i marken och svarar på hur dessa är uppbyggda samt deras funktion. Arbetet förklarar även hur ledningar kan mätas in samt grundprincipen bakom dessa mätningar. Eftersom en hel del av materialet är för gammalt för att ha kunnat mätas in med moderna metoder har det varit en viktig del av arbetet att visa hur sådant material kan digitaliseras eller har blivit digitaliserat.

Ett annat resultat som detta lärdomsprov har kommit fram till är att det finns vissa brister i kunskapen om var man har sina ledningar hos vissa bolag. I synnerhet i fråga om elledning har det konstaterats finnas en hel del brister.

9 Diskussion

Detta har lärdomsprov har varit lärorikt och ganska intressant. Jag har lärt mig att det finns en hel del utmaningar i att hålla reda på alla de möjliga ledningar som finns under marken. En utmaning verkar vara att det finns så många olika företag som sysslar med att bygga olika ledningar. En annan utmaning är att det förr i tiden inte verkar ha varit så noga med att dokumentera ledningar. Även om man skulle ha velat vara noga skulle det ha varit svårt att dokumentera detta på ett enkelt sätt utan hjälp av dagens teknik.

Dagens teknik har definitivt underlättat arbetet med att dokumentera ledningar och i framtiden kommer man förhoppningsvis inte att ha några större bekymmer med att lokalisera ledningar. De gamla ledningarna kommer att tas ur bruk i sinom tid och förutsatt att alla tar hjälp av moderna mätinstrument kommer kanske denna problematik att försvinna.

10 Källförteckning

Caruna (2015). *Caruna myy projektivalvontaliiketoimintansa Rejlersille* [Online]
<https://www.caruna.fi/ajankohtaista/caruna-myy-projektivalvontaliiketoimintansa-rejlersille> [hämtat 13.2.2017]

Caruna [u.å] *Utveckling av elnätet* [Online]
<https://www.caruna.fi/sv/information-och-rad/elnat/utveckling-av-elnatet> [hämtat 8.3.2017]

Dinbyggare (u.å) *Dränering* [Online]
<https://www.dinbyggare.se/dranering/> [hämtat 9.3.2017]

Dynamonet (u.å) *Företaget* [Online]
<http://www.dynamonet.fi/foretaget> [hämtat 16.2.2017]

EGSA (2016) *European GNSS* [Online]
<https://www.gsa.europa.eu/galileo/benefits> [hämtat 14.3.2017]

Engfeldt, A. & Jivall, L., 2003. *Så fungerar GNSS*. Gävle: Lantmäteriet, Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem.

Fiber Optiv Valley (u.å) *Fiberoptik* [Online]
<http://fiber opticvalley.com/om-oss/fragor-och-svar/vad-ar-fiberoptik/> [hämtat 1.12.2016]

Fingrid (u.å) *Elsystemet i Finland* [Online]
<http://www.fingrid.fi/sv/kraftsystem/allm%c3%a4n%20beskrivning/elssystemet%20i%20Finland/Sidor/default.aspx> [hämtat 16.11.2016]

Helsingfors stad (2016) *Kaapelit ja johdot* [Online]
<http://www.hel.fi/www/Helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/Kaapelit+ja+johdot/> [hämtat 19.4.2017]

Kaivulupa (u.å) *Till grävare* [Online]
<https://www.kaivulupa.fi/kaivaja/> [hämtat 19.4.2017]

Kantec (u.å) *Kabelsökare* [Online]

http://www.kantec.se/empty_74.html [hämtat 13.2.2017]

Kommunikationsverket (2016) *Telefonabonnemang i det fasta nätet* [Online]

<https://www.viestintavirasto.fi/sv/statistikochrapporter/statistik/2015/telefonabonnemangid-effastanetet.html> [hämtat 8.3.2017]

Lantmäteriet (u.å) *Glonass* [Online]

<https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/GPS-och-geodetisk-matning/GPS-och-satellitpositionering/GPS-och-andra-GNSS/Glonass/>

[hämtat 12.12.2016]

Lantmäteriet, 1998 (Enligt aktualitetsbeskrivning från 2009). *HMK: Digitalisering*. Gävle: Lantmäteriverket [Online]

https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/handbok-mat--och-kartfragor/gamla_hmk/hmk-digital.pdf [hämtat 17.1.2017]

Lantmäteriverket (u.å) *GPS-mätning* [Online]

<http://www.maanmittauslaitos.fi/sv/fackman/terrangdata/koordinater/satellitmatning-eller-gps-matning> [hämtat 13.12.2016]

Långvik, A-S., Elpriser skiftar stort mellan orter. *Syd-österbotten*, 10.1.2017, s. 3.

Novatron (u.å) *Mitä on koneohjaus* [Online]

<http://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/> [hämtat 12.1.2017]

Närpes fjärrvärme (u.å) *Vår verksamhet* [Online]

<http://www.narpesfjarrvarme.fi/sv> [hämtat 1.12.2016]

Närpes stad (u.å) *Närpes Vatten* [Online]

<http://www.narpes.fi/sv/invanare/bygga-bo/anslutningar/narpes-vatten> [hämtat 29.11.2016]

Närpes Vatten (u.å) *Verksamhet* [Online]

<http://www.narpesvatten.fi/hjalpsidor/verksamhet.html> [hämtat 29.11.2016]

Scanlaser (u.å) *Grävsystem* [Online]

<http://scanlaser.info/se/produkter-losningar/gravsystem/> [hämtat 12.1.2017]

Svensk fjärrvärme (u.å) *Så funkar fjärrvärme* [Online]

<http://www.svenskfjarrvarme.se/Fjarrvarme/Sa-funkar-fjarrvarme/> [hämtat 1.12.2016]

Finlands författningssamling

Elmarknadslagen (588/2013) www.finlex.fi [hämtat 8.3.2017]

Lagen om vattentjänster (9.2.2001/119) www.finlex.fi [hämtat 29.11.2016]

Figurförteckning

Figur 1.

På detta vis åskådliggörs en höjdkurva i vektor- samt rasterdata.

Lantmäteriet

https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/handbok-mat--och-kartfragor/gamla_hmk/hmk-digital.pdf

Figur 2.

Före och efter skelettering

Lantmäteriet

https://www.lantmateriet.se/globalassets/om-lantmateriet/var-samverkan-med-andra/handbok-mat--och-kartfragor/gamla_hmk/hmk-digital.pdf

Figur 3.

Jämförelse mellan vattenledningar

Egen bild

Figur 4.

Området för visualiseringen.

Egen bild

Figur 5.
Tabell över ledningarna som visualiseras
Egen bild

Figur 6.
Ursprungsmaterialet
Egen bild

Figur 7.
Ledningarna i AutoCad
Egen bild

Figur 8.
Shapefiler av ledningarna i ArcMap
Egen bild

Figur 9.
Exempel på buffertzoner
Egen bild

Figur 10.
Hela området med buffertzoner
Egen bild

Figur 11.
Slutprodukt
Egen bild

Figur 12.
Slutprodukt zoomad
Egen bild

